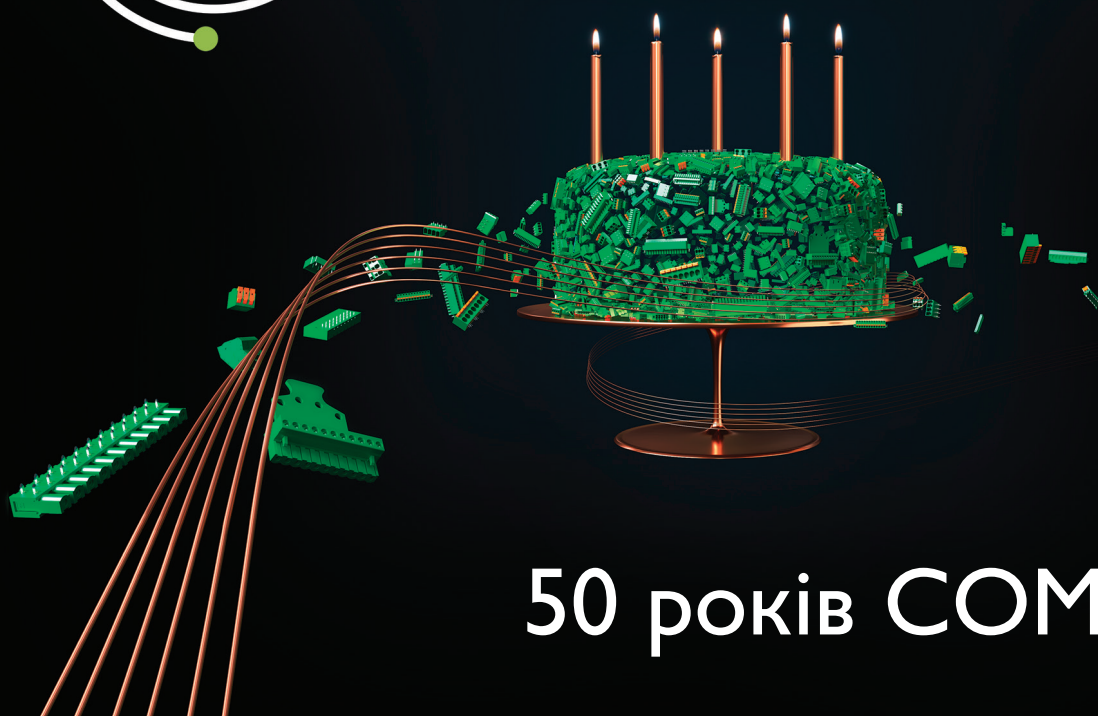


CHIP NEWS



50 років COMBICON



- Однопарний Ethernet ... стор. 10–41
- Рішення для GNSS-трекінгу в IoT ... стор. 42
- Новий GNSS модуль SIM68M ... стор. 46

- Зворотний шлях струму на ДП ... стор. 50
- Попередні випробування на EMC ... стор. 52
- Роз'єми ODU AMC® Series T ... стор. 56

- Провідний світовий виробник мікроконтролерів
- Щорічно поставляється 450 мільйонів мікросхем
- 20 років досвіду в розробці мікросхем

APM32 MCU  ARM Cortex  BLE SoC

GEEHY SEMICONDUCTOR є дочірньою компанією Apex Microelectronics з 20-річним досвідом розробки мікросхем. Компанія Geehy прагне надавати високоякісні продукти та рішення для створення інтелектуальної та безпечної нової екосистеми для розвитку IoT.

ПОБУТОВА
ЕЛЕКТРОНІКА

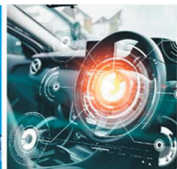
ПРОМИСЛОВІ
ЗАСТОСУВАННЯ

МЕДИЧНЕ
ОБЛАДНАННЯ

АВТОМОБІЛЬНА
ЕЛЕКТРОНІКА

РОЗУМНИЙ
ТРАНСПОРТ

РОЗУМНА
ЕНЕРГІЯ



Geehy за роки існування

20 років досвіду в розробці мікросхем

450 мільйонів мікросхем щорічно поставляється

4 офіси
(1 північноамериканський, 3 офшорні)

5 науково-дослідних об'єктів
(R&D лабораторії, центри)

APM32 Загальний MCU промислового класу

- На основі ядер ARM Cortex-M0+/M3/M4/M7
- Висока продуктивність, низьке енергоспоживання
- Скоротить час і вартість розробки, оптимізує продуктивність
- Послідовність, надійність і стабільність; IEC61508, USB-IF-сертифікація
- -40...+105°C, ESD>8Kv

Bluetooth Low-Energy SoC

- На основі ARM Cortex-M4F і двоядерної архітектури
- Створить функцію бездротового зв'язку з найнижчою вартістю BOM
- Висока чутливість, високий рівень безпеки, низьке енергоспоживання
- Високі радіочастотні характеристики, ефективність захисту від завад
- Кращий досвід роботи з користувачем завдяки інтелектуальній взаємодії з пристроєм

AP/G	M/W	32/88	F/11	103	T	4	T	6	S
Brand Geehy	M: MCU W: Wireless	Family 32: 32-bit MCU 88: BLE SoC 33: 32-bit MCU+BT	F Product type A Auto grade E Enhanced F Foundation L Ultra-low-power S Standard T Touch sensing W Wireless	Specific features (3 digits) 0xx Entry-level Ultra-low-power 10x Mainstream 4xx High-performance	Pin count (pins) D 14 F 20 E 24 G 28 K 32 T 36 H 40 S 44 C 48 U 63 R 64 J 72 M 80 O 90 V 100 Q 132 Z 144 A 169 I 176	Code size (Kbytes) 4 16 6 32 7 48 8 64 9 72 A 96 B 128 Z 192 C 256 D 384 E 512 F 768 G 1024	Packaging H LFBGA/TFBGA I UFBGA Pitch 0.5 J UFBGA Pitch 0.8 k UFBGA Pitch 0.65 M SOP P TSSOP T QFP U QFN Y WLCSFP	Temperature range 6 and A: -40°C~85°C 7 and B: -40°C~105°C 3 and C: -40°C~125°C D: -40°C~150°C	SiP type S: SiP 2MB SDRAM Blank=Non-SiP
			11 Specific features 11 BLE4.2 23 BLE5.2						

Офіційні поставки
в Україні від компанії
«НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС»



**EUROCOM
COMPONENTS**

www.eurocom-c.com
sales@eic.com.ua
+38 044 33 44 575

№ 08 (218), 2022 р.

Науково-технічний журнал
Видається з 2001 р.
ТОВ «Булавів-Посад л.т.д.»Зареєстрований
Міністерством юстиції України.
Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової
інформації
Серія КВ № 25055-14995Р
14.12.2021 р.**Головний редактор:**Сірич О. В.
E-mail: editor@chipnews.com.ua**Редакційна колегія:**Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,
Макаренко В. В., Мисак Т. В.
Олещенко Н. І., Рентюк В. К.,
Стецюк Л. В., Чорний В. М.,
Шаріпова Т. В., Шевченко В. Л.**Розповсюдження, передплата**Руднева О. Ю.
E-mail: peredplata@chipnews.com.ua**Адреса редакції:**03061, Київ,
просп. Відрадин, 10
тел./факс: (044) 490-74-99,
(044) 490-74-30
E-mail: info@chipnews.com.ua
http://www.chipnews.com.uaПередплатний індекс за каталогом
ДП «Преса» (Укрпошта) — 21934Передплата і доставка по Україні
за каталогами провідних
передплатних агентів

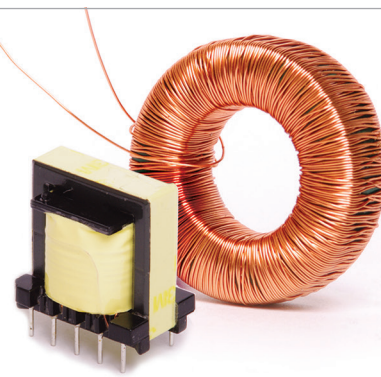
© «CHIP NEWS».

Передрук матеріалів, опублікованих
в журналі «CHIP NEWS», може бути
здійснений тільки з письмового дозволу
редакції. За рекламну інформацію
редакція відповідальності не несе.

ЗМІСТ

НОВИНИ**Новини світу електронних компонентів 4****МЕРЕЖІ, СИСТЕМИ, АПАРАТУРА***Верена Нойгауз (Verena Neuhaus),
Тім Кіндерманн (Tim Kindermann)***Однопарний Ethernet — ключова технологія
в цифровізації нашого світу 10****Що таке Modbus TCP/IP?****Декілька слів про протокол Modbus 14***Томас Бранд (Thomas Brand)**Переклад і доповнення: Володимир Рентюк***Технологія PoE: живлення мережних пристроїв
через лінії передавання даних.****Рішення компанії Analog Devices 16***Райнер Шмідт (Rainer Schmidt)***Розвиток однопарного Ethernet 19****У чому різниця між Ethernet і промисловим Ethernet 22***Йонас Дікмманн (Jonas Diekmann)***Стандартизація однопарного Ethernet:****з'єднувач SPE від HARTING 24***Володимир Рентюк, Геннадій Штрапенін***Як забезпечити більш високі рівні потужності
для однопарного Ethernet?****Використовувати комбінований підхід****із новим роз'ємом від TE Connectivity 26***Фабіан Форнхаген (Fabian Vornhagen),
Мартін Лейхенседер (Martin Leihenseder),
Роберт Демхартер (Robert Demharter),
Ісмаель Моліна Альба (Ismael Molina Alba),
Саймон Марк (Simon Mark),
Хаїро Бустос (Jairo Bustos),
Маттіас Фріче (Matthias Fritsche)**Переклад і доповнення: Володимир Рентюк***Würth Elektronik: однопарний Ethernet
для індустріальних застосувань 32**

www.adcgr.com

**ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ
АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ
ЗАВДАННЯМ**ТОВ «АДС ТІМ»
Україна, м. Київ
пров. Радищева, 3, оф. 126тел. +38 044 206 22 52
моб. +38 067 249 77 58
+38 050 464 22 52

СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ

Самуеле Фалькомер (*Samuele Falcomer*)
Оресте Консепіто (*Oreste Concepito*)
**Вибір правильної апаратної архітектури
для рішень з відстеження в IoT**42

**Новий GNSS модуль SIM65M
для систем реального часу**46

НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Ксав'є Бігналет (*Xavier Bignalet*)
**Захист Інтернету речей попередньо налаштованими
апаратними елементами безпеки**47

ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

Закарайа Петерсон (*Zachariah Peterson*)
**Що таке зворотний шлях струму
на друкованій платі?**50

ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

**Основні відомості про попередні
випробування на EMC**52

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ

Крейг Каммерман (*Craig Kammerman*)
**Надійні рішення для військового застосування
компанії ODU сімейства AMC® серії T**56

СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

**Використання силових дискретних напівпровідників
WeEn Semiconductors для побудови більш надійних
та ефективних ДБЖ**60

Пол Дрексхейдж (*Paul Drexhage*),
Стефан Хаузер (*Stefan Houser*)
Переклад і коментарі: Андрій Колпаков
**Вплив вологості та конденсації на роботу
силових електронних систем**62

Екхард Таль (*Eckhard Thal*),
Дзюндзі Ямада (*Junji Yamada*),
Віктор Толстоп'ятов
Підвищуючи швидкість: SiC-модулі Mitsubishi Electric68

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

**Серія джерел живлення MPM MEAN WELL
для медичного обладнання**74

Євген Рабінович
**Деякі аспекти вибору джерела живлення
для медичного обладнання**76

Джон Куїнлан (*John Quinlan*)
Характеристики джерел живлення для медичної техніки80

Прадїп Чаттерджи (*Pradip Chatterjee*)
Проектування швидкодіючих 350-кВт зарядних пристроїв84

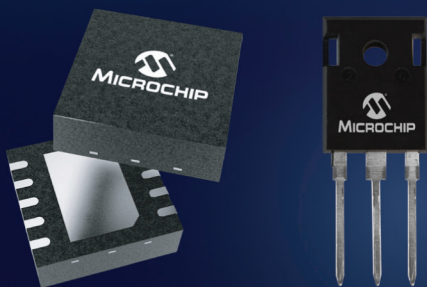
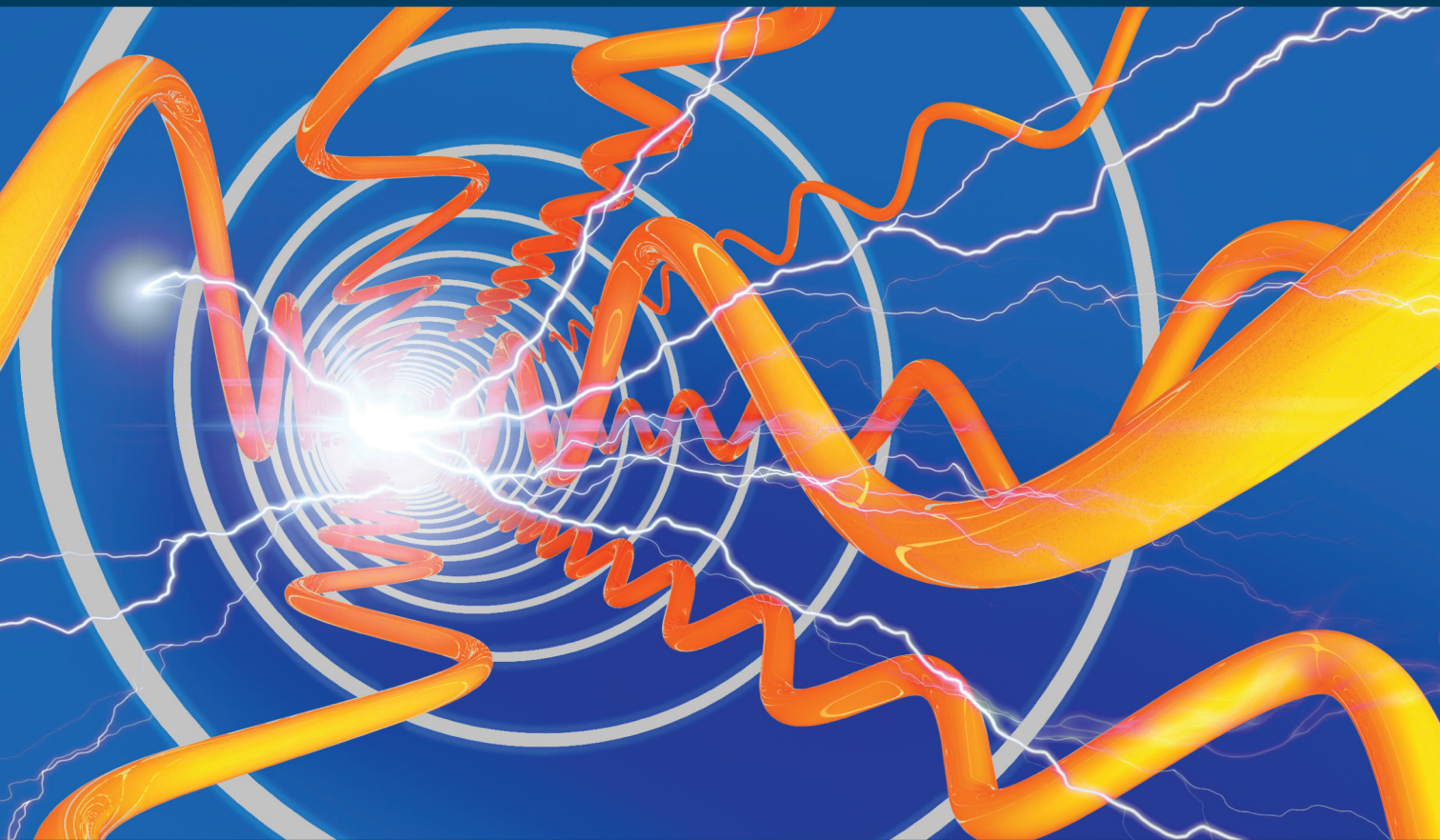
ВІЗИТКИ88

ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА94

Microchip – це...

Живлення та аналогові пристрої

Цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі <
Операційні підсилювачі та компаратори <
Мікросхеми управління живленням <
Сильові напівпровідники та модулі <



- Автомобільна техніка
- Зв'язок
- Обчислювальна техніка
- Споживчі товари
- Промисловість



microchip.com/power-and-analog



Назва і логотип Microchip та логотип Microchip є зареєстрованими торговими знаками компанії Microchip Technology Incorporated в США та інших країнах. Всі інші торгові знаки є власністю їх зареєстрованих власників.
© 2022 Microchip Technology Inc. Всі права захищені.
MEC2463A-UK-12-22

Новини світу електронних компонентів

ПЛІС НА БАЗІ RISC-V І РІШЕННЯ ДЛЯ КОСМІЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

ПЛІС середнього класу і ПЛІС типу «система-на-кристалі» (SoC) зіграли важливу роль в перенесенні комп'ютерних робочих навантажень на периферію мережі. Компанія **Microchip Technology** допомогла стимулювати цей перехід завдяки своїм ПЛІС (що були відзначені нагородами), а також представила перші ПЛІС на базі RISC-V, які забезпечують вдвічі більшу енергоефективність, ніж конкуруючі ПЛІС середнього класу, і мають кращий у своєму класі дизайн, операційну систему та екосистему рішень. Компанія представила свої рішення на самміті RISC-V 2022 року, а також презентувала кремнієву платформу PolarFire 2 FPGA, процесорну підсистему на базі RISC-V та дорожню карту програмного забезпечення. Крім того, було обговорено високопродуктивний процесор для космічних обчислень (HPSC) на базі RISC-V, який компанія розробляє для NASA, аерокосмічної та оборонної промисловості.

«Компанія Microchip була першою, хто запропонував ПЛІС для енергоефективних периферійних обчислень, і першою, хто запуснув в серійне виробництво ПЛІС SoC, що підтримують відкриту архітектуру набору команд RISC-V, — сказав Шакіл Піра (Shakeel Peera), віце-президент з маркетингу підрозділу ПЛІС компанії Microchip. — На цьогорічному самміті ми були надзвичайно раді продемонструвати наше готове до виробництва сімейство SoC PolarFire, партнерську екосистему та рішення для сучасних периферійних обчислювальних систем, чутливих до енергоспоживання. Додатковим бонусом став короткий огляд того, куди ми йдемо далі, щоб забезпечити в 15 разів більше обчислювальних можливостей для нашої дорожньої карти».

Сімейства PolarFire FPGA і PolarFire SoC вже забезпечують кращу в галузі теплову і енергетичну ефективність в середньому сегменті. Оптимізовані для розгортання систем з високою обчислювальною продуктивністю

в невеликих форм-факторах, сімейства зменшили розмір і вагу систем з обмеженим енергоспоживанням в таких застосуваннях, як промислова візуалізація, робототехніка, медичні системи з підтримкою штучного інтелекту та інтелектуальні оборонні та аерокосмічні системи. Сімейство PolarFire 2 підніметься ще вище по кривій продуктивності і енергоефективності і додасть нові високопродуктивні обчислювальні елементи на базі RISC-V. Воно також містить в собі набір інструментів для проектування, який використовує новий підхід до розробки систем, розкриваючи весь потенціал цих ПЛІС і ПЛІС SoC, усуваючи необхідність для розробників інтелектуальних алгоритмів розбиратися в тонкощах базового обладнання ПЛІС.

Компанією Microchip також було продемонстровано свою екосистему рішень Mi-V для підтримки розробки стека рішень на базі RISC-V. Вона забезпечує 90% + покриття для комерційних і відкритих пакетів операційних систем (ОС) і ОС реального часу (RTOS), а також має інше програмне забезпечення, проміжне програмне забезпечення і прошивку від Microchip і її партнерів по екосистемі Mi-V.

Відвідувачі самміту RISC-V змогли побачити сімейство PolarFire і екосистему Mi-V від Microchip, зробити попередній перегляд сімейства PolarFire 2 і набору інструментів для проектування, а також пропозиції HPSC.

www.microchip.com

ПІД'ЄДНАННЯ ЕКРАНА ДО ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Компанія **Phoenix Contact** доповнила асортимент технологій з'єднання друкованих плат для передачі даних новими клемами для під'єднання екрана SH-PCB 6 з можливістю паяння.

Клема призначена для надійного заземлення екранування кабелю й забезпечує захист від електромагнітних завад (ЕМЗ). Вона придатна до застосування з екрануванням діаметром від 3 до 6 мм і забезпечує повний опір під час відведення

сигналі завад завдяки великій площі контакту екрана.

Phoenix Contact пропонує технології з'єднання друкованих плат для усіх поширених стандартів промислового Ethernet, наприклад Profinet. Клеми та роз'єми для друкованих плат для Ethernet-APL відкривають широкий асортимент клем і роз'ємів для друкованих плат для Single Pair Ethernet, за допомогою якого можна інтегрувати інтелектуальні польові пристрої, які використовуються у сфері автоматизації процесів, у середовищі Ethernet на базі комутаторів.

www.phoenixcontact.com

НОВІ З'ЄДНУВАЧІ У ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛЯХ

З'єднувачі Sunclix із обтискним з'єднанням для автоматизованого процесу монтажу компанії **Phoenix Contact** забезпечують можливість простого й надійного виконання кабельних з'єднань у фотоелектричних модулях.

Новинкою є приладовий з'єднувач із системою розблокування. Він забезпечує зручне розблокування без використання спеціальних інструментів і особливо добре годиться для виконання кабельного з'єднання інверторів і розподільних коробок для фотоелектричних установок. Посріблені контакти гарантують тривалу стабільність технології з'єднання. З'єднувачі розраховані на силу струму до 40 А (IEC)/50 А (UL) і напругу до 1 500 В (IEC/UL).

Крім того, нові пружинні з'єднувачі SUNCLIX доступні для поперечного перерізу провідника від 6 до 16 мм² (AWG 10/AWG 6). Вони оснащені посрібленими контактами та запатентованою системою розблокування. Пружинні з'єднувачі для великих поперечних перерізів провідника придатні до застосування для об'єднання ланцюгів фотоелектричних модулів і підключення високих струмів. Це допомагає знизити втрати в лінії. З'єднувачі з пружинним з'єднанням розраховані на силу струму до 60 А (IEC)/80 А (UL) і напругу до 1 500 В (IEC/UL).

www.phoenixcontact.com

З'ЄДНУВАЧІ M12 ДЛЯ SINGLE PAIR ETHERNET

Нові з'єднувачі Single Pair Ethernet типорозміру M12 від компанії **Phoenix Contact** забезпечують ідентичні механічні умови монтажу й легку інтеграцію в звичайні датчики.

Штекерні та гніздові варіанти також дають змогу створювати вільнопідвішувані з'єднання. Однопарний кабель забезпечує передачу даних зі швидкістю до 1 Гбіт/с та потужністю до 60 Вт на відстань до 1 000 м.

Крім ступеня захисту IP67, з'єднувачі забезпечують надійне з'єднання екрана за допомогою технології Advanced Shielding Technology. Це гарантує безпечний Ethernet-зв'язок від польового рівня до хмарного середовища. Стандартизовані згідно з IEC 63171-5 інтерфейси особливо добре підходять для ефективного та послідовної передачі даних у сфері автоматизації виробництва та будівель.

www.phoenixcontact.com

РЕГУЛЯТОР З НАДНИЗЬКИМ РІВНЕМ ШУМУ І НАДВИСОКИМ PSRR µMODULE®

Компанія **Analog Devices** випустила LTM8080 — 40VIN, подвійний 500-мА або одинарний 1-А регулятор з наднизьким рівнем шуму і надвисоким PSRR µModule®. LTM8080 має каскадну архітектуру, яка містить низьковольний регулятор Silent Switcher 40VIN з вбудованим екраном від електромагнітних завад, за яким слідує подвійні високоефективні лінійні регулятори з низьким рівнем відсіву. Подвійні LDO мають архітектуру ADI з наднизьким рівнем шуму та надвисоким PSRR для живлення чутливих до шуму додатків. LTM8080 — інтегроване рішення, що складається з комутатора і LDO, яке пропонує обидві переваги, зберігаючи при цьому невеликий розмір і значно знижену чутливість макета друкованої плати.

До комплекту входять контролери, вимикачі живлення, котушки індуктивності та допоміжні компо-

www.chipnews.com.ua

ненти. LTM8080 має вбудовану функцію відстеження напруги, яка автоматично встановлює напругу V_{BUS} на номінальне значення 2.5 В або на 1 В вище, ніж V_{OUT1} , залежно від того, яка з них більша, для досягнення чудових шумових характеристик і мінімізації розсіювання потужності. LTM8080 упакований в термічно посиленій, компактній ($9 \times 6.25 \times 3.32$ мм) корпус з литою кулястою сіткою (BGA), придатний для автоматизованої збірки за допомогою стандартного обладнання для поверхневого монтажу і відповідає вимогам RoHS.

www.analog.com

ВИСОКОВОЛЬТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Компанія **RECOM** анонсувала дві нові серії економічних імпульсних регуляторів RPMGQ-20 та RPMGS-20 з відкритим корпусом, наскрізними отворами, неізованими DC/DC-перетворювачами з вихідним струмом 20 А.

RPMGQ-20 має стандартний промисловий формат у чверть

цеглини, тоді як RPMGS-20 має новий стандартний розмір корпусу 36.83×34.04 мм зі стандартним шістнадцятим цегляним виводом.

Обидва виробники мають максимальну висоту 15 мм від монтажною поверхні. Вони працюють від входу 18–75 В, а додаткові номінальні виходи — 5 В або 12 В, з можливістю регулювання в широкому діапазоні, від 3.3 В до 8 В і від 8 В до 24 В відповідно.

Ефективність RPMGQ-20 і RPMGS-20 дуже висока, досягаючи 98% для версій з вихідною напругою 12 В і 94% для версій з вихідною напругою 5 В, з майже плоскою кривою ефективності за навантаження близько 10%. Завдяки низьким втратам і вдосконаленій тепловій конструкції, повне навантаження доступне за температури повітряного потоку понад 90 °C для всіх варіантів з пониженням до 120 °C.

www.recom-power.com

АС/DC-МОДУЛІ ЖИВЛЕННЯ ПОТУЖНІСТЮ 90 Вт

Тепер доступна 90-ватна версія популярної та економічно ви-

гідної серії RACM 2" x 4" AC/DC виробництва компанії **RECOM** з широким діапазоном вхідної напруги 85–264 В змінного струму та вибором жорстко регульованих виходів, включаючи 12, 15, 24, 36 і 48 В постійного струму. Серія включає сертифікати безпеки відповідно до медичного стандарту IEC/EN/ANSI/AAMI ES 60601-1 для застосування в 2MOPP 'B' і 'BF', а також IEC/EN 62368-1, IEC/EN 60335-1 і IEC/EN 61558-1 для посиленої ізоляції в промисловості, IT, випробуваннях і вимірюваннях, а також в побуті, на висоті до 4 000 м над рівнем моря.

Модулі класифікуються як джерела живлення з обмеженою потужністю (LPS) і придатні для встановлення в умовах перенапруги класу 3 і перенапруги категорії OVC III. Ліміти викидів EN 55032/35 «Клас В» дотримані з великим запасом, а ефективність висока, до 90%, в залежності від варіанту, причому це значення зберігається до невеликих навантажень, що дозволяє забезпечити відповідність стандартам ErP. Втрати холостого ходу також становлять менше 200 мВт за 230 В змінного струму.

Робоча температура становить від -40 °C до +90 °C з можливістю зниження, а модулі доступні у вигляді відкритої плати промислового стандарту 2" x 4" і з додатковим металевим корпусом.

Серія RACM90-K є однією з найбільш універсальних на ринку завдяки поєднанню широкого електричного/екологічного робочого діапазону та відповідності стандартам, і все це за конкурентною ціною.

www.recom-power.com

ОДНОЯДЕРНИЙ 64-БІТНИЙ ПРОЦЕСОР ARM® CORTEX®-A53

Компанія **Texas Instruments** випустила AM6411 — одноядерний 64-бітний процесор Arm® Cortex®-A53, одноядерний Cortex-R5F, PCIe. AM64x є розширенням сімейства гетерогенних процесорів Arm® промислового класу Sitara™. AM64x створений для промислових застосувань, таких як моторні приводи і програмовні логічні контролери (ПЛК), які вимагають унікальної комбінації обробки в реальному

Продукція TE Connectivity Ltd. від офіційного дистриб'ютора



- роз'єми для друкованих плат, коаксіальні та силові роз'єми
- сигнальні роз'єми та роз'єми для передачі даних
- роз'єми CHAMP, промислові, надмініатюрні роз'єми
- слоти для карток пам'яті
- роз'єми, кабелі, адаптери, атенюатори
- перемикачі, інструменти для волоконно-оптичних систем
- затискні та гвинтові контактні ряди
- пристрої захисту від надструмів та перенапруги: запобіжники, варистори, розрядники
- силові фільтри, фільтри захисту від електромагнітних завад
- проводи та кабелі: коаксіальні, волоконно-оптичні
- компоненти для скручування, кожухи, фітинги, термозбіжні трубки
- резистори, дроселі, конденсатори, трансформатори
- комунікаційні сигнальні та часові реле
- датчики положення безконтактні, промислові
- програмовні логічні контролери
- магнітні та теплові вимикачі
- елементи та обладнання для маркування та етикетування.

VD MAIS - офіційний дистриб'ютор TE Connectivity в Україні
емк@vdmals.ua, www.vdmals.ua



часі і зв'язку з обробкою додатків. AM64x поєднує в собі два екземпляри гігабітного PRU-ICSSG з підтримкою TSN пристрою Sitara з двома ядрами Arm® Cortex®-A53, до чотирьох MCU Cortex-R5F і MCU Cortex-M4F.

Архітектура AM64x забезпечує продуктивність в реальному часі завдяки високопродуктивним R5F, щільно пов'язаним банкам пам'яті, конфігурованому розбиттю SRAM і виділеним шляхам з низькою затримкою до периферійних пристроїв для швидкого переміщення даних всередину і ззовні SoC. Ця детермінована архітектура дозволяє AM64x працювати з жорсткими контурами керування, які зустрічаються в сервоприводах, в той час як периферійні пристрої, такі як FSI, GPMC, ШИМ, сигма-дельта фільтри децимації та інтерфейси абсолютних енкодерів, допомагають підтримувати ряд різних архітектур, які зустрічаються в цих системах.

Cortex-A53 забезпечують потужні обчислювальні елементи, необхідні для додатків Linux. Linux і Linux в режимі реального часу (RT) забезпечується за допомогою пакету TI Processor SDK Linux, який щорічно оновлюється до найновіших версій ядра Linux, завантажувача і файлової системи Yocto з довгостроковою підтримкою (Long Term Support, LTS). AM64x допомагає з'єднати світ Linux зі світом реального часу, забезпечуючи ізоляцію між додатками Linux та потоками реального часу за допомогою конфігурованого розбиття пам'яті. Cortex-A53 можна призначити для роботи виключно з DDR для Linux, а внутрішню SRAM можна розбити на ділянки різного розміру, щоб Cortex-R5F використовувалися разом або незалежно один від одного.

Процесор AM64x забезпечує гнучкі можливості промислового зв'язку, включаючи повний стек протоколів для EtherCAT SubDevice, пристрою PROFINET, адаптера EtherNet/IP та IO-Link Master. PRU-ICSSG також забезпечує підтримку гігабітних протоколів і протоколів на основі TSN. Крім того, також забезпечує додаткові інтерфейси в SoC, включаючи фільтри сигма-дельта-децимації та інтерфейси абсолютних енкодерів.

www.ti.com

ПЕРШИЙ 23.8" ПК «ВСЕ В ОДНОМУ» В ЛІНІЙЦІ UTC

Компанія **Advantech** представила свій UTC-124 — перший 23.8" сенсорний комп'ютер «все в одному» в родині UTC, чудове вбудоване обчислювальне рішення для спеціалізованих задач, оскільки ПК має тонкий форм-фактор, проекційно-ємнісне сенсорне управління (PCAP) та процесор Intel Pentium з наднизькою напругою живлення.

Система поставляється із двома різними схемами підключення для конкретних сценаріїв використання. Тому він може адаптуватися як до міських служб, так і до легкої промисловості: торгових точок, ресторанів, готелів, розважальних

закладів, банків, працювати у вестибюлях громадських місць, складів та логістичних центрів.

Отримавши у спадок промисловий дизайн серії UTC, безвентиляторна система UTC-124 забезпечує тиху роботу та запобігає попаданню пилу. Крім того, сенсорний дисплей Full-HD 1080p забезпечує більш чітке та деталізоване зображення, що підвищує зручність перегляду.

Для легкої інтеграції в чинні системи UTC-124 підтримує кілька операційних систем, включаючи Windows 10 IoT Enterprise, Linux Ubuntu 18.04, Android 8.0 та 10.1. Пристрій сумісний з різними варіантами кріплення для гнучкої установки та дозволяє підприємствам більш творчо рекламувати, інформувати та розважати гостей, представляючи цільовий персоналізований контент, що покращує загальне враження клієнта.

UTC-124 представлений у двох різних варіантах розташування входів/виходів. Модель UTC-124G1 призначена для роздрібної торгівлі та сфери послуг, а UTC-124G3 — для використання у легкій промисловості чи на складах. Незалежно від того, чи потрібна клієнтам гнучкість двостороннього вводу/виводу UTC-124G1 або додаткові порти UTC-124G3, вони можуть обрати варіант, який підходить для їх завдань.

UTC-124 підтримує портретну та альбомну орієнтацію екрану та оснащений кріпленням VESA (100 x 100) для гнучкої установки. UTC-124 може бути інтегрований з модульними периферійними пристроями, в тому числі зі

зчитувачем RFID, 5M камерою, зчитувачем смарт-карт, зчитувачем магнітних смуг, сканером штрих-коду 1D/2D і світлодіодною панеллю для додаткових функцій. UTC-124 також має секційний вхід/вихід з тристоронньою прокладкою кабелів, що забезпечує безпечно підключення та гарантовану надійну роботу.

UTC-124G3 надає інтерфейси DB-9 RS-232 для промислових машин, мережного обладнання та наукових інструментів. Підключаючись до послідовних пристроїв RS-232 безпосередньо через послідовні порти DB-9, UTC-124G3 підходить для більшості сценаріїв установки без використання кабелю-перехідника.

www.advantech.com

30-ВАТНИЙ DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧ

Компанія **Traco Power** розширила існуючий портфель 30-ватних DC/DC-перетворювачів новим поколінням перетворювачів в корпусі 1" x 1" серією THL 30WI. Орієнтуючись на поєднання економічної ефективності та якості, ця ізольована серія високоефективних 30-ватних перетворювачів постійного струму/постійного струму підходить для багатьох різних застосувань.

Серія THL 30WI поставляється в герметичному, екранованому металевому корпусі розміром 1 x 1 x 0.4" і пропонує інтегровані функції дистанційного вмикання/вимикання та підстроювання. Ви-



MICRODIS
www.microdis.net

Роман Прокопець
Менеджер з продажу

Microdis Electronics GmbH
Rheinauer Straße 1
68766 Hockenheim
Germany

M +380 67 475 81 86
Roman.Prokopets@microdis.net

Мікродіс Електронікс ГмБХ — офіційний дистриб'ютор u-blox в Україні



сокий ККД до 88% дозволяє перетворювачам працювати в діапазоні температур від -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$ без зниження продуктивності. Всі моделі мають широкий діапазон вхідної напруги 4:1 і точно регульовані, ізольовані виходи. Серія відповідає останнім сертифікатам безпеки ІТ (UL 62368-1) і підходить для використання в мобільному обладнанні, приладобудуванні, архітектурах розподіленого живлення в комунаційній та промисловій електроніці, а також скрізь, де економічна ефективність і якість є критичними факторами.

www.tracopower.com

ТРАНСФОРМАТОРИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЧЕРЕЗ ETHERNET (POE)

Компанія **Bourns** представляє нову серію трансформаторів Power over Ethernet (PoE). Зворотні трансформатори серії POE-EP, POE-PD і POE-FD мають потужність від 12 до 72 Вт і пропонують просте та надійне рішення для живлення віддалених пристроїв.

Трансформатори цієї серії розроблені для роботи з багатьма контролерами зворотного ходу та оптимізовані для ізоляції напруги та ланцюга в різноманітних додатках, таких як телефони VoIP, точки доступу WLAN, IP-камери безпеки, маршрутизатори та шлюзи. Крім того, трансформатори Bourns® POE розроблені та протестовані для забезпечення регульованої вихідної напруги з найбільш заданим рівнем потужності, що робить цю серію ідеальних трансформаторних рішень для PoE, передачі даних і промислових застосувань.

Серії POE-EP, POE-PD і POE-FD є стандартними продуктами. Однак індивідуальні конструкції також доступні за запитом. Діапазон робочих температур для цих пристроїв становить від -40°C до $+165^{\circ}\text{C}$, і всі пристрої відповідають RoHS.

www.bourns.com

КОНТРОЛЕР З ВИСОКИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПОТУЖНОСТІ

Компанія **STMicroelectronics** випустила HVLED101 — вдосконалений контролер режиму пікового струму, що здатний керувати в основному топологіями з

високим коефіцієнтом потужності (HPF), що мають вихідну потужність до 180 Вт. Також можуть бути реалізовані деякі інші топології, такі як buck, boost і SEPIC.

Первинне бічне регулювання вихідної напруги та керування оптопарою можуть бути застосовані на мікросхемі незалежно один від одного, забезпечуючи точне регулювання та дуже низьке енергоспоживання в режимі очікування при холостому ході. Інноваційна високовольтна технологія ST дозволяє безпосередньо підключати HVLED101 до вхідної напруги для запуску пристрою і контролю вхідної напруги без використання зовнішніх компонентів. Ефективно контролюються аномальні умови, такі як обрив ланцюга, коротке замикання на виході, вхідна перенапряга або знижена напруга, зовнішні схеми захисту і збої в ланцюзі, такі як обрив ланцюга і перевантаження струмом головного вимикача. Вбудований інтелектуальний таймер автоматичного перезапуску (ART) гарантує автоматичне відновлення роботи програми без втрати надійності.

www.st.com

ПЛАТФОРМА РОЗРОБКИ SILICON LABS MATTER

До 2025 року ми можемо очікувати майже 27 мільярдів підключених пристроїв Інтернету речей по всьому світу. Багато з них будуть продуктами для розумних будинків, однак в даний час ці продукти знаходяться в різних екосистемах і не можуть взаємодіяти з іншими, що створює проблему для споживачів, які шукають продукти, що працюють з існуючою конфігурацією розумного будинку, і створює значні перешкоди для розробників, які працюють над введенням продуктів на ринок.

Стандарт Matter розробки компанії **Silicon Labs** є відповіддю на цей виклик і стане основним драйвером зростання, який допоможе відкрити нову еру підключення до Інтернету речей. Випуск Matter восени 2022 року зруйнує кордони між екосистемами розумного будинку, зробивши підключення до розумного будинку безперервним і надавши споживачам більше варіантів продуктів, ніж будь-коли раніше.

У Silicon Labs інвестували значні кошти в успіх і створення Matter з нуля. Будучи активним членом Альянсу стандартів зв'язку (CSA), компанія є одним з найбільших по-

gembird®

Марочні кабелі та адаптери для передачі даних і зарядки



Electronic Components

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK

ДИСТРИБ'ЮТОР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

Устронна 41, 93-350 Лодзь, Польща
тел. +48 42 645 54 44, export@tme.eu, tme.eu

tme.eu

[facebook.com/TME.eu](https://www.facebook.com/TME.eu)
[instagram.com/tme.eu](https://www.instagram.com/tme.eu)
[youtube.com/TMElectronComponent](https://www.youtube.com/TMElectronComponent)

сталевий код для платформи, а також найбільшим постачальником коду серед усіх виробників напівпровідників. Щоб прискорити її впровадження, ми маємо портфель апаратних і програмних рішень для Matter, які забезпечують повну, наскрізну платформу розробки Matter для всіх екосистем і бездротових протоколів.

Платформа розробки Matter підтримує розвиток можливостей технології «розумного будинку», об'єднуючи Wi-Fi, Bluetooth Low-Energy (BLE) і Thread. Завдяки чудовій бездротовій продуктивності і бездротовому обладнанню, яке продовжує термін служби батареї, продукти, створені на платформі Silicon Labs Matter, є розумними, ефективними і готовими для безперешкодної інтеграції в розумний будинок, що дозволить споживачам заощадити витрати і уникнути розчарувань.

Центральним компонентом платформи Matter є бездротова 2.4 ГГц SoC MG24 з підтримкою Bluetooth і багатопроTOCOLьної роботи. MG24 підтримує технологію Matter over Thread як однокристалне рішення, що забезпечує великий радіус дії до 200 метрів в приміщенні і дозволяє вводити в експлуатацію нові пристрої з низьким енергоспоживанням Bluetooth, використовуючи той самий чип. Використання MG24 в якості хоста з RS9116 дозволяє реалізувати технологію Matter over Wi-Fi, при цьому RS9116W пропонує найнижче енергоспоживання Wi-Fi в галузі. MG24 готовий до того, щоб розробники могли приступити до проектування продуктів, готових до роботи з Matter.

Платформа розробки програмного забезпечення Unify SDK для Matter забезпечує середовище та інструменти, необхідні розробникам для зв'язку Matter з платформами IoT, включаючи Wi-Fi, Zigbee і Z-Wave. Simplicity Studio і Gecko SDK забезпечують єдине середовище розробки для включення Matter на бездротових пристроях і підключення їх до екосистеми за вибором споживача.

Кожне рішення Matter, що пропонується, оснащене технологією Silicon Labs Secure Vault™, що забезпечує найвищий в галузі рівень безпеки та надійності IoT на пристроях. Безпека IoT, реалізована на цій платформі, захищає пристрої та їх користувачів від кібератак та інших потенційних загроз конфіденційності.

www.silabs.com

УЛЬТРАКОМПАКТНИЙ МОДУЛЬ LTE CAT 1 BIS

Компанія **Quectel Wireless Solutions** оголосила про запуск останнього доповнення до свого портфолію модулів LTE, модуля бездротового зв'язку промислового класу EG800Q-EU LTE Cat 1 bis. Ультракомпактний модуль у форм-факторі LGA, EG800Q-EU пропонує більшу гнучкість в проектах IoT і забезпечує більш широкий спектр варіантів використання IoT, особливо для додатків, чутливих до розмірів.

Заснований на модемі Qualcomm® QCX216 LTE IoT від Qualcomm Technologies Inc., EG800Q-EU — це модуль тільки LTE для клієнтів в Європі, на Близькому Сході, в Африці, Австралії, Новій Зеландії та Ізраїлі з покриттям LTE FDD в діапазонах B1/3/5/7/8/20/28. Модуль забезпечує максимальну швидкість передачі даних по низхідній лінії зв'язку 10 Мбіт/с, одночасно збільшуючи час автономної роботи, що є критично важливим для різних високопродуктивних додатків Інтернету речей, включаючи інтелектуальні лічильники комунальних послуг, трекери активів, електронну мобільність, паркувальні лічильники і домашню автоматизацію.

Підтримка модуля EG800Q-EU стандарту Cat 1 bis дозволяє використовувати одну антену, балансує між вартістю і продуктивністю, що робить модуль ідеальним рішенням для терміналів IoT, які повинні бути компактними і економічно ефективними.

«Ми дуже раді, що наш модуль EG800Q-EU є одним з перших в галузі модулів Cat 1 на базі модему Qualcomm QCX216 LTE IoT Modem, оптимізованого за вартістю і енергоефективного глобального модему Cat 1 bis, — сказав Норберт Мюер (Norbert Muehr), президент і головний операційний директор Quectel. — Неперевершені переваги модуля роблять його ідеальним для безлічі сценаріїв використання і розгортання середнього класу, які вимагають надійних і економічно ефективних комунікаційних рішень».

EG800Q-EU має форм-фактор 15.8 × 17.7 × 2.4 мм, що дозволяє інтеграторам і розробникам легко створювати чутливі до розмірів додатки. Його вдосконалений корпус LGA забезпечує повністю автоматизоване виробництво для великомасштабних додатків.

EG800Q-EU також надає багатий набір інтернет-протоколів

і стандартних інтерфейсів, включаючи USB 2.0/UART/I²C/PCM/USIM, що розширює придатність модуля для різних додатків Інтернету речей, таких як управління активами, дистанційно керований контроль доступу (RMAC) і інтелектуальні електромережі. Крім того, модуль підтримує DFOTA для автоматичного оновлення прошивки і інтегровані послуги Wi-Fi позиціонування при відсутності сигналу GPS в приміщенні.

Щоб допомогти клієнтам полегшити свої проекти, Quectel пропонує різноманітні високопродуктивні антени LTE Cat 1, що значно підвищують рівень бездротового зв'язку. Розробники IoT можуть об'єднати модуль EG800Q-EU з антенами Quectel і послугами поперечної сертифікації, знижуючи як вартість, так і час виходу на ринок для своїх пристроїв Cat 1.

www.quectel.com

КОМПЛЕКТ ДЛЯ РОЗРОБКИ WI-FI З ПІДТРИМКОЮ ПРОТОКОЛУ NEW MATTER

Компанія **Renesas Electronics Corporation** оголосила про випуск свого першого набору для розробки, що включає підтримку нового протоколу Matter. Renesas також оголосила, що буде пропонувати підтримку Matter у всіх майбутніх продуктах Wi-Fi, Bluetooth® Low-Energy (LE) і IEEE 802.15.4 (Thread), включаючи продукти нещодавно придбані компанією Dialog Semiconductor і Celeno Communications.

Протокол Matter обіцяє вирішити проблему інтеперабельності для пристроїв «розумного будинку». Він безпечно і надійно з'єднує різні смарт-пристрої один з одним через екосистеми, незалежно від виробника. Matter — це протокол прикладного рівня, який абстрагується від базових технологій включення, таких як Wi-Fi, Thread і Bluetooth LE. Використовуючи загальний стек програмного забезпечення, виробники пристроїв, які будують з Matter, будуть підтримувати різні екосистеми розумного будинку і голосові сервіси. Користувачі розумних будинків зможуть придбати будь-який пристрій, сертифікований Matter, незалежно від обраної ними платформи.

Renesas є членом Альянсу стандартів зв'язку (Connectivity

Standards Alliance), глобальної організації, яка займається створенням стандартів і сертифікацією IoT. Кріс ЛаПре, керівник відділу технологій Альянсу, сказав: «Ми раді бачити, що такий лідер IoT, як Renesas, взяв на себе зобов'язання підтримувати стандарт Matter. Це ще одне свідчення позитивного імпульсу, який генерує стандарт як серед виробників пристроїв, так і серед виробників обладнання».

«Як лідер в області вбудованих процесорів, зв'язок є критично важливою частиною наших рішень IoT, — сказав Шон МакГрат, віце-президент підрозділу зв'язку і аудіо в бізнес-підрозділі IoT, промисловості та інфраструктури компанії Renesas. — Завдяки нашому широкому спектру рішень Bluetooth і Wi-Fi, а також продуктам Thread, що знаходяться в розробці, ми маємо всі можливості для використання переваг стандарту Matter в різних додатках, працюючи з клієнтами по всьому світу».

www.renesas.com

PQFN З ДВОСТОРОННІМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Проектування майбутніх силових електронних систем безперервно підштовхує до поліпшення найсучасніших характеристик і щільності енергоспоживання. Підтримуючи цю тенденцію, **Infinion Technologies AG** випустила нове сімейство PQFN-транзисторів зі зменшеним виводом 3.3 × 3.3 мм² в класах 25–150 В з нижньобіковим (BSC) і двостороннім охолодженням (DSC). Нове сімейство продуктів забезпечує значні поліпшення на компонентному рівні, пропонуючи привабливі рішення в області перетворення постійного струму в постійний, відкриваючи нові можливості для системних інновацій в серверних, телекомунікаційних, операційних системах, системах захисту акумуляторів, електроінструментах і зарядних пристроях.

Нове портфоліо поєднує в собі новітню технологію MOSFET від Infineon з передовим корпусом, що виводить продуктивність систем на новий рівень. У концепції Source-Down (SD) контакт джерела MOSFET перевернутий у бік корпусу, який потім припаюється до друкованої плати. Крім того, концепція включає в себе поліпшену конструкцію затискача на верхній частині мікросхеми

www.chipnews.com.ua

для зливного контакту і провідне на ринку співвідношення площі мікросхеми до площі корпусу.

Оскільки форм-фактори систем постійно зменшуються, два ключові аспекти є дуже важливими: зменшення втрат потужності та оптимальне управління тепловим режимом. У порівнянні з кращими у своєму класі пристроями PQFN 3.3 × 3.3 м² Drain-Down, нове сімейство значно покращує опір увімкнення ($R_{DS(on)}$) на 35 відсотків. OptiMOS Source-Down PQFN з двостороннім охолодженням від Infineon забезпечує покращений тепловий інтерфейс для перенаправлення втрат потужності від перемикача до радіатора. Варіанти з двостороннім охолодженням пропонують найбільш прямий спосіб підключення вимикача живлення до радіатора, збільшуючи потужність розсіювання в три рази в порівнянні з відповідним варіантом з нижнім охолодженням Source-Down.

Для забезпечення максимальної гнучкості при розміщенні друкованих плат доступні два варіанти з різними розмірами корпусу. Традиційний варіант Standard-Gate забезпечує швидку і просту модифікацію існуючих

конструкцій Drain-Down. А варіант з центральним затвором (CG) відкриває нові можливості для запаралелювання пристроїв, щоб зробити з'єднання драйвера з затвором якомога коротшим. Завдяки видатній здатності витримувати безперервний струм до 298 А, все сімейство продуктів OptiMOS Source-Down PQFN 3.3 × 3.3 м² 25–150 В забезпечує найвищу продуктивність системи.

www.infineon.com

ДАТЧИКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ

Модернізовані компактні автономні широкосмугові датчики Rohde & Schwarz для вимірювання потужності складають сімейство R&S NRPxxP. R&S NRP50P є останньою моделлю і тепер інженери можуть вимірювати рівні потужності від -60 дБм до +20 дБм на частотах від 50 МГц до 50 ГГц. Датчик ідеально підходить для встановлення, обслуговування та моніторингу бездротових систем зв'язку.

Протягом багатьох років датчики потужності R&S NRP-Z8x

від Rohde & Schwarz є кращим вимірювальним інструментом для вимірювання імпульсних сигналів і безперервних вимірювань потужності на модульованих і немодульованих сигналах. Нове сімейство R&S NRPxxP має датчики з шириною смуги вимірювання до 30 МГц, новий покращений дизайн і розширений частотний діапазон. Сімейство з трьох моделей охоплює частотні діапазони від 50 МГц до 18 ГГц, від 50 МГц до 40 ГГц і нову топ-модель для 50 МГц до 50 ГГц.

Датчики R&S NRPxxP оптимізовані таким чином, щоб бути досить компактними, щоб їх можна було носити з собою для простої і зручної установки поруч з пристроєм, що тестується (DUT). Інтерфейс використовує стандартне обладнання USB і драйвер TMC (тестовий і вимірювальний клас) для дистанційного керування без спеціального базового блоку, що робить датчики ідеальним інструментом для установки, технічного обслуговування або моніторингу, а також спрощує інтеграцію тестової системи. Розширений частотний діапазон до 50 ГГц охоплює весь Q-діапазон, що використовується в

спутниковому зв'язку, наземному мікрохвильовому зв'язку, радіоастрономічних дослідженнях, військовому зв'язку, а також всі частоти 5G FR2, які в даний час є комерційно актуальними.

Прилади сімейства R&S NRPxxP можуть вимірювати імпульси тривалістю до 50 наносекунд при вимірюванні потужності імпульсних сигналів. Автоматичний аналіз імпульсів усуває трудомістке встановлення маркера. Додаткова функція кумулятивного розподілу (CCDF) дозволяє датчикам розраховувати ймовірність перевищення середнього рівня потужності шляхом вибірки мільйона точок протягом 25 мілісекунд. Користувачі також мають максимальну експлуатаційну гнучкість завдяки вимірюванням тригера за часом або тригерам виявлення спалаху. Датчики R&S NRPxxP можуть підключатися до вимірювача потужності R&S NRX, деяких генераторів і аналізаторів сигналів Rohde & Schwarz, ПК з віртуальним вимірювачем потужності R&S NRPV або мобільного телефону під управлінням R&S Power Viewer mobile.

www.rohde-schwarz.com



RADIODETAILI



ВЕЛИКИЙ ВИБІР РАДІОДЕТАЛЕЙ!

Інтернет-магазин вул. Івана Світличного, 4
(044) 392 22 71 (067) 462 22 71

«Радіоринок», Караваєві Дачі, вул. Ушинського, 4

Павільйон 9В
(044) 242 20 79
(067) 445 77 72

Павільйон 9В+
(068) 599 56 99

Павільйон 17Б
(063) 105 90 01
(096) 303 90 01

RADIODETAILI.COM.UA

Однопарний Ethernet – ключова технологія в цифровізації нашого світу

Верена Нойгауз (Verena Neuhaus), продакт-менеджер Single Pair Ethernet, Phoenix Contact GmbH & Co. KG

Тім Кіндерманн (Tim Kindermann), продакт-менеджер Single Pair Ethernet, Phoenix Contact GmbH & Co. KG

E-mail: ua-office@phoenixcontact.com

Цифровізація і промисловий Інтернет речей (IIoT) швидко розвиваються у всіх галузях. Як наслідок, зростає кількість учасників комунікації та відповідний попит на все швидшу та стабільнішу мережу. Ethernet вже давно зарекомендував себе в інтелектуальних мережах пристроїв у різних сферах застосування. У майбутньому однопарний Ethernet (Single Pair Ethernet, SPE) не просто розширить, наприклад, протоколи зв'язку через послідовну польову шину, але й повністю замінить їх. Характеристики SPE роблять цю технологію інноваційною в широкому діапазоні застосувань і, таким чином, представляють справжню додаткову цінність для найсучасніших комунікаційних інфраструктур. Phoenix Contact володіє міжгалузевим досвідом і має ідеальне портфоліо продуктів для реалізації SPE у різноманітних галузях.

Рішення Ethernet, що використовуються на сьогодні в різних галузях промисловості, традиційно вимагають двох пар проводів, а з появою Gigabit Ethernet і збільшенням швидкості передачі даних, навіть чотирьох пар проводів. З іншого боку, Single Pair Ethernet працює лише з однією парою проводів і може одночасно передавати дані та живлення. Швидкість передачі даних, досягнута цією технологією — від 10 Мбіт/с на максимальній відстані передачі 1 000 м до 1 Гбіт/с на максимальній відстані передачі 40 м — є достатньою навіть для найскладніших завдань, наприклад, у програмах, які включають інтенсивне використання технології мережних датчиків зі сканерами або камерами. Таким чином, Single Pair Ethernet підходить для використання в ряді сфер, на які раніше впливали обмеження щодо швидкості передачі даних, діапазону та безперебійного зв'язку.

ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО 1000 МЕТРІВ

Основним обмеженням звичайних стандартних рішень Ethernet є максимальна довжина 100 метрів для з'єднан-

ня «точка-точка». Щоб долати більші відстані в промислових системах, наприклад, на виробничих лініях і конвеєрних стрічках, досі доводилося використовувати додаткові повторювачі або комутатори — інтерфейси, які призводять до додаткового обслуговування та схильні до збоїв. Технологія SPE, з іншого боку, дозволяє підключати різні пристрої на відстані до 1 000 метрів зі швидкістю передачі 10 Мбіт/с лише за допомогою одного кабелю та додатково використовувати технологію Power over Data Line (PoDL). Це означає, що рішення SPE зі швидкістю передачі даних до 10 Мбіт/с у майбутньому також зможуть замінити певні технології Fieldbus (рис. 1).

ШВИДКІСТЬ ДО 1 ГБІТ/С І БІЛЬШЕ

Складні мережні топології зі шлюзами для з'єднання різних систем можна створювати узгоджено за допомогою Single Pair Ethernet і керувати ними за допомогою єдиних служб Ethernet. Завдяки швидкості передачі від 10 Мбіт/с до 1 Гбіт/с SPE може задовольнити вимоги найширшого спектру програм. Крім того, консорціуми IEEE 802.3 наразі

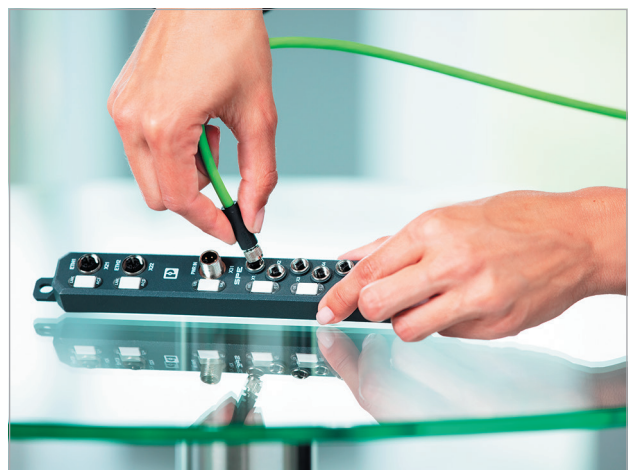


Рис. 1. Роз'єм SPE-M8 під'єднується до коробки датчика-приводу: Single Pair Ethernet також підходить для областей застосування, на які раніше впливали обмеження щодо швидкості передачі даних, діапазону та безперебійного зв'язку

обговорюють подальші стандарти SPE для вищих швидкостей передачі даних 10 Гбіт/с і вище на коротких відстанях (<15 м), а також 100 Мбіт/с або 1 Гбіт/с на відстанях до 500 м. Ці нові стандарти відкриють спектр SPE для ще більшої кількості сфер застосування.

СТАБІЛЬНИЙ І БЕЗПЕЧНИЙ ОБМІН ДАНИМИ

Класичні промислові системи часто створювалися на основі мережі Ethernet, а також великої кількості систем польової шини на польовому рівні. Поява промислового Інтернету речей (IIoT) і необхідність заміни польових шин більш ефективними системами зв'язку робить ці встановлені топології застарілими. Подібні зміни спостерігаються в усіх сферах застосування, які потребують безперервного зв'язку між датчиками та/або мережами. Для таких цілей безперервне, безпечне з'єднання даних має вирішальне значення.

ЕКОНОМІЧНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

На сьогодні середнє виробництво генерує близько одного терабайта даних на день — ця тенденція зростає. Для ефективної оцінки цих даних важлива безперервна комунікація. Тут SPE може забезпечити узгоджену роботу в мережі від датчика до хмари. З огляду на зростаючу кількість датчиків і інтелектуальних кінцевих пристроїв у промислових застосуваннях, SPE пропонує ідеальну кабельну мережу — просту, безпечну, компактну та економічно ефективну. В майбутньому, при створенні інфраструктури, рішення SPE будуть набагато дешевшими, ніж поширені сьогодні комбінації компонентів шини та Ethernet (рис. 2).

SPE І РОБОТИ: КОМПАКТНІ ТА ПОТУЖНІ

При використанні автономних і колаборативних роботів SPE пропонує багато переваг. Завдяки вищій швидкості передачі даних, ніж у звичайних системах польової шини, зв'язок між роботом і блоком керування працює з підвищеною частотою дискретизації та більшим обсягом даних. До цього додається спрощена кабельна розв'язка з передачі даних і живлення лише в одній

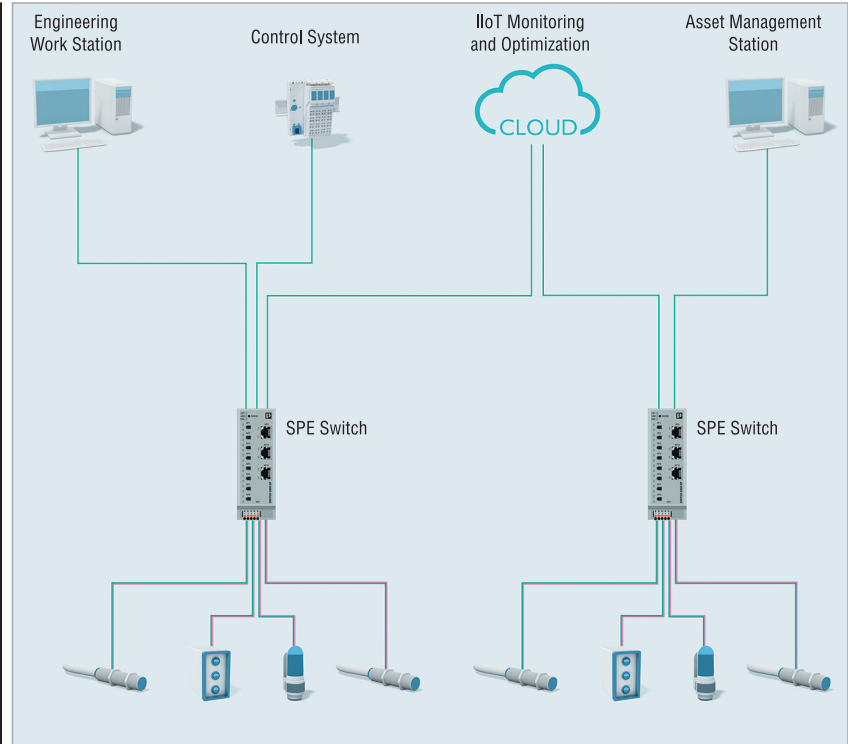


Рис. 2. Автоматизація виробництва за допомогою Single Pair Ethernet: сьогодні середнє виробництво вже генерує близько одного терабайта даних на день, і ця тенденція зростає

лінії. Щоб в майбутньому задовольнити вимоги до продуктивності, які виходять за межі визначених стандартів PoDL, будуть доступні також гібридні рішення SPE, які мають контакти для передачі даних і живлення в одному роз'ємі. Зменшення кількості кабелів і з'єднань призводить до зменшення кількості помилок, швидшого усунення несправностей і спрощення обслуговування.

АВТОМАТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ: УПРАВЛІННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ЗА ДОПОМОГОЮ SPE

Нещодавно побудовані або переобладнані «розумні будівлі» відповідають високим стандартам безпеки та ефективності. Щоб обробляти необхідні дані в режимі реального часу, такі пристрої IoT, як датчики, термостати та системи камер, повинні постійно спілкуватися з хмарою. Single Pair Ethernet ідеально підходить для об'єднання та пересилання даних із різноманітних датків у будівлі. Крім того, компоненти SPE значно компактніші, ніж звичайні роз'єми RJ45, що дозволяє збільшити щільність підключення мережних пристроїв у будівлі. Нарешті, стандарт 10BASE-T1S із можливістю багатоточкового підключення дозволяє — анало-

гічно структурі традиційної шини — з'єднати декілька датчиків один з одним у вигляді лінійної топології та таким чином мати можливість «перестрибувати» з одного пристрою на інший, щоб з'єднати їх до мережі. Це створює основу для підключення до мережі датчиків світла, температури, диму та повітря, а також елементів керування вікнами та жалюзі. Об'єднання OT та IT на одній платформі відкриває більший вибір продуктів, спрощує обслуговування та знижує витрати (рис. 3).

SPE ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТІЙКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІШЕНЬ

Інтелектуальне управління даними є важливою передумовою сталої енергетики. Вітрові турбіни і фотоелектричні системи повинні мати можливість вимірювати вироблену енергію та постійно синхронізуватися з інтелектуальною енергетичною мережею. Це створює нові виклики. Наприклад, у сучасних вітряних турбінах з'єднання даних від гондoli до нижньої частини турбіни неможливе за допомогою звичайних Ethernet-з'єднань на основі міді через висоту, яка часто перевищує 100 м. Наразі оператори все ще віддають перевагу оптоволоконним або бездротовим



Рис. 3. Автоматизація будівель: SPE ідеально підходить для об'єднання та пересилання даних, створених великою кількістю додатків у будівлі

рішенням. SPE є практичним рішенням для таких підключень. У сонячних парках або станціях «Електроенергія до мережі/газ» відстань між важливими точками підключення також часто перевищує 100 метрів. Завдяки розширеному радіусу дії Single Pair Ethernet може допомогти і в цих випадках.

ПОСЛІДОВНИЙ ГЛОБАЛЬНИЙ ПОТІК ДАНИХ: АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ І SPE

Автоматизація процесів, наприклад, у нафтовому чи газовому секторі, часто включає величезні території з дуже великими будівлями чи резервуарами. Повний огляд стану та дистанційне керування всіма об'єктами по всьому світу з послідовним потоком даних від датчика до хмари або ERP-систем є незамінними для багатьох компаній. SPE може забезпечити ефективні мережні структури без необхідності використання проміжних мережних пристроїв для модуляції сигналу або шлюзів. Тут також Power over Data Line (PoDL) у поєднанні з SPE пропонує переваги одночасної передачі даних і електроенергії.

БЕЗПЕЧНО ТА ЕФЕКТИВНО: ТЕХНОЛОГІЯ APL НА ОСНОВІ SPE

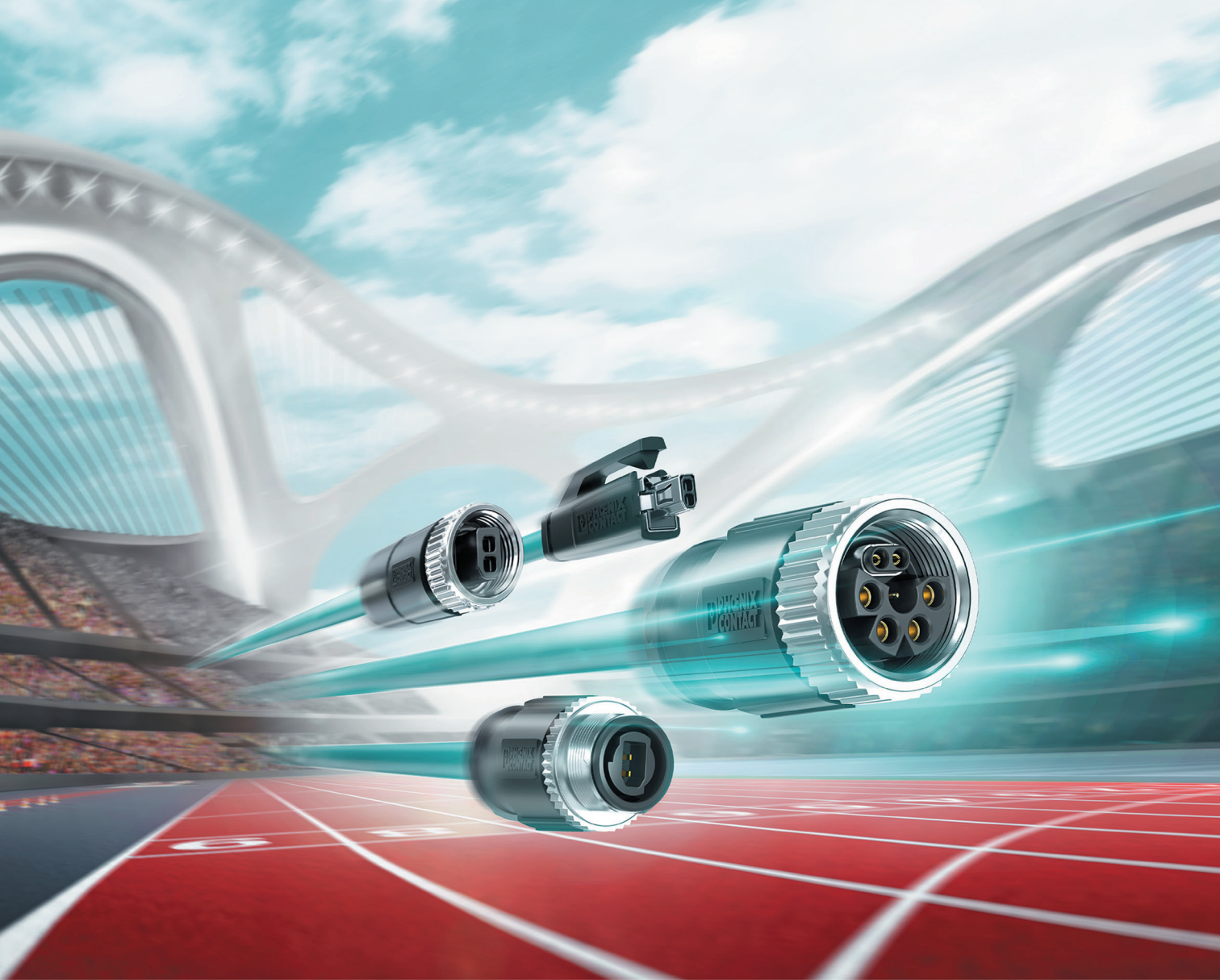
Advanced Physical Layer (APL) — це окремий стандарт SPE для високочутливої сфери автоматизації. Це ідеальне рішення для переробної промисловості, щоб відповідати високим вимогам до передачі даних і електроенергії навіть у вибухозахисних зонах (зони 0, 1 і 2). APL використовує стандарт 10BASE-T11 від IEEE 802.3cg разом із стандартом IEC TS 60079-47, 2021-03 (2-WISE) (2-WISE = 2-Wire Intrinsically Safe Ethernet) і, таким чином, підтримує методи захисту від вибуху, включаючи іскробезпеку. Технологія дозволяє, серед іншого, долати великі відстані (довжина магістралі до 1000 м, відгалужень до 200 м), забезпечувати сумісність пристроїв і систем різних виробників, а також збирати та аналізувати численні додаткові дані для таких заходів, як прогнозоване технічне обслуговування. Спеціально для нафтової, газової та хімічної промисловості APL пропонує абсолютно нові рішення для ефективного, перспективного структурування мереж, а також для економічно ефективної модернізації установок шляхом інтеграції

існуючих кабельних і Ethernet-протоколів, таких як EtherNet/IP™, HART-IP, OPC UA і PROFINET.

ВЕЛИКИЙ ДОСВІД ТА ІННОВАЦІЙНІ ВЛАСНІ РІШЕННЯ

Є багато інших областей, у яких IP-мережі з SPE можуть бути корисними доповненнями або новими конструктивними рішеннями — в принципі, усі програми, які вимагають узгодженого зв'язку на основі IP із великою дальністю та обмеженим простором. Компанія Phoenix Contact з самого початку звернула увагу на великий потенціал Single Pair Ethernet. Тому наші експерти мають великий досвід роботи з можливими застосуваннями та вимогами SPE і можуть запропонувати комплексні та індивідуальні рішення.

Більш детальну інформацію можна дізнатися, звернувшись у ТОВ «Фенікс Контакт»:
тел.: (044) 594-55-22,
факс: (044) 594-55-21,
www.phoenixcontact.com/uk-ua/



Новий стандарт промислового зв'язку

Компанія Phoenix Contact представляє компактні приладові та кабельні з'єднувачі для SPE

Технологія SPE (Single Pair Ethernet або Однопарний Ethernet) призначена для паралельної вискоєфективної передачі даних і живлення Ethernet за допомогою лише одного двожильного провідника через Power over Data Line (PoDL).

Детальніше:
ТОВ "Фенікс Контакт"

<https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/tekhnologiyi/single-pair-ethernet>



Що таке Modbus TCP/IP?

Декілька слів про протокол Modbus

ЩО ТАКЕ MODBUS TCP/IP?

Modbus TCP/IP (також Modbus-TCP) — це просто протокол Modbus RTU з інтерфейсом TCP, що працює в мережі Ethernet.

Структура обміну повідомленнями Modbus — це прикладний протокол, який визначає правила організації та інтерпретації даних незалежно від середовища передачі даних.

TCP/IP означає протокол керування передачею та інтернет-протокол, який забезпечує середовище передачі повідомлень Modbus TCP/IP.

Простіше кажучи, TCP/IP дозволяє обмінюватися блоками двоїчних даних між комп'ютерами. Це також всесвітній стандарт, який є основою для World Wide Web. Основна функція TCP — гарантувати, що всі пакети даних будуть отримані правильно, тоді як IP забезпечує правильну адресацію та маршрутизацію повідомлень. Зауважте, що комбінація TCP/IP є просто транспортним протоколом і не визначає, що означають дані або як дані повинні інтерпретуватися (це робота прикладного протоколу, в даному випадку Modbus).

Тож, підіб'ємо підсумки: Modbus TCP/IP використовує TCP/IP і Ethernet передачі даних структури повідомлень Modbus між сумісними пристроями. Тобто, Modbus TCP/IP об'єднує:

- фізичну мережу (Ethernet);
- мережний стандарт (TCP/IP);
- стандартний метод представлення даних (Modbus в якості прикладного протоколу).

По суті, повідомлення Modbus TCP/IP - це повідомлення Modbus, вкладене в оболонку Ethernet TCP/IP.

На практиці Modbus TCP вбудовує стандартний кадр даних Modbus в кадр TCP без контрольної суми Modbus.

стандартного кадру TCP, а потім відправляється через TCP в загальнодомий системний порт 502, який спеціально зарезервовані для програм Modbus. Клієнти та сервери Modbus TCP/IP слухають та отримують дані Modbus через порт 502.

Ми бачимо, що робота Modbus через Ethernet майже прозора для структури реєстрів/команд Modbus. Таким чином, якщо ви вже знайомі з роботою традиційного Modbus, то ви також вже знайомі з роботою Modbus TCP/IP.

IEEE 802.3 Ethernet — це давній протокол офісної мережі, який здобув загальне визнання у всьому світі. Це також відкритий стандарт, підтримуваний багатьма виробниками, а його інфраструктура широко доступна та встановлена. Відповідно, його набір протоколів TCP/IP використовують у всьому світі; він служить основою для доступу до всесвітнього павутиння. Оскільки багато пристроїв вже підтримують Ethernet, природно розширювати його для використання в промислових додатках.

Як і Ethernet, протокол прикладного рівня Modbus знаходиться у вільному доступі, доступний кожному користувачеві та широко підтримується багатьма виробниками промислового обладнання. Він також є простим для розуміння і є природним кандидатом для використання при створенні інших промислових стандартів зв'язку. Маючи багато спільного, поєднання прикладного протоколу Modbus з традиційною передачею IEEE 802.3 Ethernet утворює потужний стандарт промислового зв'язку Modbus TCP/IP. А оскільки Modbus TCP/IP має ті ж фізичний та каналний рівні, що й традиційний IEEE 802.3 Ethernet, і використовує той же набір протоколів TCP/IP, він залишається повністю сумісним із вже встановленою інфраструктурою Ethernet — кабелями, роз'ємами, інтерфейсними мережними картами, концентраторами та комутаторами.

МАТЕРИНЬСКА ПЛАТА AIMB-278

Компанія **Advantech** оголосила про випуск промислової материнської плати AIMB-278, яка забезпечує безпрецедентне збільшення продуктивності на 40% завдяки 16-ядерному процесору i9-12900E в порівнянні з рішеннями попереднього покоління. Завдяки гібридній архітектурі процесорів Intel® Core™ 12-го покоління, поєднання ядер з високою продуктивністю та ефективністю максимально підвищує однопоточне виконання та швидкість відгуку для інтенсивних обчислювальних навантажень, а також багатопоточні можливості для одночасного виконання фонових завдань. AIMB-278 підтримує DDR5 4800 МГц до 64 ГБ для підвищення ефективності обчислень у системах медичної візуалізації та випробувального обладнання для високошвидкісного цифрового проектування, що потребує підвищеної швидкості передачі даних та стабільності. Крім того, AIMB-278 оснащений надійним ставим розширенням PCIe x16 Gen 5 (32GT/s) для встановлення потужних карт GPU — включаючи серію NVIDIA RTX (наприклад, RTX A5000 з 27.8 TFLOPS). Це збільшує можливості підтримки ШІ та розширює можливості додатків глибокого навчання.

AIMB-278 використовує Ethernet 2.5GbE для швидкої передачі/завантаження даних, забезпечуючи стабільну потокову передачу відео високої роздільної здатності в режимі реального часу. Оснащений 6 портами USB 3.2 Gen 2 для підвищення ефективності передачі зі швидкістю до 10 Гбіт/с. Підтримує M.2 M-key з NVMe SSD, який забезпечує 25-кратне збільшення передачі даних у порівнянні з SATA для підвищення швидкості читання/запису, забезпечення автоматичної бездротової роботи та продовження терміну служби. Крім того, він підтримує M.2 E-key для забезпечення бездротової роботи в безлюдних/безпилних умовах.

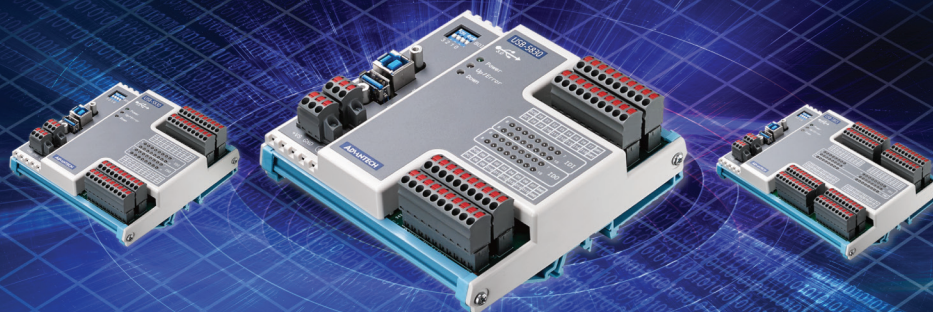
www.proxis.ua

НАВИЩО ПОЄДНУВАТИ MODBUS З ETHERNET?

Повний блок даних програми Modbus TCP/IP вбудовується в поле даних

Матеріал надано ПРОКСИС™
www.proxis.ua CN

Перші в індустрії супершвидкі USB 3.0 модулі цифрового вводу-виводу



Супершвидкий USB 3.0



Надійний дизайн



Гнучке розширення



Мінімум відмов



Легке обслуговування

Супершвидкі USB 3.0 цифрові модулі вводу-виводу для різних задач промислової автоматизації

Нова серія супершвидких USB 3.0 модулів цифрового вводу-виводу Advantech USB-5800 підходить для вирішення широкого кола задач в промисловій автоматизації, де потрібні легка установка, компактні розміри, та відсутні слоти розширення PCI/PCIe. USB 3.0 модулі вводу-виводу Advantech USB-5800 надають екстремальну швидкість передачі до 5 Гб/с, розширюють системні функції вводу-виводу та підтримують послідовне підключення для легкого нарощування системи.

ADVANTECH

Enabling an Intelligent Planet



Більше інформації

USB Modules

Search

Доступні моделі

	USB-5830	USB-5850	USB-5860	USB-5855	USB-5856	USB-5862
Модель						
Ізольовані цифрові вхідні канали	16	16	8	32	32	16
Ізольовані цифрові вихідні канали	16	–	–	–	32	–
Релейні вихідні канали PhotoMOS	–	8	–	16	–	–
Релейні вихідні канали	–	–	8	–	–	16

www.advantech.com

www.proxis.ua
sales@proxis.ua

Промислові комп'ютери та системи
+380 (44) 467-5977, 599-5977

ADVANTECH Industrial IoT

Channel Partner



ПРОКСИС

Технологія PoE: живлення мережних пристроїв через лінії передавання даних

Рішення компанії Analog Devices

Томас Бранд (Thomas Brand)

Переклад і доповнення: Володимир Рентюк

У системах автоматизації процесів необхідно контролювати і вимірювати важливі параметри, такі як температура, тиск, витрата рідин і матеріалів, вологість і багато інших. В епоху «Індустрії 4.0» для реалізації цієї потреби найбільш популярним стандартом зв'язку стає технологія організації локальних мереж Ethernet. Оскільки Ethernet є дротовим, а передавачам і датчикам зазвичай потрібне джерело живлення, постає питання: чому б не використати кабель Ethernet як для передачі даних, так і для живлення?

У статті описано, як пристрої Ethernet можуть використовувати кабель одночасно для передавання даних і для подачі живлення. Такі системи, що отримали назву Power over Ethernet (PoE), тобто живлення через Ethernet, широко поширені в промисловості та безсумнівно відіграватимуть важливу роль і надалі. Оригінал статті доступний за посиланням [1].

СТАНДАРТИ POE

Подача живлення через кабель Cat-5 (кабель категорії 5 — тип кабелю для передавання сигналів, що складається з чотирьох кручених пар, використовується в структурованих кабельних системах для комп'ютерних мереж) відбувається за технологією PoE і визначається розробленим 2003 року оригінальним стандартом IEEE 802.3af Power over Ethernet. Однак із часом стандарти PoE змінювалися для задоволення зростаючих потреб пристроїв, що вимагають живлення (PD). Якщо IEEE 802.3af забезпечував подачу електроживлення постійного струму потужністю до 13 Вт на кожний пристрій, то оновлений 2009 року стандарт IEEE 802.3at, також

відомий як PoE Plus (PoE+), забезпечує електричну потужність до 25.5 Вт. А стандарт IEEE 802.3bt, або PoE++ (чотирипарна система Power over Ethernet), з використанням всіх проводів наявного кабелю дає потужність живлення в діапазоні 70–100 Вт. Паралельно з цим стандартом PoE компанія Analog Devices Inc. (далі — ADI) запропонувала запатентований стандарт LTPoE++, що визначає специфікації для живлених кінцевих пристроїв із потужністю до 90 Вт (таблиця 1).

З прийняттям стандарту IEEE 802.3bt сьогодні існує дев'ять можливих класів потужності для чотирьох класів джерел

PSE. Для розпізнавання вимог і можливостей електроживлення між джерелами PSE і пристроями PD використовуються різні схеми встановлення зв'язку та узгодження.

Переваги LTPoE++ у тому, що це рішення від компанії ADI порівняно з порівнянними варіантами знижує технічну складність системи PoE. Можливості plug & play («вмикай і працюй»), простота реалізації та надійне джерело живлення — це одна особливість LTPoE++. Крім того, LTPoE++ сумісний, зокрема й зворотно, зі стандартними специфікаціями PoE від IEEE. Однак у будь-якому разі необхідно враховувати, що фактично використовується потужність дещо нижча за зазначену потужність PD через втрати в системі, а також через втрати в кабелі, як у разі PoE+ і PoE++.

КОМПОНЕНТИ POE

По суті, для живлення пристроїв через Ethernet-кабель необхідні два компоненти (рис. 1): пристрій, який здатний

Таблиця 1. Останні версії стандарту IEEE 802.3 PoE і варіант специфікації від Analog Devices

Стандарт PoE	Тип PoE	Вихідна потужність PSE, Вт	Потужність PD, Вт	Корисна потужність, Вт
PoE (IEEE 802.3af)	Тип 1	15.4	12.95	11.25
PoE+ (IEEE 802.3at)	Тип 2	30	25.5	22.15
PoE+ (IEEE 802.3bt)	Тип 3	60	51	44.3
PoE+ (IEEE 802.3bt)	Тип 4	90	71.3	61.94
LTPoE++ от ADI	LTPoE++		38.7	32.9
	LTPoE++		52.7	44.8
	LTPoE++		70	60.8
	LTPoE++		90	76.8

Примітки. PSE (Power Source Equipment) — обладнання для живлення; PD (Powered Device) — живлене обладнання.

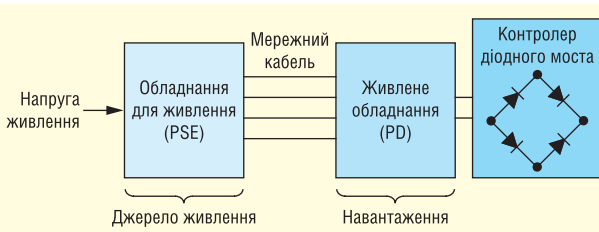


Рис. 1. Блок-схема, що показує основні компоненти системи PoE

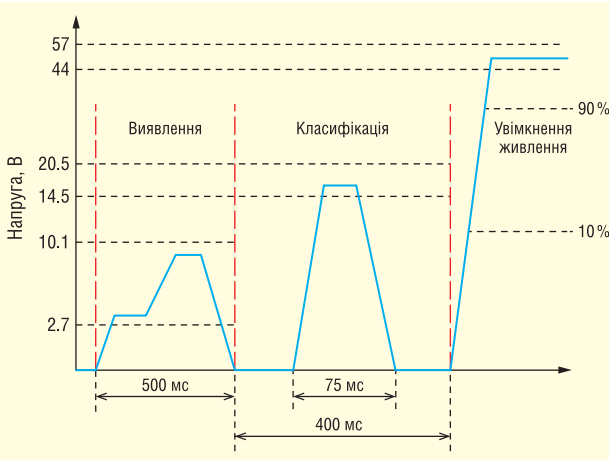


Рис. 2. Циклограма процедури подавання та вимкнення живлення за технологією PoE

пису. Цей алгоритм передбачає спочатку перевірку підпису через опори PD. Живлення на PD подається тільки в тому разі, якщо це значення відповідає вимозі стандарту PoE — 25 кОм (тип.). Якщо PSE виявляє PD, то починає процес класифікації, визначаючи вимоги до класу живлення під'єданого пристрою. Для цього PSE подає певну напругу і вимірює результуючий струм як відгук. PD призначається класу потужності на основі рівня струму класифікації. Повна напруга і струм будуть подані, тільки якщо весь алгоритм пройшов і отримано відповідний відгук. Щойно PD під'єднується до джерела живлення, він виконує завдання перетворення напруги PoE -48 В (тип.) у напругу живлення, яка підходить для кінцевих пристроїв. Для цих цілей у типових конструкціях PD використовується додатковий перетворювач постійного струму (контролер діодного моста). Його завдання полягає в тому, щоб відрегулювати або задовольнити вимоги до живлення компонентів, що поставляються PD. Найсучасніші мікросхеми для заданих класів малої потужності вже пропонують можливість інтеграції інтерфейсу та перетворювача постійного струму в один компонент, що значно спрощує реалізацію кінцевого рішення. Циклограму режиму ввімкнення наведено на рисунку 2.

Ще один важливий момент у тому, що оскільки PD на своїх входах Ethernet відповідно до специфікацій IEEE 802.3 PoE повинні приймати робочу напругу постійного струму будь-якої полярності, то перед входами PD потрібні два діодних мости. Таким чином, PD буде працювати з напругою зворотної полярності незалежно від використовуваної пари проводів.

отримати живлення з лінії (Powered Device, PD), і безпосередньо саме обладнання для живлення (Power Sourcing Equipment, PSE).

Завдання PSE полягає в тому, щоб доставляти енергію на джерело живлення, тоді як PD отримує живлення і використовує його, будучи навантаженням по відношенню до PSE. Для захисту несумісних пристроїв від пошкодження під час під'єднання пристрою PSE під час увімкнення живлення використовують і виконують алгоритм визначення або під-

РЕАЛІЗАЦІЯ PD СТАЛА ПРОСТІШОЮ

з впровадженням у виробництво компанією ADI контролера LT4276 [2] для розробників систем PoE з'явився комерційно доступний контролер PD, сумісний з LTPoE++, PoE+ і PoE, з уже вбудованим ізольованим імпульсним DC/DC-перетворювачем напруги з функцією його стабілізації. Контролер LT4276 може працювати в прямоходовій і

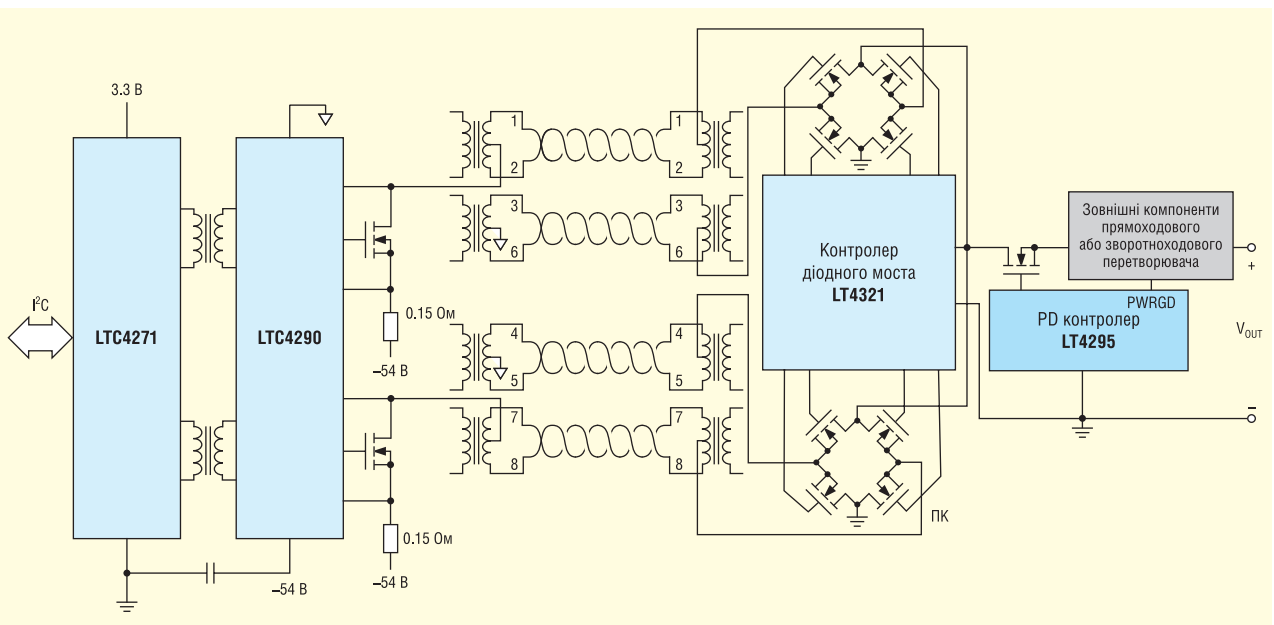


Рис. 3. Приклад практичної реалізації схеми PoE

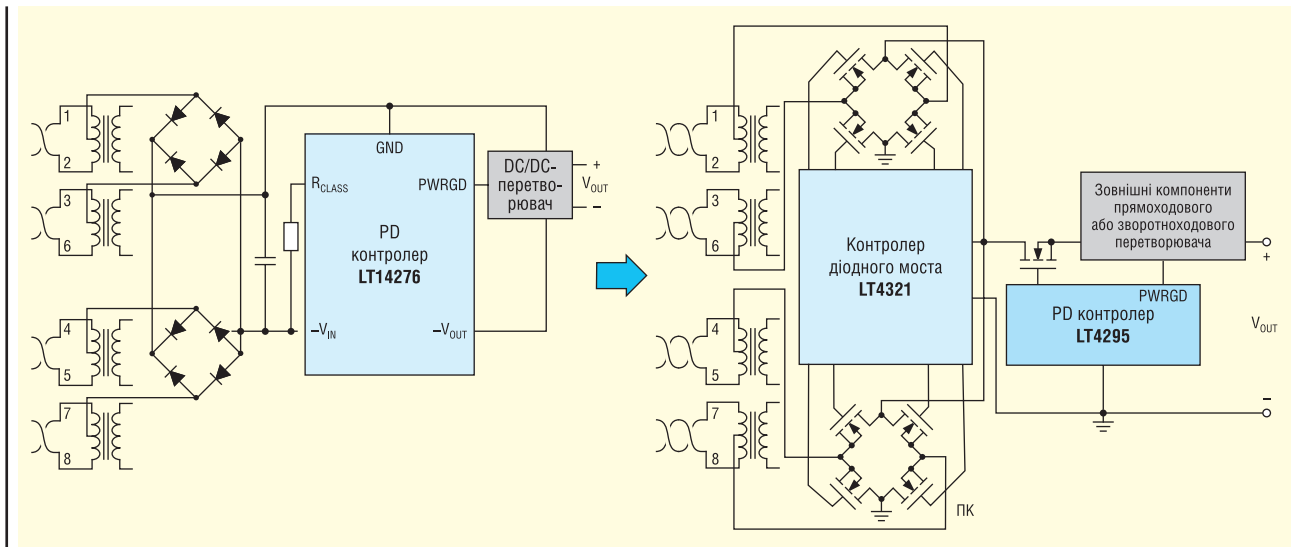


Рис. 4. Реалізація діодного випрямлення і керування через контролер діодного моста

зворотногоходовій архітектурі перетворення потужності, а також виконувати функцію керування синхронного випрямляча для класів потужності PoE в діапазоні 2–90 Вт. На відміну від звичайних контролерів PD нижчих класів потужності, які також мають вбудовані потужні польові МОН-транзистори, LT4276 пропонує можливість керування зовнішнім польовим МОН-транзистором. Завдяки цьому PD зменшує власні втрати та збільшує ефективність (у загальному випадку — ККД) своєї системи живлення.

Оскільки специфікації Ethernet IEEE 802.3 вимагають гальванічної ізоляції від заземлення корпусу пристрою, в якості PSE підходить набір мікросхем контролера PoE — LTC4290/LTC4271 [3, 4]. Мікросхема LTC4271 представляє цифровий інтерфейс із хостом PSE на неізольованому боці, тоді як LTC4290 пропонує інтерфейс Ethernet на ізольованому боці. Два компоненти з'єднані простим передавачем Ethernet. Завдяки надійній конструкції цього набору мікросхем у PSE можна уникнути встановлення додаткових компонентів для формування ізольованого джерела живлення (рис. 3).

Збільшення потужності та оптимізація ККД усієї системи PoE можуть бути досягнуті, якщо замінити два діоди мостового випрямляча на стороні PD ідеальними діодами. Тому тут використовуються МОН-транзистори, які управляються таким чином, що вони працюють як звичайні діоди. Завдяки цьому через низький опір каналу МОН-транзисторів RDS(ON) пряме падіння напруги на мосту може бути різко знижено. З контролером іде-

ального діодного моста LT4321 [5] у поєднанні з контролером LT4295 [6] у PD можна керувати чотирма польовими транзисторами в повній мостовій конфігурації (рис. 4).

За допомогою технології PoE пристрої Ethernet можуть отримувати живлення одночасно з фактичним передаванням даних через кабель RJ-45. Для полегшення імплементації цієї технології компанія Analog Devices розробила паралельно з традиційними стандартами PoE власний пропрієтарний стандарт LTPoE++, який підтримує потужність до 90 Вт і пропонує надійне комплексне PoE-рішення високої потужності, що може спростити блок живлення та загальну реалізацію системи.

Нове портфоліо Chronous — це портфоліо компанії ADI для інноваційних продуктів Industrial Ethernet (промисловий Ethernet), що пропонує комутатори Ethernet, пристрої фізичного рівня (PHY) і продукти для обробки протоколів у реальному часі, а також повністю готові продукти для мережного інтерфейсу.

Портфель Chronous було додатково розширено з випуском компанією ADI двох нових надійних пристроїв фізичного рівня — приймачів-передавачів мережі промислового Ethernet. Це ADIN1300 [7] з малими затримками та малим енергоспоживанням, що підтримує швидкості передавання даних 10, 100 Мбіт/с і 1 Гбіт/с, і ADIN1200 [8] з малим енергоспоживанням, що підтримує швидкості передавання даних 10 і 100 Мбіт/с.

Комбінуючи обидві нові мікросхеми з технологією PoE від компанії ADI і використовуючи портфель Chronous,

можна створювати найкращі у своєму класі рішення системного рівня як для живлення, так і для передавання даних.

Література:

1. Brand T. Power Over Ethernet — Supply of Ethernet Devices Via Data Lines. Analog Devices, Inc., 2020. www.analog.com/ru/technical-articles/power-over-ethernet-supply-of-ethernet-devices-via-data-lines.html#
2. LT4276 LTPoE++/PoE+/PoE PD Forward/Flyback Controller. www.analog.com/ru/products/lt4276.html
3. LTC4290 8-Port PoE/PoE+/LTPoE++ PSE Analog Controller. www.analog.com/ru/products/ltc4290.html#product-overview
4. LTC4271 PoE/PoE+/LTPoE++ PSE Digital Controller. www.analog.com/ru/products/ltc4271.html
5. LT4321 PoE Ideal Diode Bridge Controller. www.analog.com/ru/products/lt4321.html
6. LT4295 IEEE 802.3bt PD Interface with Forward/Flyback Controller. www.analog.com/ru/products/lt4295.html#product-overview
7. ADIN1300 PHY — приймач-передавач мережі промислового Ethernet з малими затримками та малим енергоспоживанням, що підтримує швидкості передавання даних 10 Мбіт/с, 100 Мбіт/с і 1 Гбіт/с. www.analog.com/ru/products/adin1300.html
8. ADIN1200 PHY-приймач-передавач мережі промислового Ethernet з малим енергоспоживанням, що підтримує швидкості передавання даних 10 Мбіт/с і 100 Мбіт/с. www.analog.com/ru/products/adin1200.html



Розвиток однопарного Ethernet

Райнер Шмідт (Rainer Schmidt)

Однопарний Ethernet (Single Pair Ethernet, SPE) було розроблено з єдиною метою — закрити прогалину в галузі TCP/IP-орієнтованих мереж, яка утворилася в результаті переходу від традиційної IT-інфраструктури до мереж датчиків і виконавчих пристроїв. Зараз він стає рушійною силою IoT і IIoT. У статті буде розглянуто, у яких сферах ця технологія з'єднання найбільш затребувана, і доведена неспроможність кількох хибних домислів, що стосуються SPE, — зокрема буде надано відповідь на запитання, чи повинен з'єднувач SPE бути зворотносумісним з RJ45.

СФЕРИ РЕАЛІЗАЦІЇ SPE

Поява SPE стала простою відповіддю на запитання, якими мають бути майбутні рішення для автоматизації, щоб можна було забезпечити їхню успішну комерційну реалізацію. Особливо актуальне це питання в трьох сферах: автомобілебудуванні, промисловій автоматизації та автоматизації будівель. У всіх цих сферах необхідний безперешкодний доступ до мереж датчиків і виконавчих пристроїв, щоб зробити наступний крок у розвитку автоматизованих рішень. Такий доступ є обов'язковою умовою для реалізації систем автономного водіння, безперервного виробничого процесу на промислових підприємствах за стандартами «Індустрія 4.0» та інтелектуальних будівель.

Саме ці запити стимулюють розвиток SPE. Спрощення кабельних з'єднань і зменшення розміру з'єднувачів стали додатковими перевагами цієї технології.

Які SPE-рішення необхідні в кожній із цих трьох сфер?

Що стосується транспортних засобів, у них реалізація SPE має бути простою, швидкою і водночас стійкою до екстремальних умов експлуатації. Автомобілебудівні компанії прагнуть забезпечити просте управління всіма значущими компонентами за допомогою SPE. Використовувати для цього кабелі, як правило, не мають екранування і вимагають спеціальних технологій з'єднання — тих, що характеризуються простотою конструкції, що поєднує переваги вилкових роз'ємів і клемних блоків, які можуть об'єднуватися

в дуже компактні вузли. Перші серійні моделі автомобілів із застосуванням SPE вже доступні. У найближчі десять років ця технологія стане стандартною і повністю замінить, наприклад, наявні рішення з шиною CAN.

У сфері промислової автоматизації загалом ситуація схожа: рішення повинні забезпечувати роботу в широких діапазонах температури, бути стійкими до ударів і вібрації, а також мати захист IPx від впливу пилу і вологи. Однак у промисловому секторі здебільшого застосовують екрановані кабелі, які гарантують високу заводостійкість і електромагнітну сумісність. Таким чином, ключовими характеристиками виконань вилкових з'єднувачів SPE для промислового застосування є міцність і застосування екранованих компонентів зі ступенем захисту від IP20 до IP65/67 у стандартних кожухах M12 і M8.

Що характерно для технології SPE в галузі будівельної автоматизації? Це цікаве питання, оскільки розробникам систем автоматизації будівель, наприклад рішень KNX, LON, EchoNet, TRON тощо, ще тільки належить вирішити, як і в якому масштабі в цих системах буде використовуватися технологія SPE. Ця сфера не зможе обійтися без SPE, але очевидно, що розвиток цієї технології знаменує серйозні зміни в довгостроковій перспективі — наприклад, для систем, повністю реалізованих на основі технології Ethernet. Якщо говорити про кабельні з'єднання, то тут можуть застосовуватися як неекрановані, так і екрановані рішення, які зазвичай вста-

новлюють усередині приміщень, а отже, до їхньої міцності не висувають таких високих вимог, як у промисловій сфері. Для обслуговування і тестування можуть застосовуватися з'єднувачі RJ45. Альтернативним рішенням є використання клемних блоків із гвинтовими або обтискними контактами для з'єднання.

УНІФІКАЦІЯ

При впровадженні SPE в названих сферах наявні з'єднувачі RJ45 ніякого впливу на цей процес не мають, враховувати будь-які особливості необхідності немає.

Домисли про зворотну сумісність технології SPE і кабельних з'єднань RJ45 допускаються, але вони не мають практичного значення. У них різні сфери застосування. Отже, припущення про те, що з'єднувач SPE має бути зворотносумісним з RJ45, необґрунтоване.

Існує ще один міф — уніфікованого рішення SPE немає і ніколи не буде. Звісно, у кожній сфері застосування є власний набір спеціальних вимог, тож з'єднувачі SPE завжди розроблятимуться в різних виконаннях. Універсального з'єднувача для всіх сфер дійсно не буде.

У перспективі будуть доступні три варіанти з'єднувачів SPE:

- для транспортних засобів (можливо, кілька виконань різних виробників);
- для промислового застосування;
- для систем автоматизації будівель.

Не будемо зупинятися на галузі автомобілебудування, але розглянемо докладніше промислову та будівельну сфери, для того щоб зрозуміти, чому «виробники з'єднувачів» не можуть домовитися і створити уніфіковані з'єднувачі.

Для кращого розуміння слід уточнити: «виробники з'єднувачів» — це не одна організація зі спільною метою, це компанії, що конкурують на ринку, де остаточне рішення ухвалюють споживачі (якому продукту вони надають перевагу над рештою і використовують, а який продукт їм не потрібен). Можливість вибору для споживачів дуже важлива.

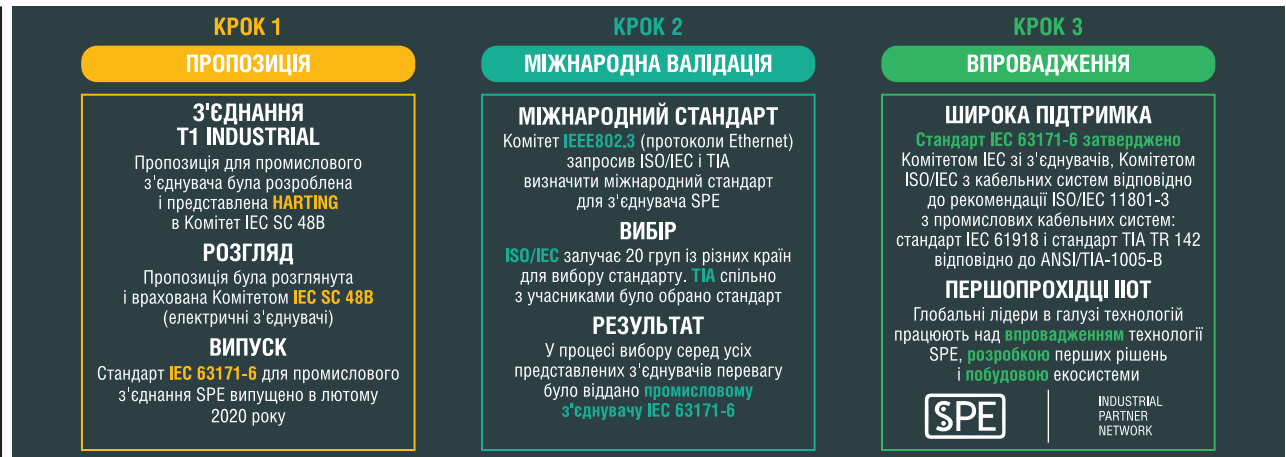


Рис. 1. Розробка IEC 63171-6 — універсального стандарту для однопарного Ethernet

Необхідність «узгодження» також можна розцінювати як умову лідерства будь-якої конкретної компанії в галузі технологій. Це обґрунтовано.

Зараз ініціатива з розвитку SPE для промислового застосування та автоматизації будівель перебуває в руках двох лідерів.

Вимоги для цих двох сфер застосування регламентує серія стандартів ISO/IEC 11801 — принаймні щодо кабелів або, якщо говорити точніше, щодо під'єднання нових кабелів SPE і структурованих кабелів у будівлі. Стандарт ISO/IEC 11801-3 призначений для промислової сфери, а стандарт ISO/IEC 11801-6 — для сфери автоматизації будівель.

Комітет IEEE802.3 зі стандартизації Ethernet запросив у робочих груп ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 (стандартизація кабелів і розробка документації для стандарту 11801) рекомендації для з'єднувача SPE, які згодом стали основою для відбору стандарту на початку 2018 р.

SC 25/WG 3 було визначено набір вимог. Одна з них передбачала гарантію для виробників/заявників, що в разі вибору стандарту для відповідного з'єднувача буде забезпечено сумісність зі стандартними компонентами та відсутність запатентованих виконань.

У виборі стандарту SPE взяли участь різні виробники, які активно працюють у сфері міжнародної стандартизації. Деякі з них представили свої концепції і запропонували ноу-хау для обговорення. Всі ці концепції з'єднувачів SPE були винесені на голосування.

Голосування з використанням міжнародних бюлетенів відбулося відповідно до правил ISO/IEC. У ньому взяли участь національні комітети (NC) з 25 країн світу. У кожній країні було право на один голос.

У результаті в червні 2018 р. абсолютну більшість голосів набрали промислові з'єднувач SPE, що відповідає стандарту IEC 63171-6 (концепція HARTING, рис. 1 і 2), а також з'єднувач, який відповідає стандарту IEC 63171-1 (концепція CommScore), для застосування в будівлях.

Таким чином, припущення про те, що виробники з'єднувачів не можуть домовитися і вибрати уніфікований з'єднувач SPE, теж невірне, стандарти вже є.

Визначення Комітетом ISO/EIC уніфікованих з'єднувачів SPE стало важливим етапом для подальшої роботи в галузі стандартів для кабельних з'єднань. Рішення щодо з'єднувача SPE було включено до відповідної документації ISO/IEC, TIA і IEEE.

Гарна новина для всіх користувачів: стандартизований з'єднувач SPE для промислового застосування (IEC63171-6) буде враховуватися у всіх застосованих стандартах для кабелів і стане обов'язковим для розгляду. Детальна інформація про це наведена в стандартах:

- ISO/IEC 11801-3 AMD-1 «Інформаційні технології — загальні кабельні системи для приміщень (структуровані кабельні з'єднання). Частина 3: промисловість, AMD-1: SPE».
- ANSI/TIA-1005-B «Стандарт для телекомунікаційної інфраструктури для промислових приміщень — кабельні з'єднання SPE».
- IEC 61918, видання 4.0 «AMD-1: промислові комунікаційні мережі — встановлення комунікаційних мереж у промислових приміщеннях, AMD-1 SPE».

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ

Ще однією темою для дискусій став взаємозв'язок SPE та автоматизації процесів. Наскільки вони впливають на розвиток один одного?

Автоматизація процесів посідає особливе місце в широкому спектрі рішень для промислової автоматизації. У цій галузі передбачено набір спеціальних вимог для рішень у нафтогазовій, хімічній, фармацевтичній, гірничодобувній, харчовій галузях промисловості, водогосподарській діяльності, у виробництві будівельних матеріалів і скла тощо.

Цей набір вимог включає передачу даних на великі відстані (IEEE802.3cg), що впливає на поперечний переріз мідних кабелів AWG16 і AWG 18, а на додаток до стандартних з'єднувачів для SPE можуть застосовуватися з'єднувачі блоку.



Рис. 2. SPE-рішення HARTING

Організація SPE Industrial Partner Network e.V., штаб-квартира якої розташована в м. Раден (Німеччина), є співтовариством рівноправних компаній-учасників, що працюють над впровадженням технології однопарного Ethernet з метою успішного розвитку IIoT. Учасники спільноти готові відповісти на будь-які запитання майбутніх користувачів, зацікавлених у розгортанні мереж і впровадженні пристроїв SPE. Ми надаємо рекомендації щодо реалізації перспективних рішень IIoT і є центральною платформою для отримання інформації та обміну знаннями і досвідом.



Крім того, велике значення має вибухобезпечне виконання відповідно до IEC/EN 60079-0 і IEC/EN 60079-7. Технологія з'єднання повинна забезпечувати дотримання вимог до іскробезпеки.

Також автоматизація процесів передбачає особливі рішення для дистанційного передавання електроживлення. Наприклад, рішення на основі SPE в цій галузі повинні забезпечувати експлуата-

цію комутаторів SPE на вибухозахищених ділянках. Відповідно, висуваються більш суворі вимоги до продуктивності, які не можуть бути повністю дотримані за рахунок застосування PoDL (PoE для SPE).

Зараз питання полягає в тому, які комерційні вимоги необхідно врахувати для розвитку технологій IIoT і SPE у сфері автоматизації процесів. І тут можна зробити сміливу заяву: це практично неважливо. У спектрі рішень для промислової автоматизації на автоматизації процесів припадає менше 10%. А частка спеціалізованих сфер застосування, що вимагають вибухобезпечного виконання, становить менше 1%.

Таким чином, припущення про те, що автоматизація процесів визначає розвиток SPE, спростовано. Отже, у статті нам вдалося розв'язати кілька міфів і дійти таких висновків:

- Технологія SPE і з'єднувачі SPE не мають жодного стосунку до RJ45.
- У процесі стандартизації з безлічі концепцій різних виробників був обраний один з'єднувач для промислового застосування SPE — IEC 63171-6.
- Автоматизація процесів не визначає розвиток SPE. Це особлива категорія.

CN

ТЕ, ЩО ОБ'ЄДНУЄ



- Силові кабелі від 0,6 до 30 кВ
- Гнучкі контрольні кабелі
- Системні кабелі та кабельні збірки
- Термостійкі і компенсаційні кабелі
- Коаксіальні кабелі
- Інструментальні кабелі
- Плоскі кабелі та шлейфи
- Оптиковолоконні кабелі
- Патчкорди і пігтейли
- Монтажні дроти
- Клеми і роз'єми
- Силові індустріальні з'єднувачі
- Інтерфейсні з'єднувачі
- Комутаційні пристрої та з'єднувальні технології
- Інструмент та обладнання
- Аксесуари
- Системи захисту і монтажу кабелю

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЩА -
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО



Київ (044) 201-0202

info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

У чому різниця між Ethernet і промисловим Ethernet

Про Ethernet і особливо промисловий Ethernet стали все частіше говорити в різних галузях виробництва. Хоча їхні назви схожі, вони мають різні характеристики та переваги. У цій статті ми розглянемо, що являє собою Ethernet і промисловий Ethernet і чим вони відрізняються.

ЩО ТАКЕ ETHERNET

Ethernet було розроблено в 1970-х роках і пізніше стандартизовано як IEEE 802.3. Він являє собою набір елементів локальної мережі (LAN), описаних у стандартах IEEE 802.3 — групі стандартів IEEE, у яких визначають фізичний і каналний рівні взаємодії в дротовій мережі Ethernet [1]. Ці стандарти також описують правила конфігурації мережі Ethernet і взаємодію елементів мережі один з одним [2].

Ethernet дозволяє з'єднувати комп'ютери всередині однієї мережі — без нього зв'язок між пристроями в сучасному світі був би неможливим. Ethernet став загальноновизнаним стандартом дротових і кабельних систем, що об'єднують кілька комп'ютерів, пристроїв, машин у межах однієї мережі організації, щоб усі комп'ютери могли обмінюватися даними один з одним. Спочатку під час реалізації Ethernet використовували один кабель, що давав змогу під'єднувати кілька пристроїв до однієї мережі, але сьогодні мережі Ethernet можна розширювати, додаючи нові пристрої в міру необхідності. Наразі Ethernet є найпопулярнішою і найбільш широко використовуваною мережною технологією у світі [3].

ПРИНЦИП РОБОТИ ETHERNET

Під час використання Ethernet потік даних розділяється на короткі частини, або фрейми, кожен з яких містить додаткову інформацію про джерело та приймач даних. Така структура необхідна для того, щоб мережа коректно приймала і відправляла дані.

Серед важливих понять, пов'язаних із технологією Ethernet:

- середовище передавання даних, яке в рамках сучасного Ethernet являє собою кручену пару або оптоволоконний кабель, до якого підключаються Ethernet-пристрої для створення маршруту передавання даних;
- сегмент — загальне середовище передавання даних;
- вузли — пристрої, які підключаються до сегментів.

Стандартні мережі Ethernet можуть передавати дані зі швидкістю 10–100 Мбіт/с. Існує і гігабітний Ethernet (Gigabit Ethernet) — цей термін використовується в стандарті IEEE 802.3 для опису мереж, здатних передавати дані зі швидкістю 1 Гбіт/с. Спочатку такий Ethernet використовували для передавання даних магістральними мережами і для високонавантажених серверів, проте з часом його почали застосовувати для підключення звичайних персональних комп'ютерів.

ПРОМИСЛОВИЙ ETHERNET

Промисловий Ethernet, як випливає з назви, застосовують для під'єднання промислового обладнання: коли потрібні надійніші роз'єми, кабелі та, що найважливіше, високий рівень детермінізму. Для досягнення високого

Ethernet не слід плутати з Wi-Fi. Як пояснюється в журналі PC Magazine, у мережах Ethernet для під'єднання комп'ютерів і пристроїв використовуються кабелі [4]. Практично завжди, коли розмова заходить про мережне підключення, маєтсь на увазі використання Ethernet.

рівня детермінізму в промислому Ethernet, крім стандартного протоколу Ethernet, використовуються спеціалізовані протоколи. Найпопулярнішими з них є PROFINET, EtherNet/IP, EtherCAT, SERCOS III і POWERLINK.

Швидкість промислового Ethernet може варіюватися в межах 10 Мбіт/с – 1 Гбіт/с [5]. Найчастіше використовується промисловий Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с.

ПРИНЦИП РОБОТИ ПРОМИСЛОВОГО ETHERNET

Протоколи промислового Ethernet, як-от PROFINET і EtherCAT, вносять зміни в стандартний протокол Ethernet, щоб не тільки забезпечити надійність надсилання та приймання даних технологічних процесів, а й гарантувати, що ці дані буде відправлено та прийнято саме тоді, коли вони будуть необхідними для виконання певних операцій. Наприклад, на заводі з розливу напоїв у пляшки, де застосовують технології автоматизації на основі промислового Ethernet, дані процесу розливу надсилають мережею, щоб пляшки наповнювалися правильно (рис. 1). Як пише видання Real Time

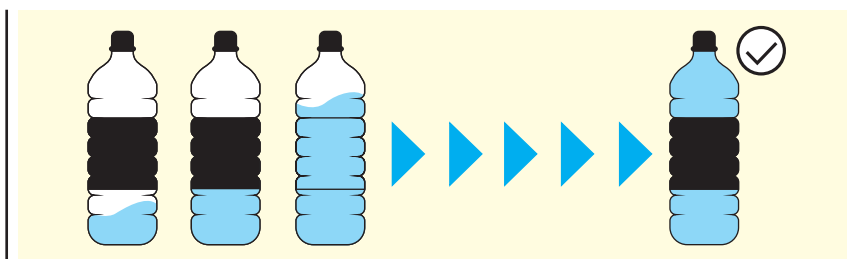
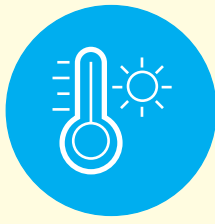
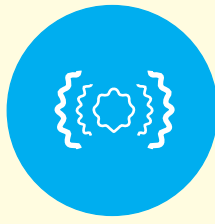


Рис. 1. Правильність наповнення пляшок гарантована детермінованими за часом відправленням та отриманням даних технологічного процесу

Умови, за яких працюють мережі промислового Ethernet



Температури



Вібрації



Шуми

Рис. 2. Фактори, які необхідно врахувати при виборі Ethernet для промислового підприємства

Automation [6], коли пляшка заповнюється рідиною, мережею відправляється команда зупинки наповнення.

Як ідеться в цьому джерелі, подібні повідомлення не відіграватимуть настільки ж важливу роль в офісній мережі. Якщо веб-сторінка не завантажиться, то користувач просто натисне кнопку оновлення сторінки. Але на промисловому підприємстві навіть невелика проблема може призвести до катастрофи — у компанії просто немає ресурсів на те, щоб хтось вчасно помітив помилку і вручну натиснув на кнопку. Однак автоматика на основі мережі промислового Ethernet може виявити помилку в процесі розливу і самостійно зупинити процес, тим самим запобігти втраті часу, грошей і псуванню продукції.

ІНШІ ВІДМІННОСТІ МІЖ ETHERNET І ПРОМИСЛОВИМ ETHERNET

За словами Real Time Automation, стандартний Ethernet більше підходить для офісних застосувань, ніж для використання в промисловості. Він призначений для повсякденного використання, тоді як промисловий Ethernet передбачає різні рівні та може застосовуватися в складніших умовах експлуатації (рис. 2) — зокрема в зашумлених виробничих приміщеннях. При цьому він навіть здатний визначити втрату даних на виробництві.

Кабелі та роз'єми, що застосовуються в мережах промислового Ethernet, також мають певні відмінності від стандартних. Наприклад, роз'єми, що використовуються в промисловості, як пише Real Time Automation, не матимуть стандартних засувок (защіпок). Оскільки такі роз'єми застосовуються в агресивних промислових середовищах, їм необхідні більш надійні механізми фіксації. В обладнанні, що використовується у важких умовах експлуатації, як правило, застосовують герметичні роз'єми.

Структура кабелів комерційного або офісного Ethernet також може відрізнятися від структури кабелів промислового Ethernet. Оболонка низькошвидкісних промислових кабелів може бути більш високої якості. Звісно, і оболонка кабелів з високою пропускнуною спроможністю, і метал, що використовується в них, мають ще вищу якість, що значно підвищує надійність цих кабелів.

Детермінізм (гарантована фіксована затримка) є ще одним важливим фактором, що відрізняє промисловий Ethernet від стандартного. Ethernet сам по собі не є детермінованим [7], але для застосування мереж у промислових середовищах детермінізм необхідний. На промисловому підприємстві пакети даних повинні відправлятися і прийматися в певний час і при цьому потрібна гарантія того, що пакети будуть доставлені незважаючи ні на що. Це пов'язано з тим, що втрата даних або затримка в передачі даних між обладнанням у промислових умовах може призвести до серйозного збою в технологічному процесі. Така передача інформації в режимі реального часу ча-

сто є основним вирішальним фактором при виборі Ethernet-рішення. При цьому компанія повинна оцінити свої потреби і визначити, яке Ethernet-рішення краще підійде для задоволення вимог.

Література:

1. ANSI/IEE 802.3-2002 — IEEE Standard for IT — Telecommunications and Information Exchange Between Systems — LAN/MAN — Specific Requirements — Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications — Maintenance Revision #6. IEEE, 2002. <https://standards.ieee.org/ieee/802.3/3259/>
2. Ethernet Tutorial — Part 1: Networking Basics. Lantronix. www.lantronix.com/resources/networking-tutorials/ethernet-tutorial-networking-basics
3. Pidgeon N. How Ethernet Works. HowStuff Works, April 2000. <https://computer.howstuffworks.com/ethernet3.html>
4. Definition of Ethernet. PC Magazine. www.pcmag.com/encyclopedia/term/42781/ethernet
5. Everything About Industrial Ethernet. Hirschmann. www.hirschmann.com/en/Hirschmann_Produkte/Industrial_Ethernet/everything-about-industrial-ethernet/index.phtml
6. What Is Industrial Ethernet. Real Time Automation. <http://www.rtautomation.com/industrial-library/what-is-industrial-ethernet/>
7. Understanding Ethernet Speed and Determinism. Automation World, November, 2011. www.automationworld.com/products/networks/article/13305762/understanding-ethernet-speed-and-determinism

СН

«ВОДЯНІ» АНАЛОГИ ТРАНЗИСТОРІВ

Група інженерів з Німеччини розробила засновані на воді електронні ключі, свого роду аналоги транзисторів, які працюють набагато швидше за традиційні транзистори з напівпровідникових матеріалів. Дослідники з Рурського університету Бохум розробили принципово новий вид електронної схеми, здатної перемикатися набагато швидше за свої напівпровідникові аналоги. І найдивовижнішим моментом є те, що основою цієї схеми є звичайна вода з розчиненими в ній солями, що містять йод. Спеціальна форсунка формує з такої води потік, товщиною всього кілька мікронів. Потім цей потік води піддається впливу потужного, але короткого імпульсу лазерного світла. Це світло вибиває електрони з іонів розчинених у воді солей, що підвищує електропровідність. За допомогою другого променя лазерного світла можна отримати підтвердження того, що цей «водяний» транзистор переключився в потрібний стан, який визначається параметрами першого імпульсу.

Оскільки лазерні імпульси можуть слідувати з дуже великою частотою, то потік води також дуже швидко може перемикатися з одного стану в інший. Звичайно, «водяні» транзистори є зараз суто експериментальною річчю. Але, цілком імовірно, що в далекому або не дуже далекому майбутньому на світ можуть з'явитися складні високошвидкісні «водяні» схеми, що працюють за подібними принципами.

<https://newatlas.com/>

Стандартизація однопарного Ethernet: з'єднувач SPE від HARTING

Йонас Дікманн (Jonas Diekmann)

Після багаторівневого відбору з'єднувача SPE (англ. Single Pair Ethernet — однопарний Ethernet) міжнародні комітети зі стандартизації віддали перевагу виробу від HARTING Technology Group. Цей крок дасть змогу розробникам упевненіше створювати нове обладнання та технології для датчиків або виконавчих пристроїв, а також негайно приступити до реалізації SPE у відповідному апаратному забезпеченні. Таким чином, тепер стала можлива комплексна інтеграція на базі IP: від датчика до хмари.

Однопарний Ethernet підтримує розвиток таких концепцій, як IIoT та «Індустрія 4.0», відкриває користувачам нові сфери застосування різноманітних пристроїв і є виправданим доповненням до вже наявних чотирипарних систем. При підключенні до хмари SPE може слугувати важливою технологічною основою подальших розробок.

Однопарний Ethernet — це технологія, яка дає змогу використовувати для передавання даних і електроживлення тільки одну пару дротів. Ця технологія, що спочатку розроблялася для автомобілебудування, набуває дедалі більшого значення у сфері автоматизації завдяки простоті та зменшенню ваги, більшій компактності та скороченню часу монтажу. Також вона є перспективною для застосування в залізничному транспорті. За рахунок IP-взаємодії SPE дає змогу використовувати цифрові технології і на найнижчому, польовому рівні. Оснащення простих датчиків або камер, зчитувачів, пристроїв ідентифікації та інших інтерфей-

сами Ethernet сприяє впровадженню концепції «Індустрії 4.0» і IIoT.

ПОВНА СУМІСНІСТЬ

Повна сумісність пристроїв, кабелів і з'єднувачів є попередньою вимогою для широкого використання і, відповідно, успішного комерційного поширення технології SPE. Міжнародні організації зі стандартизації обрали два типи з'єднувачів:

- Для дротових з'єднань — з'єднувальний компонент, що відповідає IEC 63171-1. З'єднувач заснований на концепції, запропонованій CommScore, також називається «Варіант 1 (LC-типу) для середовища $M_1I_1C_1E_1$ ».
- Для промислового і біляпромислового застосування — з'єднувальний компонент, що відповідає вимогам IEC63171-6. З'єднувач заснований на концепції, запропонованій HARTING, і розроблений для застосування

в умовах $M_3I_3C_3E_3$, інша назва — «Варіант 2 (промислового типу)».

На основі стандартизованого SPE-з'єднувача (рис. 1, 2) HARTING розробляє повний асортимент продукції для промисловості. Прототипи цього роз'єму було представлено не так давно на одній із виставок спільно з двома іншими з'єднувачами — ix Industrial і M8 D-кодування.

Існуюча на даний момент технологія однопарного Ethernet, відповідна IEEE 802.3bp 1000Base-T1, дає змогу передавати дані зі швидкістю 1 Гбіт/с однією парою мідних дротів. Одночасно можна жити пристрої (дистанційно) за допомогою IEEE 802.3bu «Живлення через Ethernet» — воно ж PoDL, тобто «Живлення через лінію даних». Однак вимоги «Індустрії 4.0» або IIoT цим не обмежуються. Розробка простої, надійної та ефективної промислової комунікації майбутнього неможлива без послідовного об'єднання всіх учасників в одну комплексну мережу від хмари до датчика за допомогою служб Ethernet на базі IP. У цьому разі в однопарного Ethernet є вирішальна перевага перед шинними системами або струмовими інтерфейсами.

З 1990-х рр. у промисловості застосовують універсальні кабельні рішення на основі симетричних кручених пар і скловолокна. У випадку з крученими парами спочатку використовували двопарний кабель: перша пара слугувала для передавання, друга — для приймання (100Base-TX) даних. За таким принципом, що обмежує швидкість передавання до 100 Мбіт/с, як і раніше, працює більша частина промислової техніки й автоматики — як правило, у цьому разі застосовують кабель зіркового скручування. Для підвищення швидкості передачі від 1 Гбіт/с до 10 Гбіт/с було розроблено метод передачі через чотири симетричні пари в комплекті з восьмиконтактними роз'є-

MICE описує умови експлуатації установок і містить цінні відомості для проєктувальників і користувачів про технічні характеристики обладнання та кабельних з'єднань. Він включає вимоги до механічної стійкості (M), класу захисту IPxx (I), хімічної та кліматичної стійкості (C) та електромагнітної безпеки (E). Наприклад, варіант M111C1E1 відображає умови, типові для офісної будівлі, а M3I3C3E3 означає екстремальні умови, що трапляються в промисловості або на відкритому повітрі.

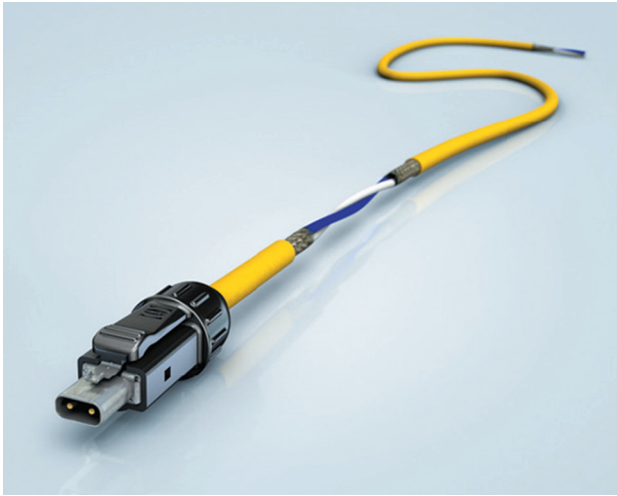


Рис. 1. SPE-з'єднувач від HARTING



Рис. 2. Стандартизація SPE-з'єднувача дасть змогу зробити важливий крок до мережної комплексної інтеграції на базі IP — від датчика до хмари

мами. Таким чином, метод збільшення пар для підвищення швидкості передачі через Ethernet обмежує можливості технічного розвитку.

КЛЮЧОВІ ТЕНДЕНЦІЇ В ПРОМИСЛОВІСТІ

Розвитку комунікаційних технологій і відповідних з'єднувальних пристроїв здебільшого задають напрямом такі тенденції, як IIoT, «Індустрія 4.0» і хмарне середовище. У результаті виникають нові вимоги до технологій зв'язку та підпорядкованої їм інфраструктури мережі, які мають високу доступність, короткий час звернення (навіть до розділених даних) і високу швидкість передачі даних. Також необхідно забезпечити безпеку передавання великих обсягів даних у різних середовищах, зокрема з використанням детермінізму, — для організації передавання відомостей у реальному часі або, іншими словами, гарантованого передавання даних у певний час.

Ще одна тенденція в галузі мережних технологій і кабельних з'єднань — це поширення протоколу Ethernet у нових сферах застосування. До таких сфер належить автоматизація, особливо на рівні датчиків і виконавчих механізмів. Крім того, дедалі більшу кількість транспортних засобів обладнують Ethernet, серед них поїзди, трамваї, автобуси, літаки і судна,

зокрема цілі флотилії. Навіть у випадках, коли системи автоматизації ґрунтуються на 100-мегабітному Ethernet (100BASE-TX), з'являється все більший інтерес до рішень на базі однопарного Ethernet — наприклад, для управління процесами.

НОРМАТИВНА ДІЯЛЬНІСТЬ

Нормативна діяльність за IEEE 802.3 спрямована на вироблення протоколу передачі Ethernet і мінімальних вимог до нього. Документація ICO/МЕК CTK1, SC25, WG3 містить нормативні вимоги до кабелів, які ґрунтуються на стандартах, що відносяться до компонентів для кабелю та з'єднувачів, які розробляють у комітетах зі стандартизації IEC. У межах введення SPE вже опубліковано кілька стандартів. Стандарт IEEE 802.3br 1000 BASE-T1 «Характеристики фізичного рівня і параметри керування для передавання зі швидкістю 1 Гбіт/с збалансованою крученою мідною парою» визначає параметри передавання для однопарного Ethernet через неекрановану кручену пару на відстань 15 м (тип А) і на 40 м екранованою крученою парою (тип В). Обидва канали розраховані на діапазон до 600 МГц, можуть включати до чотирьох роз'ємів і гарантують швидкість передачі 1 Гбіт/с. Також опубліковано стандарт IEEE 802.3bu «Характеристики фізичного рівня і параметри керування для передавання електрики за допомогою мережі Ethernet на базі витой пари і технології PoDL (Power over Data Lines)». Цей стандарт, за аналогією з PoE (живлення через Ethernet), регулює паралельне подання енергії до 50 Вт через однопарний Ethernet.

Комітети ICO/МЕК CTK1, SC25, WG3 наразі ведуть роботи і різні проекти з реалізації технологічних результатів IEEE 802.3 у структурованих кабельних системах. Крім того, розробляється технічний звіт «ТО ICO/МЕК 11801-9906 «Однопарні канали до 600 МГц», який описує однопарні екрановані канали передачі. Область застосування таких каналів — так звані неавтомобільні сфери, а також «Індустрія 4.0», IIoT та інтелектуальне освітлення на основі IEEE 802.3br. Ці канали зв'язку забезпечать двонаправлену передачу даних на швидкості 1 Гбіт/с за умови застосування симетричної пари на відстані 40 м з одночасним електропостачанням терміналів.

Канали передачі, як правило, складаються з 36-метрової постійної лінії і максимум чотирьох роз'ємів з двома парами 2-метрових комутаційних шнурів. У рамках реструктуризації та актуалізації ICO/МЕК 11801 також вирішується, в яких конкретних сферах застосування включення однопарних екранованих симетричних кабелів є найбільш технічно та економічно доцільним.

На перший погляд, найочевидніша мета в цій галузі — ICO/МЕК 11801-3 (промислове застосування) та ICO/МЕК 11801-6 (АСУЗ). Технічні вимоги до кабельних трас одночасно містять вимоги до компонентів кабелю і роз'ємів. Зокрема, так йдуть справи з кабелем у комітеті зі стандартизації MEK SC46C і з роз'ємами в комітеті MEK SC48B.

Зважаючи на сферу застосування і продуктивність однопарних кабелів, також проводиться стандартизація дво-контактних з'єднувачів з найвищим рівнем частот мінімум 600 МГц, що дасть змогу встановити вимоги до торця з'єднувача. Стандартизація торців з'єднувачів гарантує повну сумісність роз'ємів і, отже, обладнання різних виробників. Це означає відповідне виконання однопарних з'єднувачів у класі захисту від IP20 до IP65/67.

CN

Як забезпечити більш високі рівні потужності для однопарного Ethernet?

Використовувати комбінований pigxig із новим роз'ємом big TE Connectivity

Володимир Рентюк
Геннадій Штрапенін, к. ф.-м. н.

У системах автоматизації технологічних і виробничих процесів необхідно, як відомо, контролювати найрізноманітніші параметри і характеристики. Нині для цієї мети найбільш популярним стандартом зв'язку є Ethernet. Оскільки локальні мережі Ethernet датові, а датчикам і їхнім трансиверам потрібні джерела живлення, то виникає два закономірних запитання: чому б не використовувати кабель Ethernet як для передавання даних, так і для живлення, і як, зменшивши кількість дротів у кабелі, передати достатню потужність? Такі системи вже зараз використовуються в промисловості і, безсумнівно, відіграватимуть важливу роль і надалі. У пропонованій статті описується, як пристрої Ethernet з гібридним роз'ємом компанії TE Connectivity можуть реалізувати ці вимоги. Стаття підготовлена на основі документа [1] і супроводжується доповненнями та поясненнями.

ВСТУП

Модифікація Ethernet для потреб індустрії зараз іде за трьома основними напрямками. По-перше, організація живлення через Ethernet як він є. Такі системи, що отримали назву Power over Ethernet (скорочено PoE), тобто живлення через Ethernet. Тут подача живлення відбувається через кабель Cat-5 (кабель категорії 5 — тип кабелю для передачі сигналів, що складається з чотирьох кручених пар, використовується в структурованих кабельних системах для комп'ютерних мереж). Ця технологія визначається розробленим у 2003 році оригінальним стандартом IEEE 802.3af Power over Ethernet, але вона еволюціонувала до передавання потужності до 90 Вт, зберігши число пар.

Другий напрямок — однопарний Ethernet (Single-Pair Ethernet, далі — SPE), у якому кількість пар скорочено до одні-

єї крученої мідної пари, якою забезпечується передача даних зі швидкостями до 1 Гбіт/с і електроживлення. Завдяки скороченню кількості дротів з чотирьох або восьми в традиційних Fast Ethernet і Gigabit Ethernet до двох ця технологія дає змогу використовувати роз'єми меншого розміру і знизити витрати на кінцеве навантаження. Таким чином, для підтримки додаткових сервісів індустріального «Інтернету речей» (Industrial Internet of Things, IIoT) можна легко та з меншими витратами довести Ethernet до рівня датчиків і під'єднати датчики безпосередньо до IT-систем (також відомих як хмара).

Передбачається, що перші реалізації SPE розширять наявні системи автоматизації завдяки встановленню додаткових датчиків і наданню машинних даних у хмарні системи вищого рівня. Це дасть змогу забезпечити додаткові послуги IIoT, як-от моніторинг стану та профілактичне обслуговування вироб-

ничого та технологічного обладнання і навіть окремих машин і механізмів. Але SPE у варіанті одночасного передавання даних і потужності (Power over Data Line, далі — PoDL) підходить для живлення кінцевих пристроїв струмами, що не перевищують 1.36 А, і потужності для кінцевого пристрою на рівні 65 Вт.

Збільшити потужність, що подається на кінцевий пристрій, можна за допомогою виділеної лінії. І це третій напрямок розвитку індустріального Ethernet, проблеми реалізації та переваги якого є метою цієї статті. Зрозуміло, що, крім схемотехнічної реалізації такого рішення і кабелю, для цього будуть потрібні і спеціальні роз'єми, здатні працювати в жорсткому індустріальному середовищі експлуатації.

ОДНОПАРНИЙ ETHERNET

Однопарний Ethernet (Single-Pair Ethernet, SPE) по одній крученій мідній парі забезпечує передачу даних зі швидкостями до 1 Гбіт/с. Передбачається, що перші реалізації SPE розширять системи автоматизації підприємств за рахунок можливості встановлення додаткових датчиків і надання машинних даних, зокрема оброблених на периферії, і так званих великих даних, у хмарні системи вищого рівня. Це дасть змогу забезпечити додаткові послуги IIoT, як-от моніторинг стану та профілактичне обслуговування виробничого та технологічного обладнання і навіть окремих машин і механізмів.

У таких реалізаціях буде використовуватися ієрархічна зіркоподібна струк-

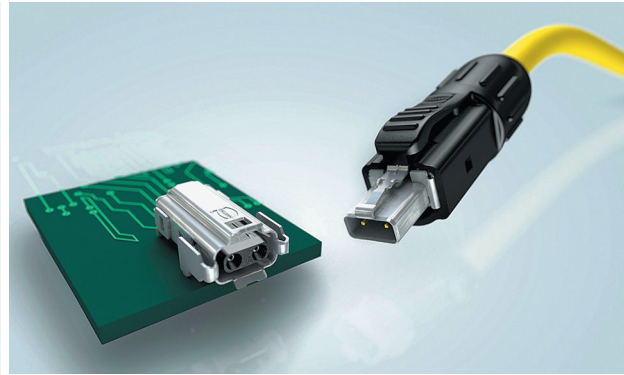


Рис. 1. Базовий роз'єм для SPE, пропозиція компанії HARTING



Рис. 2. Гібридний роз'єм компанії TE Connectivity для SPE з окремими силовими контактами, що допускає підключення лінії електроживлення зі струмом у навантаженні до 8 А

тура, в якій живлення для модулів вводу/виводу і датчиків на нижньому рівні необхідно передавати тим самим кабелем, що використовується для передачі даних. Для найпопулярнішого сегмента 40 м/1 Гбіт/с, орієнтованого на застосування для виробничої автоматизації на основі технології одночасного передавання живлення лініями даних PoDL [2], підходять струми, що не перевищують рівня 1.36 А. Однак для більш високих струмів, які часто виникають у такій каскадній структурі, потрібен уже інший підхід, він пов'язаний як із технічними рішеннями, так і з кабелем і відповідними для нього роз'ємами.

ПРОБЛЕМА РОЗ'ЄМУ ДЛЯ SPE

Міжнародний стандарт для з'єднань однопарного Ethernet для промислового застосування було опубліковано 23 січня 2020 року під найменуванням IEC 63171-6. Редакцію стандарту здійснював підкомітет SC 48В комітету IEC з мідних з'єднувачів. Стандарт для з'єднувачів промислового виконання IEC 63171-6 T1 Industrial був першим стандартом, наданим компанією HARTING підкомітету SC 48В ще 2016 року, і при-

значався для однопарних Ethernet-з'єднань. За основу було взято роз'єм, показаний на рисунку 1.

Цей роз'єм має клас захисту від сторонніх предметів IP20 (захист від предметів діаметром ≥ 12.5 мм, немає захисту від води). У перспективі будуть доступні три варіанти з'єднувачів SPE:

- для транспортних засобів (можливо кілька виконань різних виробників);
- для промислового застосування;
- для систем автоматизації будівель.

Не так давно у відповідь на вимоги ринку промислової автоматизації компанією TE Connectivity було розроблено конструкцію роз'єму для промислових середовищ SPE з двома парами контактів. Одна з них використовується для передачі даних зі швидкістю до 1 Гбіт/с (смуга 600 МГц), як це визначено стандартом IEEE 802.3br [3], а інша підтримує передачу електроживлення силою струму до 8 А. Інтерфейс цього роз'єму разом із варіантом без додаткової пари живлення визначено в стандарті IEC 63171-6 [4], опублікованому 20 січня 2020 року. Роз'єм TE Connectivity із двома парами контактів показано на рисунку 2.

Пропонований гібридний роз'єм із парою контактів для передавання даних і живлення має ступінь захисту оболон-

кою IP67, що має на увазі пилонепроникне, водозахищене (витримує занурення на глибину до 1 м тривалістю не більше ніж 30 хв) виконання. Крім того, щоб уникнути завад між лінією живлення і лінією передавання даних роз'єм компанії TE Connectivity має металевий екран, що розділяє пари контактів. Детально конструкцію роз'єму показано на рисунку 3.

Пропонований компанією TE Connectivity роз'єм для SPE і його відповідна частина (орієнтовне найменування починатиметься як RPC-SPE-M8) виконані в стандартному форм-факторі M8, який доволі популярний у промисловому середовищі та внесений до стандарту IEC63171-6. Рішення роз'єму заважає взаємному впливу ліній передавання електроживлення і не призводить до погіршення передавання даних через наявність вищих гармонік, наприклад, під час подавання напруги від імпульсних джерел живлення. Однак для цього роз'єму потрібен відповідний кабель, що містить окрему пару живлення. У цьому кабелі пара передачі даних розроблена відповідно до вимог стандарту IEC 61156-12 і так само, як і в ланцюзі роз'єму, має бути додатково екранована від пари передачі живлення. Сигналь-

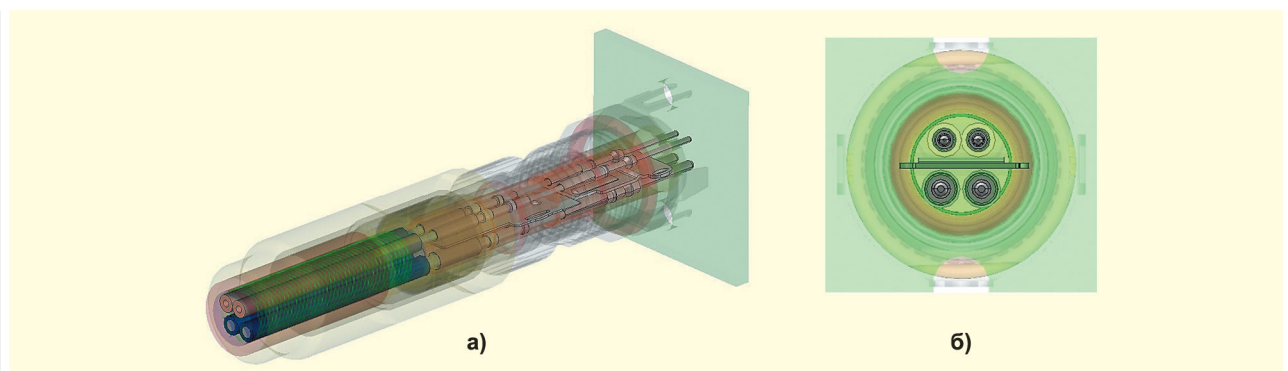


Рис. 3. Внутрішнє екранування гібридного роз'єму виконання IP67 компанії TE Connectivity, що запобігає передаванню ЕМЗ від лінії електроживлення на лінії передавання даних: вид роз'єму в перспективі (а); вид роз'єму в розрізі (б)

на пара кабелю стандартна для лінії даних Ethernet, а силова пара відрізняється — вона виконана з дротів сортаменту 18AWG (діаметр 1.024 мм, площа поперечного перерізу мідної жили 0.823 мм²).

PODL АБО ОКРЕМІ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ — ОСЬ У ЧОМУ ПИТАННЯ

Стандарт PoDL — це дуже зручний і компактний спосіб під'єднання в локальній мережі Ethernet, адже він об'єднує живлення і дані з їхнім одночасним передаванням двома сигнальними дротами. Технологію визначено в стандарті IEEE 802.3bu, вона дає змогу створювати безліч нових застосунків майбутнього, які потребують компактніших і легших рішень для під'єднання. Наразі стандарт PoDL визначено для з'єднання «точка-точка», яке з одного боку має обладнання для живлення, назване в IEEE — Power Sourcing Equipment (PSE), а з іншого — обладнання, що вимагає живлення і яке живиться пристроєм Powered Device (PD).

Природно, коли живлення подається на лінію даних або відводиться від неї, це не повинно заважати передачі даних. Типова схема, яку можна використовувати для під'єднання мікросхеми фізичного рівня (Physical layer, PHY) і живлення до лінії даних, показана на рисунку 4.

Для цього, як видно із загальної схеми, наведеної на рисунку 4, сигнал і живлення подають через роз'єм MDI, водночас базове рішення кінцевого пристрою SPE, що живиться, розділено на блок живлення PSE/PD та інтерфейс SPE (PHY). Для придушення синфазних ЕМЗ на стороні навантаження, у поєднанні з синфазною термінацією (CM termination) і конденсаторами (DC block), потрібне ввімкнення синфазного дроселя (CMC). Конденсатори необхідні для розділення сигналів, представлених напругою змінного струму, і живлення, яке є напругою постійного струму.

Важливо відзначити ще одну деталь: для того, щоб лінії живлення не заважали сигналам даних, їх потрібно під'єднати шляхом додавання до ліній SPE фільтра нижніх частот (Low pass filter на рис. 4) або тільки послідовних котушок індуктивності між входом живлення кінцевого пристрою PSE/PD та лініями приймання/передавання даних.

Це гарне рішення, але іноді на практиці бувають ситуації, коли воно не працює. У такому разі необхідно відійти від стандарту PoDL. Причини можуть бути різними: наприклад, потреба у більш високих рівнях потужності, які необхідні для живлення електродвигунів. Крім того, може бути важлива

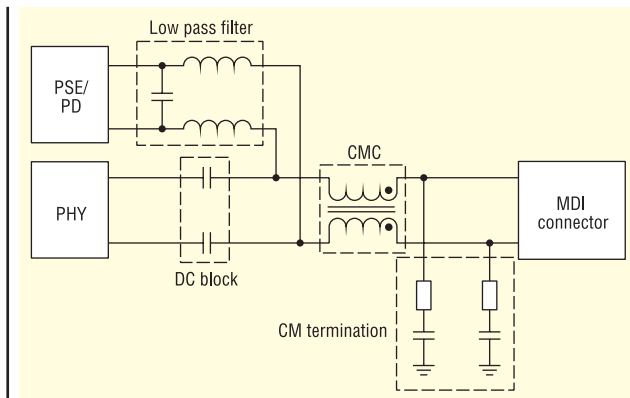


Рис. 4. Типова базова схема реалізації SPE за технологією PoDL

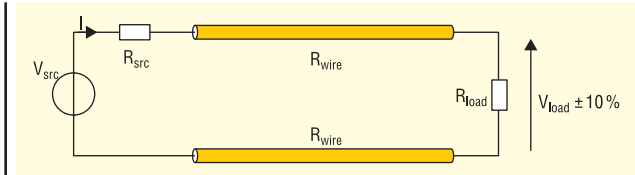


Рис. 5. Загальна схема передачі енергії електроживлення зліва — джерело живлення (PSE); праворуч — під'єднаний живильний пристрій (PD)

більша гнучкість щодо того, як для забезпечення живлення декількох каскадних PD оптимально розподіляти потужність по сегменту локальної мережі. Іншою ймовірною причиною відмови від PoDL стає потреба в гальванічній розв'язці між даними і живленням. Останнє могло б, скажімо, зменшити проблеми фільтрації завод у лініях живлення, що наводяться на сигнальні лінії. Це також важлива причина уважно подивитися на пропонування компанією TE Connectivity гібридний роз'єм, що має окрему пару для передачі живлення. Його перевага в тому, що він, як і раніше, пропонує одне рішення для під'єднання даних і живлення в невеликому форм-факторі стандартних роз'ємів M8, але його силові контакти витримують струм до 8 А. Нижче детально обговорюються можливості та особливості застосування цього гібридного роз'єму.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧІ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

PoDL найвищий рівень потужності, який може бути доставлений на PD з максимальним струмом 1.36 А, становить близько 65 Вт. Для цього також потрібна максимальна напруга 60 В постійного струму з боку PSE (унаслідок цього на PD має бути щонайменше 48 В постійного струму). Більш високі значення навантаження за струмом пропонуваного компанією TE Connectivity гібридного з'єднувача забезпечують передачу більш високих рівнів потужності. В кінцевому підсумку одержувані рівні потужності залежать від допустимого падіння напруги і допустимої кількості втрат у кабелі. Щоб отримати уявлення про можливі передачі потужності, ми пропонуємо базову установку, яка описана в [5] і показана на рисунку 5.

На рисунку 5 ліворуч зображено живильне обладнання, представлене джерелом живлення (PSE), яке слугує джерелом напруги з певним внутрішнім опором R_{src} . Друга частина — це кабель із втратами, а праворуч у нас під'єднано живильний пристрій (PD), який можна представити еквівалентним опором навантаження R_{load} , що потребує певного діапазону живильних напруг. За допомогою того, як представлено лінію передачі потужності електроживлення, ми можемо визначити потужність і струм, що передаються через кабель певної довжини. Якщо ми приймемо, що передача здійснюється мідним дротом 18AWG, і для спрощення знехтуємо внутрішнім опором джерела живлення R_{src} , то отримаємо результати, представлені на рисунку 6.

У лівій частині рисунку 6 ми бачимо, що під час збільшення потужності напруга на навантаженні впаде, що спричинено збільшенням струму в парі живлення. Коли падіння напруги становить 50%, кількість переданої потужності є максимальною, але зазвичай цей максимум не використовується через проблеми зі стабільністю, які він може спричинити для функціонування PD.

Більшість електричних пристроїв допускає мінімальну напругу на 10% нижчу за номінальну. Припускаючи, що падін-

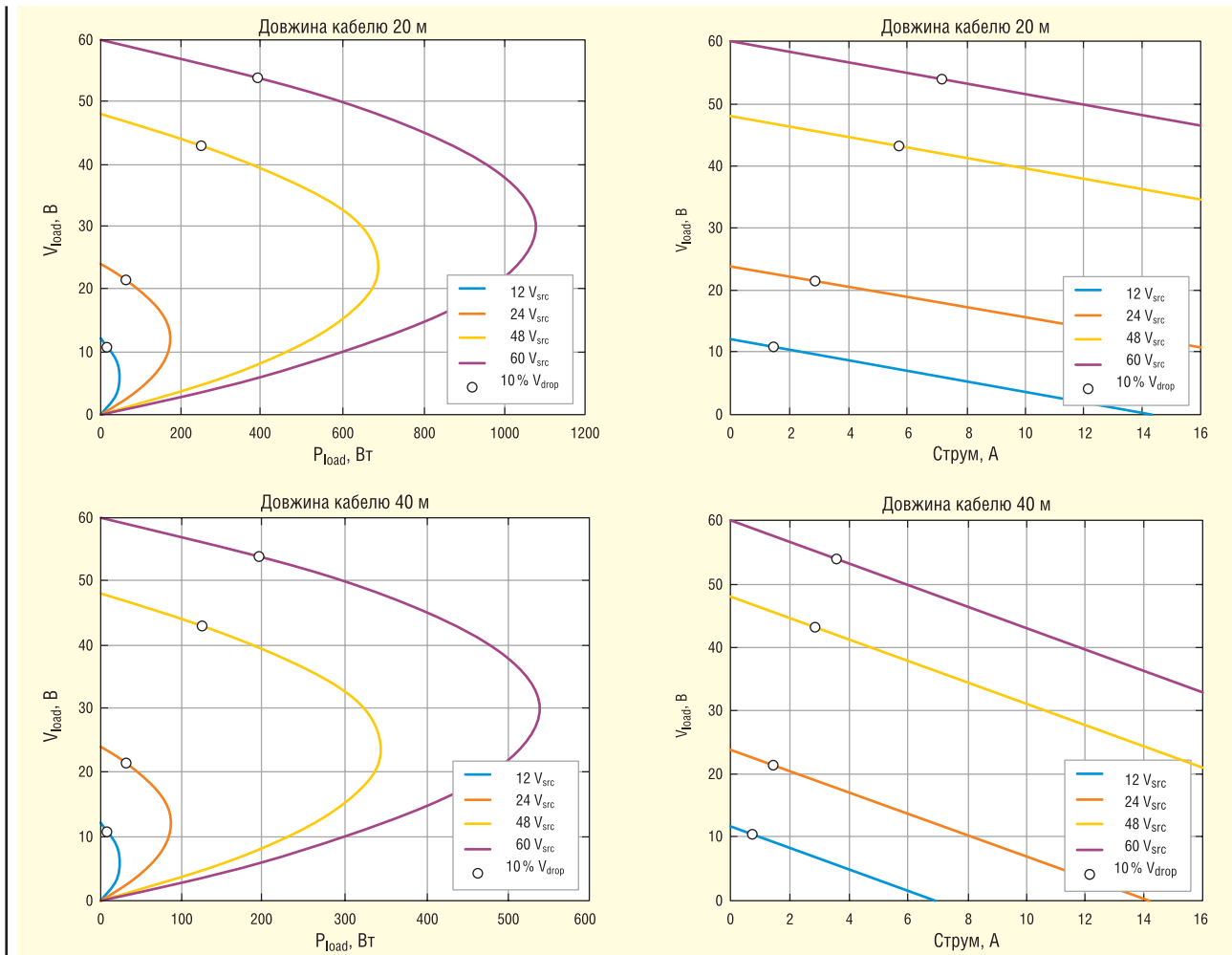


Рис. 6. Падіння напруги залежно від переданої потужності та струму для мідного дроту 18AWG

ня напруги на кабелі становить 10%, енергоефективність передачі буде приблизно дорівнювати 80%. Це значення падіння напруги показано маленьким чорним кружком. Зверніть увагу, що для PoDL падіння напруги може досягати 20%. Результати на рисунку 6 показано для кабелів довжиною 20 і 40 м, і, як і очікувалося, довжина кабелю явно впливає на те, скільки потужності може бути передано в навантаження. Для максимальної довжини 40 м ми бачимо, що за напруги джерела живлення в живильному обладнанні, що дорівнює 60 В, потужність може бути близька до 200 Вт, а для передачі на 20 м і менше — вона збільшиться до 400 Вт.

ЩО ДАЄ ГАЛЬВАНІЧНА РОЗВ'ЯЗКА

У технології PoDL, як уже було сказано, дані та живлення об'єднуються в одній парі дротів. Таким чином, можна використовувати простий двожильний кабель невеликого перетину (також через регламентацію сили струму на рівні, що не перевищує 1.5 А). Зворотним боком цього рішення є те, що, щоб уникнути завад під час передачі даних, існують суворі вимоги щодо EMC і швидкості зміни рівнів потужності. Останнє має місце під час увімкнення і вимкнення виконавчих пристроїв у навантаженні, так зване скидання/накидання навантаження. Типові завади, які можна очікувати на лініях електропередачі, — це пульсації напруги, що виходять від

імпульсних джерел живлення або від виконавчих механізмів. Тому для придушення завад під час реалізації PoDL, особливо в промислових умовах, важливо використовувати хороші схеми фільтрації. Завдяки розділенню і навіть екрануванню лінії живлення від пари даних, завади від ліній передачі електроживлення мають набагато менший вплив на лінії даних. І це великий плюс.

Для того щоб визначити якість екранування, нам потрібно розуміти, яку заваду слід придушувати. Один тип завад походить від імпульсних джерел живлення, які за правильного схемно-конструктивного виконання та належного функціонування зазвичай мають пульсації вихідної напруги в межах 0.25–1 В.

Однак більш неприємні завади можуть виходити від приводів, наприклад колекторних двигунів постійного струму. Вони можуть створювати сплески, які стають серією дуже коротких у часовій області імпульсів і, відповідно, створюють завади в широкій смузі частот. Стандарт IEC 61000-4-4 описує випробувальну установку для перевірки на стійкість електричних систем до таких сплесків¹. Стандарт IEC 61000-4-4 (як і ДСТУ EN 61000-4-4:2019) визначає імпульс, що впливає, як показано на рисунку 7, а приклад формування пачок імпульсів — на рисунку 8.

Що стосується впливу такого процесу на лінії SPE, він визначається спектром, який залежить від внеску кожного з параметрів імпульсів. Для цієї мети переважно користуватися

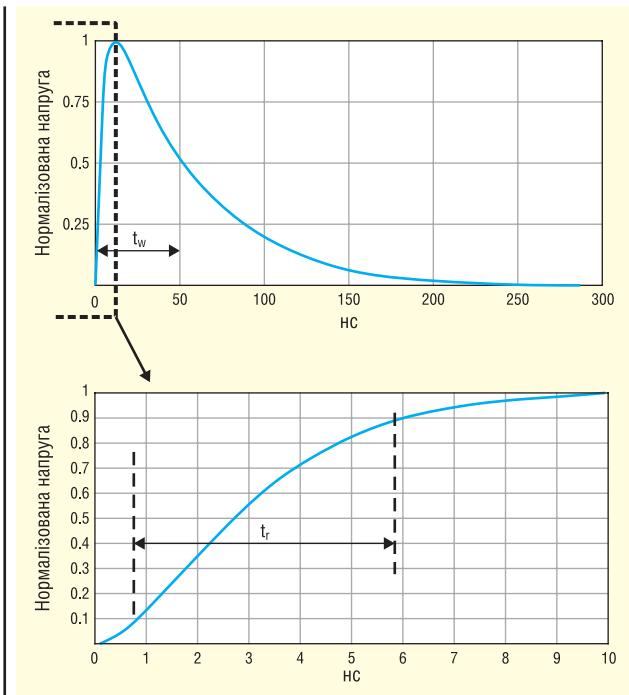


Рис. 7. Ідеальна форма одиночного імпульсу за навантаження 50 Ом з номінальними параметрами $t_r = 5$ нс і $t_w = 50$ нс

методикою, запропонованою в [6]. В оригіналі статті наведено для довідки спектр пакета (рис. 9), який вказує на те, що завади в основному генеруються в нижньому мегагерцевому діапазоні. Це означає, що зниження впливу саме відносно низькочастотного шуму — тут головний пріоритет.

Щоб отримати уявлення про рівень завад, з яким може впоратися мікросхема фізичного рівня SPE, ми можемо керуватися двома стандартами IEEE. У IEEE 802.3bu, який описує PoDL, існує вимога, щоб максимальна напруга пульсацій 0.1 В (п-п) була дозволена для діапазону частот 1 кГц–10 МГц, спричиненого PSE або PD. З IEEE 802.3br, що визначає мультимедійну систему 1000BASE-T1, у нас є вимога щодо

придушення сторонніх перехресних завад. На рисунку 10 показано відповідну тестову схему, в якій джерело завад забезпечує їхню генерацію з гауссовим розподілом і величиною -100 дБм/Гц для сегмента лінії зв'язку довжиною до 40 м, де мікросхема фізичного рівня повинна забезпечити функціонування без втрати даних. Вищезазначені вимоги можуть використовуватися під час моделювання та вимірювань для перевірки стійкості лінії SPE з гібридним роз'ємом і кабелем до зовнішніх завад.

РОЗПОДІЛ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Інша можливість, яку дають розділені силові та сигнальні лінії SPE, — це підвищена гнучкість під час реалізації розподілу потужності в мережах. У конструкціях на основі технології PoDL можливе тільки двоточкове з'єднання. Наразі тривають дослідження з розширення PoDL для живлення декількох PD за допомогою одного PSE, однак вони зосереджені тільки на мультимедійній системі 10BASE-T1. З додатковою лінією живлення та гібридного роз'єму можна жити більше одного PD, як пояснено нижче, і, звісно ж, додатково використати і переваги технології PoDL.

У разі якщо PoDL і роздільне живлення використовуються додатково, мережу для розподілу електроживлення можна розділити на мережу, що придушує завади від усіх видів виконавчих механізмів на окремих лініях електропередачі, та мережу PoDL, яка живить тільки SPE-мікросхеми фізичного рівня. Приклади можливих топологій для вузлів живлення в мережі показано на рисунку 11.

У прикладах, наведених на рисунку 11, розподіл потужності за окремими лініями електроживлення може конфігуруватися за схемою «точка-точка», якщо нам потрібно мати велику потужність електроживлення для одного PD (рис. 11а). Його також можна використовувати по шині живлення (рис. 11б) або з перемиканням (рис. 11в) для живлення кількох виконавчих механізмів, які можуть генерувати надмірно великий рівень ЕМЗ. Нарешті, коли потужності недостатньо, у PSE завжди можна додати ще одну лінію живлення (рис. 11г).

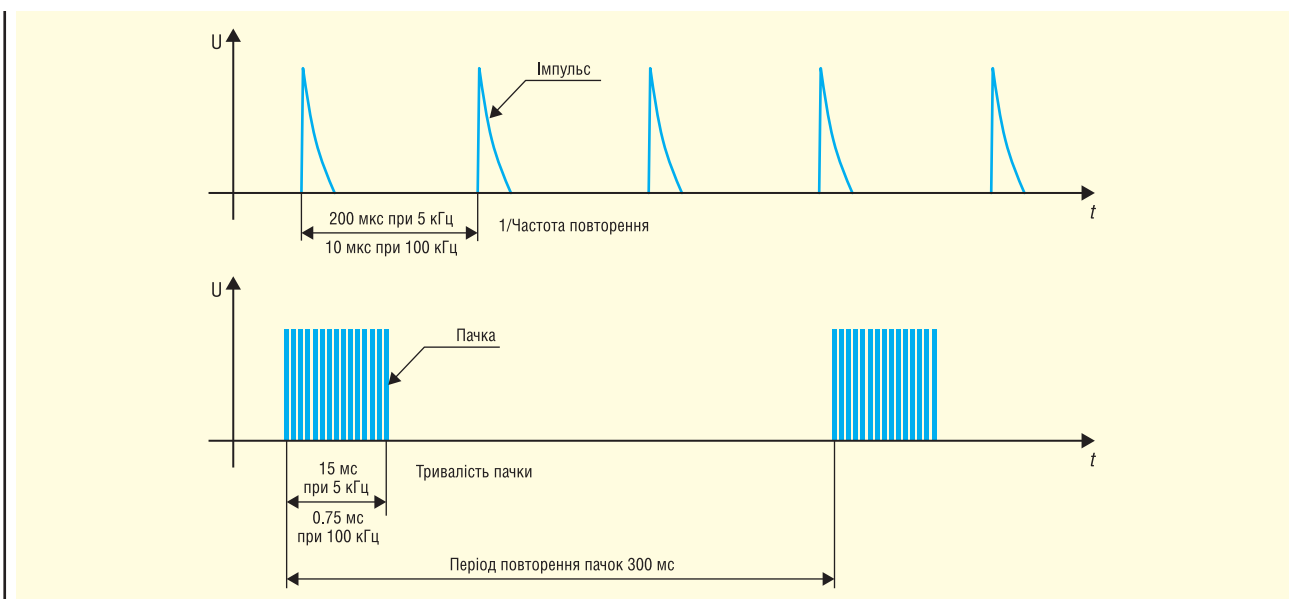


Рис. 8. Представлення електричних швидких перехідних процесів (пачок)

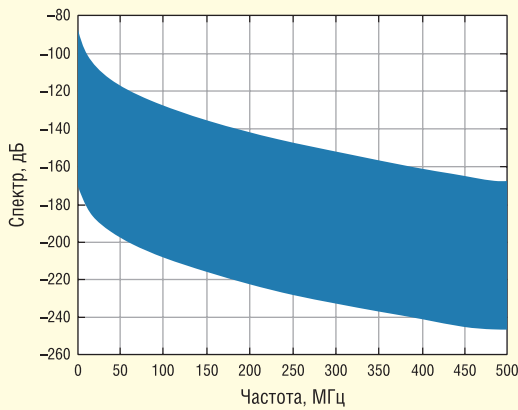


Рис. 9. Спектр пакета імпульсів, показаний на рисунках 7 і 8

діаметрі, він забезпечує можливість вищих рівнів струму, ніж це можна досягти з PoDL, і, отже, забезпечує вищу потужність, яка підводиться до пристроїв, що живляться. Застосування рішення з двома парами також забезпечує більшу гнучкість у мережних топологіях. Крім того, в цьому випадку простіше придушувати завади від лінії живлення на лінію передачі даних.

Додаткову інформацію щодо продукції компанії TE Connectivity можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — НВФ VD MAIS: 03061, м. Київ, вул. Михайла Донця, 6, тел./факс: (044) 201-02-02 (багатоканальний), e-mail: info@vdm.ais.ua, www.vdm.ais.ua

Література:

1. van Gils W., Jaeger P., Hilgner M. Higher Power Levels for Single Pair Ethernet. TE Connectivity, October 2020. www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEControll er?Action=showdoc&DocId=Data+Sheet%7F5-1773984-7%7F2010%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_DS_5-1773984-7_2010.pdf
2. IEEE802.3bu — IEEE Standard for Ethernet — Amendment 8: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet. 2016.
3. IEEE 802.3bp — IEEE Standard for Ethernet Amendment 4: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Twisted-Pair Copper Cable. 2016.
4. IEC 63171-6: Connectors for electrical and electronic equipment — Part 6: Detail specification for 2-way and 4-way (data/power), shielded, free and fixed connectors for power and data transmission with frequencies up to 600 MHz. 2020.
5. Darshan Y. IEEE P802.3bu. September, 2014. www.ieee802.org/3/bu/public/jan14/index.html
6. ДСТУ EN 61000-4-4:2019 «Електромагнітна сумісність. Частина 4-4. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до електричних швидких перехідних процесів/пакетів імпульсів (EN 61000-4-4:2012, IDT; IEC 61000-4-4:2012, IDT)».

СН

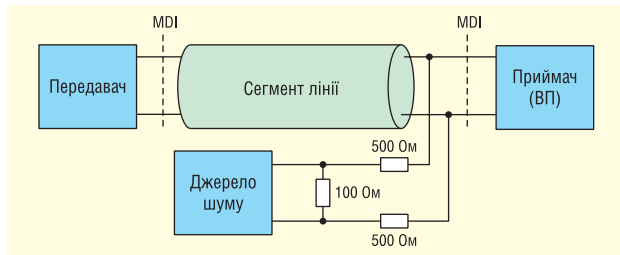


Рис. 10. Придушення сторонніх перехресних завад у випробувальній установці, як визначено в IEEE 802.3bp

ВИСНОВОК

У статті розглянуто перспективний роз'єм компанії TE Connectivity, що доповнює наявні серії роз'ємів для однопарного Ethernet. На відміну від інтерфейсу SPE, який може передавати живлення за технологією PoDL, використовуючи одну пару як для передавання сигналів, так і для передавання потужності електроживлення, роз'єм від компанії TE Connectivity містить додаткові контакти живлення, але водночас виконаний у невеликому форм-факторі роз'єму M8. Хоча кабель, під'єднаний до такого роз'єму, буде трохи важчим і більшим у

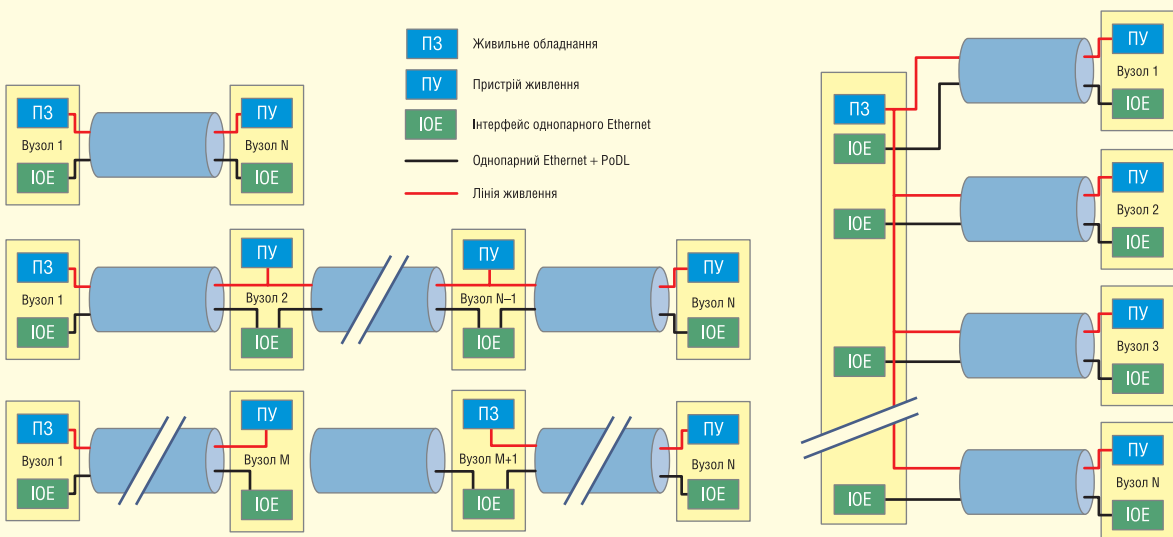


Рис. 11. Гібридний роз'єм у мережній топології: «точка-точка» (а); живлення від шини (б); можливість перемикання (в); живлення від шини з додатковими точками збільшення потужності електроживлення (г)

Würth Elektronik: однопарний Ethernet для індустріальних застосувань

**Фабіан Форнхаген (Fabian Vornhagen),
Мартін Лейхенседер (Martin Leihenseder),
Роберт Демхартер (Robert Demharter),
Ісмаель Моліна Альба (Ismael Molina Alba),
Саймон Марк (Simon Mark),
Хаїро Бустос (Jairo Bustos),
Маттіас Фріче (Matthias Fritsche)**
Переклад і доповнення: Володимир Рентюк

У статті представлено переклад документа компанії Würth Elektronik eiSos з питань реалізації однопарного автомобільного та промислового Ethernet [1]. Публікація супроводжується деякими доповненнями та правками. Описано необхідні для однопарного Ethernet компоненти — від кабелю до входу мікросхеми фізичного рівня PHY. Основну увагу приділено проектуванню фільтра електромагнітних завад для протоколів 10BASE-T1L і 100BASE-T1, а також проблемам виконання вимог безпеки згідно зі стандартом IEC 62368-1.

ЕВОЛЮЦІЯ ETHERNET — ВІД ЧОТИРЬОХ КРУЧЕНИХ ПАР ДО ОДИНОЧНОЇ КРУЧЕНОЇ ПАРИ

Починаючи з 80-х років минулого століття для комп'ютерних мереж промислового призначення як протокол зв'язку найчастіше стали використовувати Ethernet і відповідні йому стандарти. Відтоді основними елементами в корпоративних і промислових мережах застосовуються мідні кабелі з двома крученими парами для реалізації Fast Ethernet і чотирипарними кабелями для Gigabit Ethernet. Однак еволюція мереж не стояла на місці, і зараз завдяки новій технології однопарного Ethernet - SinglePair Ethernet (SPE), впровадженій в автомобільній промисловості, з'явилася безліч нових варіантів їх застосування, зокрема для заміни зв'язку аналогових датчиків або промислових шин.

У 2019 році вже близько 59% усіх промислових протоколів зв'язку базувалося на локальній комп'ютерній мережі LAN (LocalAreaNetwork — комп'ютерна мережа, що покриває відносно невелику територію).

Водночас доволі широко поширені й системи на основі таких польових шин, як Profibus або CCLink (Control and Communication — керування та зв'язок). Якщо ж говорити про Ethernet, хоча багато датчиків або виконавчих механізмів (актуаторів) на виробничих об'єктах і не потребують високої швидкості передавання даних, але оскільки відстань між цими пристроями та польовими комутаторами часто перевищує 200 м, то Ethernet з максимальною довжиною кабелю 100 м досягає меж своїх можливостей.

Крім необхідності в збільшенні довжини кабелю, стимулами для створення нового стандарту, що виходить за рамки багатопарного Ethernet на основі RJ-45, стали зниження його ваги, підвищення стабільності механічного під'єднання завдяки якіснішим роз'ємам і зменшення розміру друкованої плати. Однопарний Ethernet (SPE) був розроблений для задоволення цих ринкових вимог і забезпечення IP-зв'язку без обмеження на шляху від хмари до будь-яких датчиків або виконавчих механізмів.

У цій статті, яка є перекладом керівництва із застосування компанії Würth Elektronik eiSos (далі — Würth Elektronik) [1], описано необхідні для реалізації однопарного Ethernet компоненти, від кабелю до входу мікросхеми інтерфейсу фізичного рівня (далі — мікросхеми PHY). Основну увагу приділено вибору оптимального схематехнічного рішення фільтра електромагнітних завад (EM3) для протоколів 10BASE-T1L і 100BASE-T1 і виконання вимог безпеки зв'язку згідно зі стандартом IEC 62368-1. Оцінка характеристик ефективності компонентів загальнопроілюстрована на прикладі у вигляді експериментальних друкованих плат.

SPE — АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КОМПОНЕНТИ

Новий фізичний рівень SPE потребує нових компонентів, як-от кабельні роз'єми (один із прикладів наведено на рис. 1), трансформатори та котушки індуктивності, мікросхеми, напівпровідникові прилади, зокрема елементи захисту, та інші пристрої. Останніми роками міжнародні організації зі стандартизації та пов'язані з SPE компанії вклали багато часу та коштів, щоб зробити всі ці компоненти максимально доступними. Основні стандарти SPE також визначені та загальнодоступні.

¹ PHY — це аббревіатура від англ. Physicallayer (фізичний рівень) — інтегральна схема, призначена для виконання функцій фізичного рівня мережної моделі OSI. Мікросхеми PHY дають змогу іншим мікросхемам канального рівня, які називаються MAC, підключатися до фізичного середовища передавання даних.

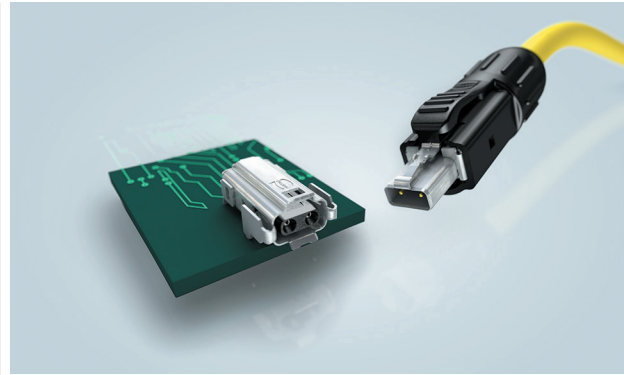


Рис. 1. Версія роз'єму SPE згідно з IEC 63171-6 зі ступенем захисту IP20 від компанії Harting

Оскільки стандарти прийняті, а базові компоненти готові до використання, то розробка нових пристроїв з можливістю підключення SPE з наукової ідеї перетворилася на реальність. Що стосується технічних вимог, вони вказані в наступних стандартах IEEE:

- IEEE 802.3cg (10BASE-T1) зі смугою пропускання від 0.1 до 20 МГц і дальністю зв'язку до 1000 м;
- IEEE 802.3bw (100BASE-T1) зі смугою пропускання від 0.3 до 66 МГц і дальністю зв'язку до 40 м;
- IEEE 802.3br (1000BASE-T1) зі смугою пропускання 1–600 МГц і дальністю зв'язку до 40 м.

Кабель

Кабель слугує безпосередньою лінією передавання даних. Залежно від необхідної швидкості передавання і довжини лінії наразі для SPE доступні два стандартних типи кабелів. Для мереж 10 Мбіт/с з передачею до 1000 м конструкцію кабелю регламентують такі стандарти:

- IEC 61156-13 — кабель передачі даних SPE зі смугою пропускання до 20 МГц для стаціонарного встановлення;
- IEC 61156-14 — кабель передачі даних SPE зі смугою пропускання до 20 МГц для гнучкого встановлення.

Для мереж 1 Гбіт/с з передачею до 40 м конструкцію кабелю визначають такі стандарти:

- IEC 61156-11 — кабель передачі даних SPE зі смугою пропускання до 600 МГц для стаціонарного встановлення;
- IEC 61156-12 — кабель передачі даних SPE зі смугою пропускання до 600 МГц для гнучкого встановлення.

Порівняно з традиційними промисловими кабелями Ethernet категорії 5e з чотирма парами для передавання на швидкостях до 1 Гбіт/с спостерігається значне зменшення діаметра та ваги кабелю. Детальнішу інформацію щодо кабелів наведено в таблиці 1.

Усі ці кабелі призначені для того, щоб забезпечити необхідну стійкість до зовнішніх завад для 40-м 1GBASE-T1 і 1000-м 10BASE-T1L, додатково екрановані, як це показано на рисунку 2.

Залежно від конкретного варіанту використання кабелю можливі різні матеріали оболонки. Поперечний переріз мідного кабелю слід обирати відповідно до необхідної довжини лінії та вимог до живлення по лінії передачі даних (технологія PoDL — Power over DataLine). Для ліній зв'язку довжиною до 20 і 40 м зазвичай застосовуються дроти сортаментів AWG26 і AWG22 відповідно. Для довших ліній зв'язку, до 1000 м, знадобляться кабелі AWG16 або AWG18.

При цьому для реалізації по одній парі швидкості передачі 1 Гбіт/с стандартами SPE регламентуються досить високі

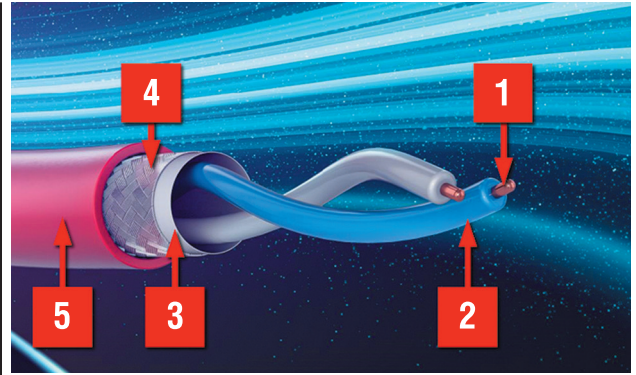


Рис. 2. Конструкція типового кабелю SPE: 1 — мідний дрот; 2 — ізоляція жили; 3 — екранувальна фольга; 4 — екранувальне обплетення; 5 — зовнішня оболонка

Таблиця 1. Порівняння розмірів кабелю для SPE

Параметр	Промисловий Ethernet Cat 5e (4x2x24 aWg)	sPe (1x2x22 aWg)	Зменшення
Зовнішній діаметр	7.8 мм	5.8 мм	26%
Погонна вага	79 кг/км	42 кг/км	47%

електричні властивості кабелю. До них належать внесені втрати (insertion loss, IL), S-параметри, зворотні втрати або втрати на відбиття (return loss, RL) і стійкість до зовнішніх завад, які визначають як міжкабельні наведення (alien crosstalk, AXT) у діапазоні частот до 600 МГц.

Внесені втрати описуються як логарифмічне співвідношення (в децибелах, дБ) між потужністю, що подається в кабель, і потужністю, переданою по лінії. Високі вимоги до внесених втрат необхідні для реалізації довгих ліній передачі SPE.

Зворотні втрати та хвильовий опір (характеристичний опір, імпеданс) кабелю важливі для оцінки відбиття всієї системи. Віддзеркалення — це завади на лінії, що виникають під час відбиття власного сигналу від наявних у ній однорідностей. Такі завади можуть заважати і передавачам, і приймачам. Щоб мінімізувати відбиття, вся система SPE повинна мати однаковий характеристичний опір 100 Ом за низьких значень втрат на відбиття.

Для кабелів з більш ніж однією парою перехресні завади описують сигнали, що передаються між парами за індуктивним і ємнісним зв'язком. У загальному випадку перехресні завади заважають передачі корисних сигналів лінією. Тут SPE має ту перевагу, що для нього не може бути перехресних завад від інших пар, але SPE доводиться мати справу із зовнішніми перехресними завадами — ANEXT (alien external crosstalk), які виникають від інших кабелів у ближньому навіколишньому середовищі. Для захисту передачі від завад промислові кабелі ANEXT SPE мають бути добре екрановані комбінованим екраном із фольги та обплетення.

Екран із фольги забезпечує високу ефективність захисту від височастотних електромагнітних полів. Плетений екран використовується для механічної стабілізації та зниження інтенсивності хвиль низькочастотних електромагнітних полів. Ефективність обплетення залежить від товщини окремих дротів і ступеня покриття. Кабелі SPE, призначені для промислових середовищ, повинні забезпечувати покриття не менше 85%. Обплетення кабелю також в основному визначає значення хвильового опору екранованого кабелю.

Ефект екранування кабелю діє в обох напрямках. Це означає, що загасання, що виникає від екранування, знижує



Рис. 3. Рекомендовані згідно з IEC 63171-6 роз'єми SPE

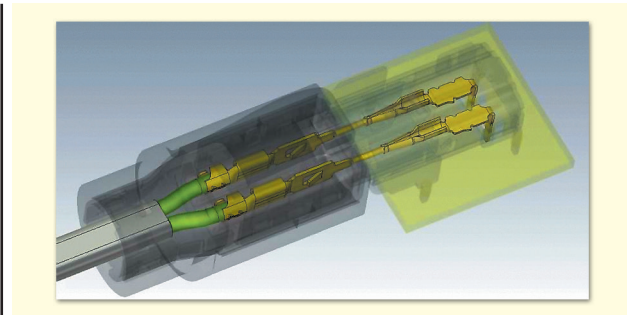


Рис. 4. Підключення екрана роз'єму до заземлення на друкованій платі

як випромінювання електромагнітних завад (EM3) безпосередньо від самого кабелю, так і проблеми EM3 від інших пристроїв, що впливають на кабель ззовні.

Роз'єми

Роз'єми є не менш важливою частиною лінії передачі даних, ніж кабелі, тим паче, що для SPE потрібні зовсім інші типи роз'євів, на відміну від тих, які раніше використовували для промислового Ethernet. Ці роз'єми менші за розміром, ніж типовий RJ-45, але мають таку саму надійність, як і часто вживані індустріальні роз'єми типу M12 з D- і X-кодуванням. Нові типи роз'євів для SPE визначені в стандарті IEC 63171-6 і для дуже жорстких умов експлуатації в індустріальному середовищі мають різні версії у виконанні M8/M12, а також роз'єм із класом захисту оболонкою IP20 для використання в шафі. Варіанти роз'євів для потреб SPE представлені на рисунку 3.

Усі ці типи роз'євів засновані на одних і тих самих клемних вставках і вирізняються надійною системою контактів штиря вилки та гнізда розетки. Модульна концепція конструкції з ідентичними клемними вставками у всіх версіях дає змогу з'єднувати для тестування або налаштування вилки зі ступенем захисту IP20 з розетками зі ступенем захисту IP65/67.

Такі серії роз'євів SPE розраховані на робочу напругу 60 В постійного струму 4 А за температури до +60 °C і відповідають регламентам для всіх класів PoDL. У жорстких промислових умовах, коли сильним є вплив зовнішніх EM3, роз'єми, що відповідають вимогам з електромагнітної сумісності (EMC), мають повну екранувальну оболонку. Таке рішення, реалізоване за допомогою чотирьох контактів, через отвір для паювання забезпечується надійне під'єднання екрана розетки до заземлювальних провідників або шарів друкованої плати (рис. 4).

Як можна бачити, конструкція поверхні роз'єму, що сполучається, симетрична, контакти розташовані паралельно і мають однакову фізичну довжину, що забезпечує й однакову електричну довжину сигнальних ланцюгів, а відповідно, й однакову затримку поширення сигналу. Це дає змогу уникнути відмінностей у часі передавання сигналів диференціальною

парою. Така конструкція роз'євів, виконана з урахуванням її використання в області високих частот, дає змогу передавати сигнали відповідно до вимог специфікації стандарту 1000BASE-T1.

Якщо ж двопровідна система не може забезпечити передачу необхідної потужності або з якихось причин передача живлення і сигналів однією і тією самою парою не оптимальна, тут можуть використовуватися і гібридні рішення.

ТОПОЛОГІЇ ФІЛЬТРІВ

Залежний від середовища інтерфейс (Medium Dependent Interface, MDI) — це інтерфейс між фізичним середовищем локальної комп'ютерної мережі та модулем сполучення з середовищем. Він формує з'єднання між кабелем і фізичним середовищем, тобто мікросхемою РНУ, яка виконує функцію інтерфейсу та генерує біти з сигналів даних і передає їх для подальшого оброблення.

Пасивні компоненти MDI виконують різні завдання, як-от правильне пересилання сигналів даних, придушення завад, електрична ізоляція або передавання електроенергії потужністю до 60 Вт у разі передавання потужності через лінію передавання даних (PoDL).

Для того щоб гарантувати безпомилкове передавання даних, у різних стандартах IEEE 802.3 визначено межі для зворотних втрат і втрат перетворення режиму (Mode Conversion Loss). Втрати перетворення режиму вимірюються безпосередньо в MDI і являють собою відношення потужності диференціального сигналу, відбитого через невідповідність імпедансу, і потужності синфазного сигналу, тобто характеризують перетворення диференціального сигналу на синфазний, і навпаки. Ці втрати і супутні їм завади виникають через асиметрію всього тракту передачі сигналу. Фактично ж вимірюються втрати поперечного перетворення (transverse conversion loss, TCL), втрати через омичну асиметрію і втрати поперечного перетворення під час передачі (equallevel transverse conversion transfer loss, ELTCTL). TCL і ELTCTL відносяться до найважливіших вимірювань, включених у стандарти кабельних систем. Вони визначають якість балансу кабелю і слугують ключовими показниками під час визначення завадостійкості та вимірів впливу електромагнітних завад.

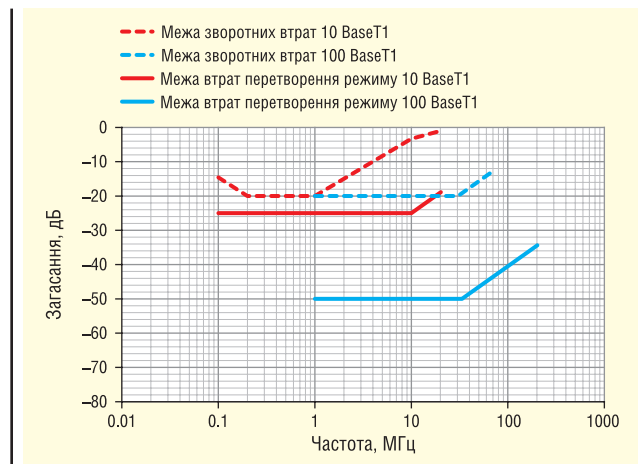


Рис. 5. Максимально допустимі рівні зворотних втрат і втрат перетворення режиму для MDI 10BASE-T1 (показані червоним) і 100BASE-T1 (показані блакитним)

На рисунку 5 збережено термінологію оригіналу статті [1] і показано обмеження MDI для 10BASE-T1 згідно з IEEE 802.3cg і 100BASE-T1 згідно з IEEE 802.3bw.

Основи побудови

В автомобільному секторі вже є готові принципові схеми однопарного Ethernet для 100BASE-T1 із синфазним дроселем, двома розділювальними конденсаторами і схемою термінації для придушення зовнішніх синфазних завад, що наводяться на кабель. Приклад такої схеми наведено на рисунку 6.

Синфазний дросель (Common Mode Choke, CMC) не тільки забезпечує фільтрацію синфазних сигналів, що заважають, а й допомагає зменшити втрати в режимі перетворення і в певних частотних діапазонах — зворотні втрати. Через нижчу частоту зрізу для 100BASE-T1, що дорівнює 1 МГц, повний опір дроселя має бути високим на низьких частотах і, якщо можливо, охоплювати більш високі частоти до 200 МГц. Кількість витків обмоток і розмір осердя, відповідно, будуть більшими.

Схема узгодження щодо «землі» (GND) зазвичай складається з трьох резисторів і одного конденсатора. Два резистори, R1 і R2, номінальним опором 1 кОм (тут і далі — рис. 6) є термінацією — навантаженням, збалансованим із «землею», завдання якого — зменшення проникнення в лінію завад від синфазних наведень та їхнього випромінювання. Останні, як уже було сказано, за наявності неузгодженості через неідеальність лінії перетворюються на диференціальні, і навпаки.

Конденсатор C3 ємністю 100 нФ з розрядним резистором R3 опором 100 кОм забезпечує розв'язку за постійним струмом, замикаючи сигнали змінного струму на «землю». Конденсатори C1, C2 зазвичай мають ємність 100 нФ за робочої напруги 50 В, вони порівняно малі за габаритами та недорогі. Такі конденсатори використовуються в локальних автомобільних мережах із низькою напругою за максимальної довжини кабелю до 15 м.

Вимоги щодо гальванічної ізоляції

Для обладнання, що не належить до автомобільного, стандарт IEEE 802.3 встановлює вимоги до ізоляції для систем сигналізації згідно зі стандартом IEC 62368-1², що відповідає стійкості до напруги 1500 В змінного струму протягом 60 с. Допускається також ви-

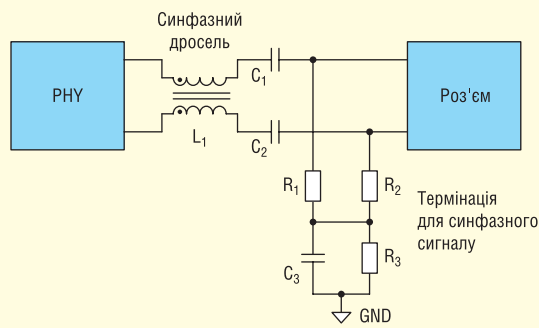


Рис. 6. Схема однопарного Ethernet для автомобільного Ethernet 100BASE-T1

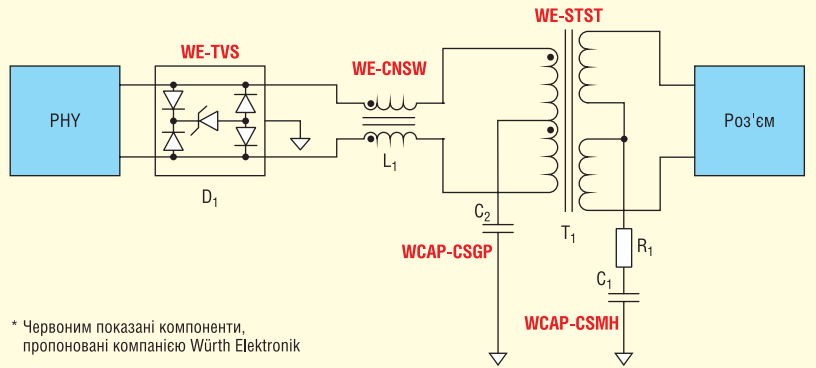


Рис. 7. Електрична принципова схема SPE з трансформаторною гальванічною розв'язкою для SPE 100BASE-T1

пробування напругою 2250 В постійного струму протягом 60 с або подачею певних імпульсів виробувальної напруги. Природно, що настільки високі напруги не можуть підтримуватися конденсаторами, розрахованими на роботу напругу 50 В, тому розробникам необхідно шукати альтернативні шляхи. Як варіант усунення проблеми ізоляції та гальванічної розв'язки в наступному розділі описується рішення з використанням розділового трансформатора. Докладні вимірювання та порівняння цього рішення щодо конденсаторів з напругою 2000 В наведено в розділі «Автомобільні та індустріальні рішення SPE, порівняння продуктивності».

Частотний діапазон 1–66 МГц, визначений для SPE 100BASE-T1, практично збігається з діапазоном частот Gigabit Multipair Ethernet (1–62.5 МГц). Тому цілком очевидно, що схему для SPE можна розробити на підставі електричної принципової схеми Gigabit Ethernet, як це показано на рисунку 7.

Центральним елементом схеми слугує імпульсний трансформатор, який призначений для передавання сигналів і підтримує гальванічну розв'язку та в ідеалі

не чинить негативного впливу на сигнали даних. Тобто забезпечує їхню цілісність. Трансформатор під'єднано до конденсаторів на центральних відводах, які, своєю чергою, приєднані до «землі» (GND). Наявний у схемі синфазний дросель виконує свою звичну функцію придушення синфазних завад. Щоб забезпечити захист від імпульсів електростатичного розряду, між синфазним дроселем і мікросхемою PHY встановлено TVS-діод. Придушення електростатичного розряду буде ще кращим, якщо TVS-діод розташовано між роз'ємом і трансформатором. Однак, щоб не викликати короткого замикання між сигнальними контактами та GND під час високошвидкісних тестів, діод має бути вимкнений. Таке рішення допускається під час випробувань стандартом IEC 62368-1. У наступному розділі окремі компоненти схеми будуть описані більш детально.

Особливості вибору трансформатора для гальванічної розв'язки

Для SPE обрано трансформатор компанії Würth Elektronik серії WE-STST [2] (рис. 8). Його компактна кон-

² В Україні діє ДСТУ EN 62368-1:2017 Обладнання аудіо-, відео-, інформаційних та комунікаційних технологій. Частина 1. Вимоги щодо безпеки (EN 62368-1:2014; AC:2015-05; AC:2015-02; AC:2015-11; AC:2017; A11:2017; IDT; IEC 62368-1:2014, MOD; Cor 1:2014; Cor 2:2015, IDT). Поправка № 1.

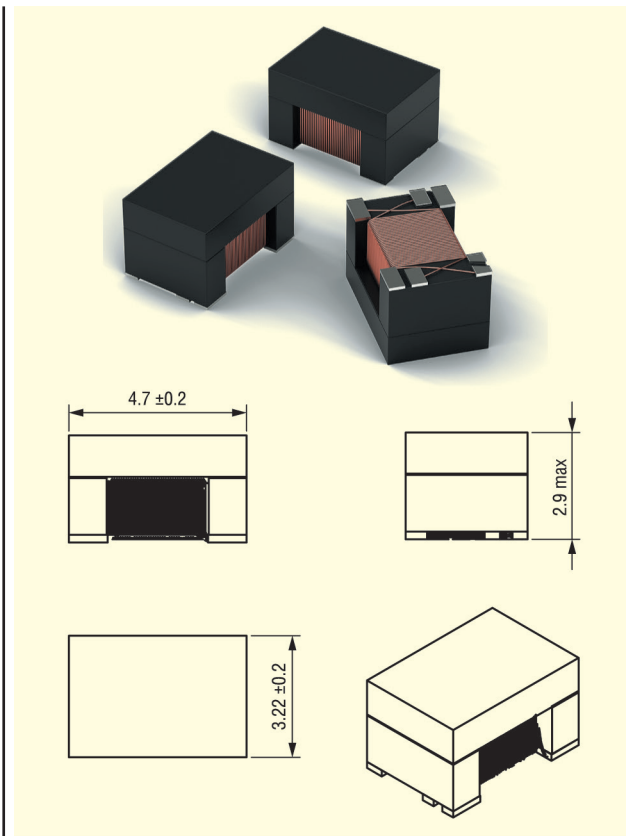


Рис. 8. Зовнішній вигляд і габаритні розміри трансформаторів серії WE-STST

струкція порівняно з традиційними трансформаторами LAN, а також висока індуктивність 350 мкГн забезпечують хороші характеристики сигналу навіть на більш низьких частотах, ніж передбачено для SPE 100BASE-T1. Крім того, він розроблений для технології поверхневого монтажу і повністю виготовляється на автоматичній лінії, що гарантує мінімальний розкид характеристик.

Трансформатор складається з осердя, виконаного на основі марганець-цинкового (Mn-Zn) фериту, з біфілярними первинною і вторинною обмотками, які для забезпечення індуктивного зв'язку розміщені одна над одною. Ізоляція забезпечується емальним покриттям проводів як на первинній, так і на вторинній стороні. Через прямий індуктивний зв'язок і передавальне відношення 1:1 диференціальні сигнали передаються з дуже низьким загасанням, а напруга постійного струму блокується. Крім гальванічної розв'язки, сигнальний трансформатор має передавати дані в діапазоні частот 1–66 МГц, передбаченому для однопарного Ethernet 100BASE-T1. Для 10BASE-T1 з частотами 0.1–20 МГц можна використовувати такий самий трансформатор. Параметрами цілісності сигналу є зворотні та внесені втрати (Sdd11 і Sdd21). При цьому в усьому частотному діапазоні сигналу внесені втрати не повинні перевищувати 3 дБ. Графіки залежності втрат для трансформаторів серії WESTST компанії наведено на рисунку 9. Детальнішу інформацію про трансформатори компанії Würth Elektronik серії WE-STST можна знайти в [3].

Термінація трансформатора для придушення синфазних сигналів

Наскільки добре відфільтровуються синфазні сигнали, вказує такий параметр трансформатора, як коефіцієнт при-

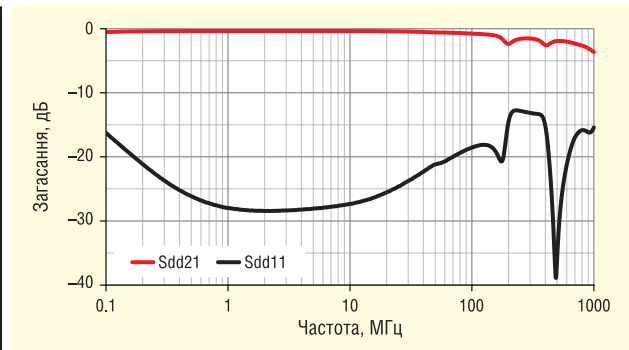


Рис. 9. Внесені втрати (показані червоним) і зворотні втрати (показані чорним) трансформаторів серії WE-STST компанії Würth Elektronik

душення синфазного сигналу (common mode rejectionratio, CMRR). Хоча він і не нормується в стандартах IEEE 802.3cg і IEEE 802.3bw, але на практиці важливо досягти хороших значень CMRR в усьому діапазоні частот, адже синфазні сигнали стають основною причиною порушення цілісності сигналу під час передавання. Оскільки CMRR трансформатора значною мірою залежить від міжобмотувальної ємності трансформатора, його значення можна значно поліпшити, під'єднавши центральне відведення трансформатора до землі (GND). Типовий варіант термінації (рис. 7) забезпечує для синфазних сигналів шлях із низьким опором у разі з'єднання центрального відведення з «землею». З боку кабелю з'єднання з GND складається з резистора R1, під'єданого до «землі» послідовно з конденсатором ємністю 1 нФ. Резистор R1 опором 100 Ом є навантажувальним для сигналу SPE і виконує необхідну термінацію (завершення), в той час як конденсатор C1 забезпечує шлях з низьким опором до «землі» і для реалізації гальванічної розв'язки обраний з робочою напругою 2 кВ.

Конденсатор C2, встановлений від центрального відводу первинної обмотки трансформатора (рис. 7), виконує відразу два завдання. По-перше, запобігає короткому замиканню напруги зміщення PHY на GND. По-друге, забезпечує ВЧ-з'єднання з «землею» так, що синфазні заводи на вході добре пригнічуються. А ось симетризація сигналів близько 0 В відбувається на вторинній стороні трансформатора. Це зручно, і тому ми тут маємо справу тільки з сигналом змінної напруги, а напруга зміщення постійного струму блокується. Якщо звернутися до [3], то на додаток до рисунку 7 можна побачити, що на середній вивід первинної обмотки сигнального трансформатора подають напругу, яка залежить від використовуваної мікросхеми PHY.

Крім підключення відгалужень від центральних виводів до «землі», параметри, що визначають придушення синфазної складової трансформатором, також залежать від його неідеальності. Шляхом накладення обмоток індуктивність розсіювання зберігатиметься на мінімально можливому рівні, однак це збільшує паразитну ємність між обмотками. Вплив паразитних ефектів може бути зведено до мінімуму шляхом вибору ізоляційного матеріалу (більшою мірою його товщини) і взаємного розташування обмоток. Однак за умови грамотного проектування безпосередньо самої схеми сполучення лінії передавання та ухвалення низки конструктивних рішень трансформатор можна використовувати в діапазоні частот, вищому за 60 МГц.

Придушення ЕМЗ синфазним дроселем

Призначення синфазного дроселя (його ще називають дроселем з компенсацією струму, оскільки синфазні струми

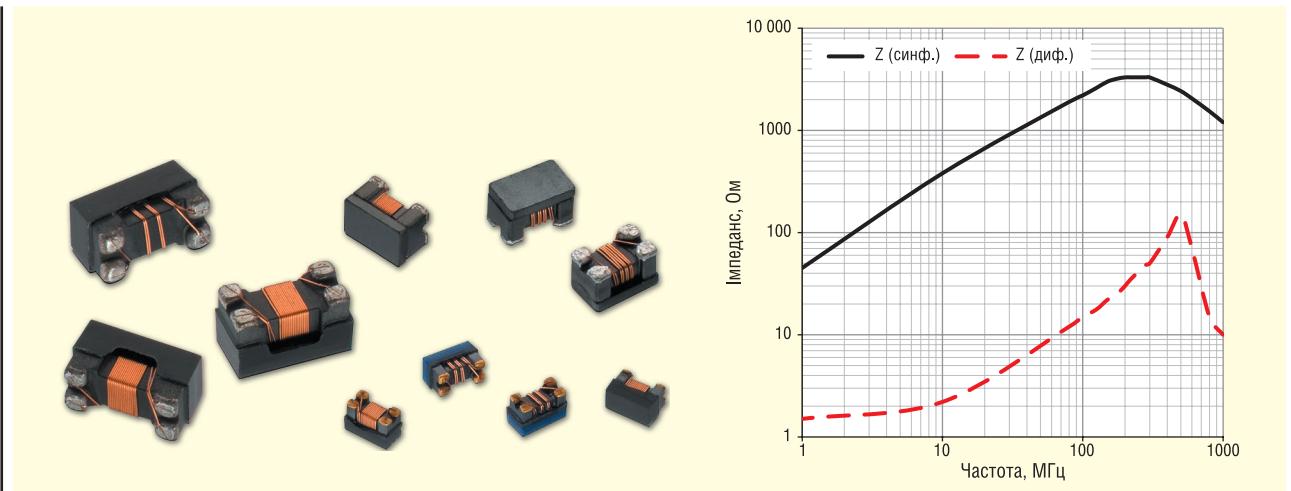


Рис. 10. Зовнішній вигляд варіантів синфазних дроселів серії WE-CNSW компанії Würth Elektronik і графіки залежності імпедансів від частоти для дроселя виконання 744232222

в його обмотках віднімаються) — збалансувати сигнал, тобто симетрувати сигнал так, щоб синфазна завада вираховувалася і не заважала інформації, що передається, яка, як відомо, спеціально передається диференціальними сигналами. Для досягнення цієї мети синфазні завади потрібно не просто видалити, а видалити так, щоб зрештою вони не вплинули на цілісність диференціального сигналу. Ось чому в бажаному діапазоні частот використання синфазного дроселя з великим синфазним, але таким, що при цьому має вкрай малий диференціальний імпеданс, має важливе значення.

На основі графіків, наведених у специфікації, і знаючи обмеження для кожного з протоколів Ethernet, для придушення синфазних ЕМЗ для 100BASE-T1 було обрано синфазний дросель сімейства WE-CNSW [4] компанії Würth Elektronik з номером замовлення 744232222 (у документації компанії цей компонент позиціонується як Common Mode Line Filter, тобто «синфазний лінійний фільтр»). Дроселі сімейства WE-CNSW являють собою компенсований лінійний фільтр лінії передавання даних, забезпечують високе придушення синфазних завад на високих частотах і завдяки високій симетрії обмотки мають малий вплив на високошвидкісні сигнали. Дросель 744232222 постачається в корпусі типорозміру 1206 і має імпеданс, близький до 50 Ом на частоті 1 МГц і 2200 Ом на частоті 100 МГц.

Вибір синфазного дроселя впливає і на згодані раніше завади від втрат перетворення режиму. Що більша кількість витків у дроселі за однієї й тієї самої технології обмотки, то вища завада перетворення між диференціальним і синфазним режимами, і то сильніше це позначається на цілісності сигналу. Інакше кажучи, в деяких діапазонах частот частина диференціального сигналу буде перетворена в синфазний.

Характеристики дроселя 744232222 сімейства WE-CNSW компанії Würth Elektronik наведено в таблиці 2, а його зовнішній вигляд і графіки залежності імпедансів від частоти — на рисунку 10.

Захист інтерфейсу від впливу електростатичного розряду

Завдяки особливостям технології виготовлення і своєї конструкції сучасні мікросхеми не можуть вироблятися зі стійкістю до високих напруг. Цю проблему можуть розв'язати спеціальні компоненти для придушення завад — TVS-діоди (TVS — Transient Voltage Suppressor, буквально «придушувач

Таблиця 2. Електричні характеристики синфазного дроселя 744232222 сімейства WE-CNSW

Параметр	Позначення	Умова вимірювання	Значення параметра	Відхилення
Імпеданс	Z	100 МГц	2200 Ом	±25%
Робоча напруга	U_R	—	20 В	тип.
Робочий струм	I_R	$\Delta T = 20$ К	200 мА	макс.
Опір за постійного струму	R_{DC}	$T = +20$ °C	1200 мОм	макс.

перехідних процесів»). Без ризику бути пошкодженими вони можуть обмежувати перенапруги, зокрема й через вплив електростатичного розряду (ESD — electro static discharge), до рівня, який вже не є критичним для мікросхеми PHU і не має тенденції до проникнення в інші ланцюги. Однак тут є проблема: крім обмеження напруги важливо, щоб TVS-діоди не впливали на цілісність сигналу.

Для того щоб гарантувати цілісність сигналу даних SPE, паразитна ємність TVS-діода не повинна перевищувати 2 пФ. З цієї метою компанія Würth Elektronik випустила серію високочастотних TVS-діодів під назвою WE-TVS SuperSpeed. Вони являють собою не одиничний компонент, а збірки (їх ще називають «матриці»), у складі яких є один або кілька TVS-діодів, та ефективно захищають вхід електронної апаратури від впливу електростатичних імпульсів відповідно до EN 61000-4-2³. Крім того, через їхню наднизьку власну ємність (<0.6 пФ) вони практично «невидимі» для даних, що передаються з дуже високою швидкістю [5].

Для оцінки системи SPE, запропонованої в рамках статті, було обрано TVS-діодну мікросхему компанії Würth Elektronik (номер у каталозі для замовлення 824012823), яка може бути підключена до двох контактів для входу сигналу (IO 1 і IO 2). Мікросхема виконана в корпусі DFN1210-6L розміром лише 1.2×1 мм. Вбудований TVS-діод підходить для сигналів даних з піковою напругою не більше ніж 3.3 В і має вхідну ємність, що не перевищує 0.27 пФ. Така мікросхема гарантує захист від прямого (контактного) розряду напругою 8 кВ і повітряного 15 кВ як у позитивній, так і в негативній полярності, що дасть змогу ефективно захистити мікросхему інтерфейсу SPE. Схему і зовнішній вигляд TVS-ді-

³ В Україні діє ДСТУ EN 61000-4-2:2018 Електромагнітна сумісність. Частина 4-2. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливості до електростатичних розрядів (EN 61000-4-2:2009, IDT; IEC 61000-4-2:2008, IDT)

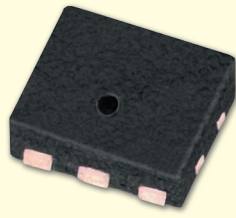
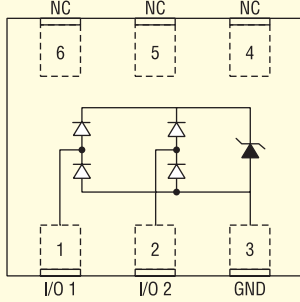


Рис. 11. Схема і зовнішній вигляд TVS-діодної мікросхеми компанії Würth Elektronik 824012823

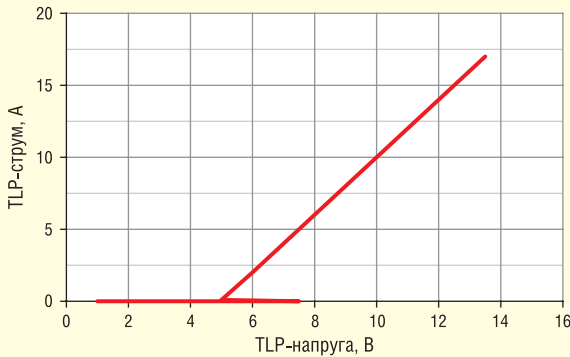


Рис. 12. Вимірювання під час впливу імпульсу напруги, що генерується методом імпульсу лінії передачі

одної мікросхеми компанії Würth Elektronik 824012823 наведено на рисунку 11.

На частоті 10 ГГц у цієї TVS-діодної мікросхеми значення внесених втрат становить +1.57 дБ, а тому її практично не видно для сигналу даних. На рисунку 12 показано обмеження напруги електростатичного розряду, для моделювання якого використовували метод тестування, іменованій «Імпульс лінії передачі» (Transmission Line Pulse, TLP). Він застосовується згідно з IEC 61000-4-2 (і ДСТУ EN 61000-4-2:2018 відповідно) для моделювання імпульсів впливу з малою тривалістю і високою швидкістю наростання, тобто аналогічних впливу ESD. У нашому випадку це означає перехід від 0 до 13.5 А з імпульсами тривалістю 100 нс. Наприклад, імпульс електростатичного розряду 4 кВ згідно з IEC 61000-4-2 через 30 нс генерує струм 8 А. Використання TVS-діодної мікросхеми 824012823 від компанії Würth Elektronik призводить до обмеження напруги на рівні 6 В. Таким чином, на сигнальному контакті IC буде лише 6 В замість 4 кВ.

Загалом, найкращий підхід — розмістити мікросхему з TVS-діодом якомога ближче до роз'єму. Тому що високо-частотний імпульс електростатичного розряду може легко наводитися на інші сигнальні лінії, хоча сам TVS-діод під час тестування імпульсом високої напруги перебуватиме в режимі низького опору. Щоб уникнути коротких замикань і руйнування діода струмом під час високочотних випробувань між сигнальними виводами та GND, діод або поміщають між трансформатором і мікросхемою PHY, або (якщо його розміщено між розеткою та трансформатором) під час тесту відключають від заземлення (GND).

Автомобільні та індустріальні рішення SPE, порівняння продуктивності

Для того щоб мати змогу оцінити характеристики схеми гальванічної розв'язки на основі трансформатора, у

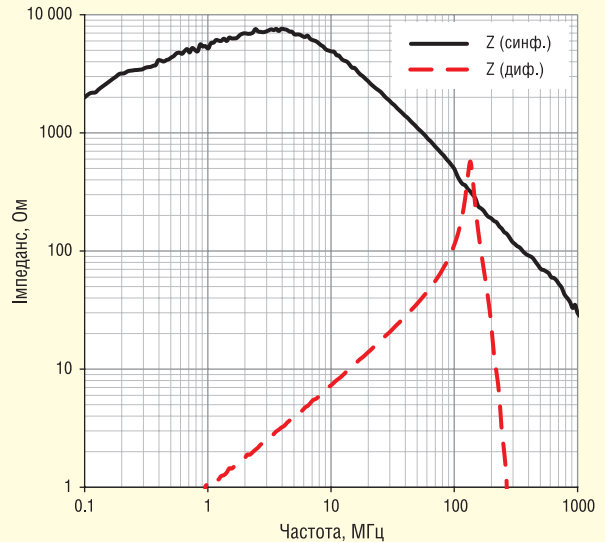
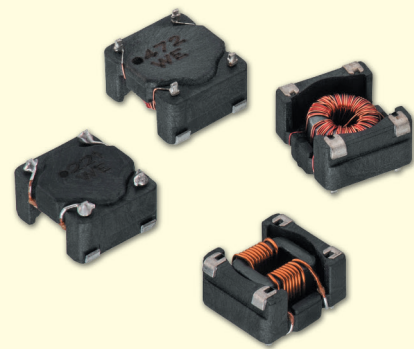


Рис. 13. Зовнішній вигляд варіантів сінфазних дроселів серії WE-SL5 компанії Würth Elektronik і графіки залежності імпедансів від частоти для дроселя виконання 744272222 для 10BASE-T1

цьому розділі вона порівнюється з двома іншими схемами. У першій схемі для гальванічної розв'язки використовуються конденсатори ємністю 100 нФ, розраховані на робочу напругу 50 В і призначені для автомобільних рішень локальної мережі Ethernet. У другій схемі встановлено конденсатори ємністю 100 нФ із робочою напругою 2 кВ, що характерно для індустріальних застосувань. Високі вимоги до зворотних втрат 10BASE-T1 і втрат перетворення режиму 100BASE-T1 призводять до різних варіантів конструкції. Відмінності між 10BASE-T1 і 100BASE-T1 в основному полягають в наявності або відсутності сінфазних дроселів для фільтрації сінфазних ЕМЗ. Для SPE 10BASE-T1 застосовується принципова схема з двома паралельними конденсаторами, як це було описано раніше.

У разі 10BASE-T1 нижня частота сигналу становить 100 кГц, крім того, в цьому варіанті необхідно вибрати сінфазний дросель з низькою резонансною частотою. Сінфазний дросель сімейства WE-SL5 компанії Würth [6] виконання 744272222 (у документації компанії цей компонент, так само як і дроселі сімейства WE-CNSW, називається Common Mode Line Filter, тобто «сінфазний лінійний фільтр») не лише забезпечує придушення сінфазного сигналу, а й позитивно впливає на зворотні втрати і втрати перетворення режиму. Через низьку частоту зрізу, малі габаритні розміри (108.7 мм) і високе значення індуктивності (22 200 мкГн) сінфазного дроселя його характеристики придушення сінфазних ЕМЗ дуже

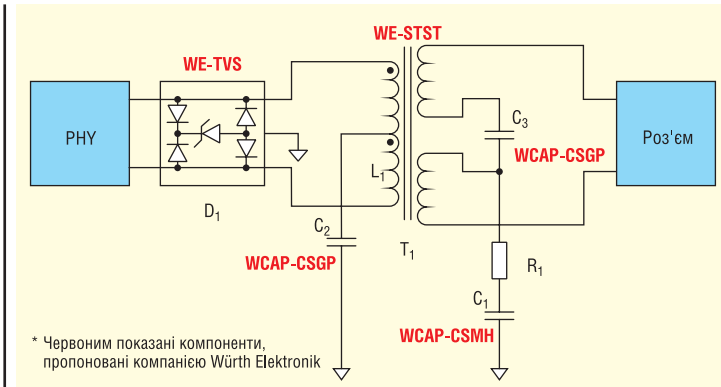


Рис. 14. Рішення для 10BASE-T1 із трансформатором

хороші, а негативний вплив на цілісність сигналу практично відсутній. Характеристики придушення синфазного сигналу дроселя 744272222 сімейства WE-SL5 компанії Würth показано на рисунку 13.

Більш компактним, але електрично еквівалентним рішенням для 10BASE-T1 є варіант із трансформатором, як це показано на рисунку 14. На відміну від схеми, наведеної на рисунку 7, для SPE при швидкості передачі 10 Мбіт/с синфазний дросель не потрібен. Причина — досить гарне придушення завад трансформатора на низьких частотах. Ще однією відмінністю є наявність конденсатора C3 на двох центральних виводах, який збільшує смугу пропускання трансформатора до 35 кГц і, таким чином, допомагає поліпшити зворотні втрати на низьких частотах.

Оскільки далеко не у всіх типів трансформаторів є можливість розділити вторинну обмотку на дві рівноцінні частини, то замість конденсатора C3 на зовнішніх виводах трансформатора можна використовувати два конденсатори (рис. 15), що необхідно для досягнення гальванічної розв'язки. Хоча таке рішення і мінімально збільшує схему, зате її можна використовувати для додатків із живленням через лінію даних за технологією PoDL. Для PoDL напруга на обох конденсаторах зменшується вдвічі, що запобігає зниженню їхньої ємності залежно від напруги зміщення. Останнє характерно для багат шарових керамічних конденсаторів відносно великої ємності з діелектриками X5R і X7R. Якщо передаються тільки дані, достатньо конденсаторів із робочою напругою 25 В, тоді як для рішень PoDL знадобляться конденсатори з робочою напругою 100 В.

Крім робочої напруги конденсаторів, для обох принципів схем, наведених на рисунках 14 і 15, також важлива і їхня ємність. Для того щоб відповідати обмеженням, накладеним у стандарті IEEE 802.3cd, моделювання та вимірювання приводять нас до мінімального значення ємності конденсаторів, що дорівнює 100 нФ. Однак у розділі 146.5.4.2 стандарту вказується, що падіння рівня вихідного сигналу під час передавання для тестового сигналу мікросхеми PHY в інтервалі 133.3–800 нс не має перевищувати 10%. Щоб задовольнити цю вимогу, можна піти двома шляхами. Або підвищити індуктивність трансформатора, що означає збільшення його габаритів, або використовувати конденсатори з великими значеннями ємності. Другий варіант компактніший, дешевший і простіший у реалізації. У цьому випадку для досягнення найкращого компромісу між вимогами до падіння напруги і зворотними втратами можна встановити конденсатори з номінальною ємністю 470 нФ, що підтверджується осцилограмою, наведеною на

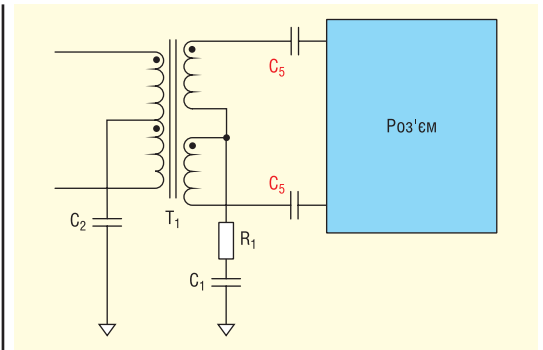


Рис. 15. Конденсатори C4 і C5 на зовнішніх виводах трансформатора як альтернатива використанню конденсатора C3

рисунку 16. Як можна бачити, таке рішення схеми забезпечує падіння напруги близько 8.3% і, отже, гарантує його відповідність вимогам стандарту.

На рисунку 17 показано відмінності в розмірах різних схем. З двох конструкцій для 10BASE-T1, виконаних на дру-



Рис. 16. Осцилограма вимірювання падіння напруги

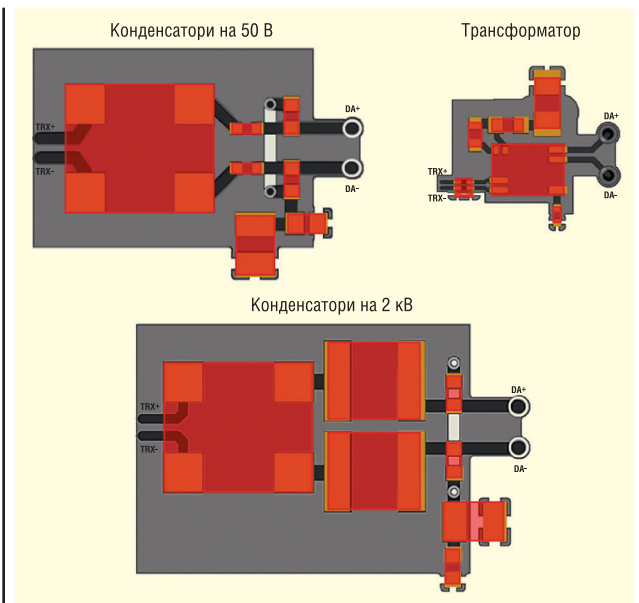


Рис. 17. Необхідне місце на друкованій платі фільтрів SPE 10BASE-T1 для трьох варіантів виконання

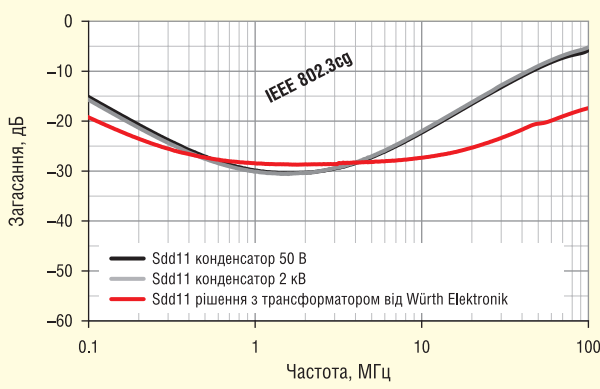


Рис. 18. Вимірювання зворотних втрат для фільтра SPE 10BASE-T1 загасання, дБ

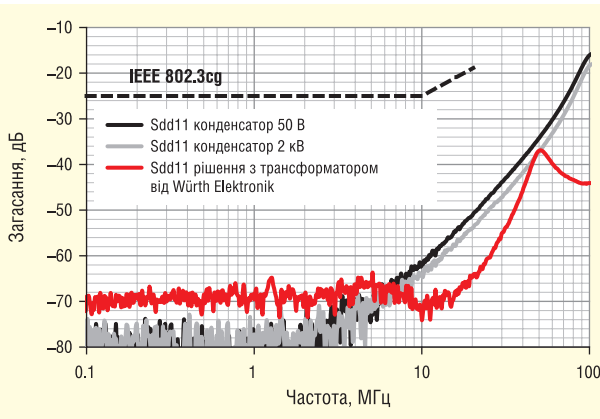


Рис. 19. Вимірювання втрат перетворення режиму 10BASE-T1

кованій платі, рішення з синфазним дроселем займає найбільше місця. Відносно великі і рішення з конденсаторами, розрахованими на робочу напругу 2 кВ, і з конденсаторами номінальною ємністю 100 нФ.

SPE 10BASE-T1: результати тестування

Як показує вимірювання втрат на відбиття, значення, які представляють конденсаторні рішення, на рисунку 18 вони виділені сірим і чорним кольором, майже точно розташовані один над одним. Значення для обох рішень між частотами 100 і 200 кГц дуже близькі до межі, встановленої стандартом IEEE. Набагато кращі значення досягаються під час використання трансформатора (червона крива), що також дає

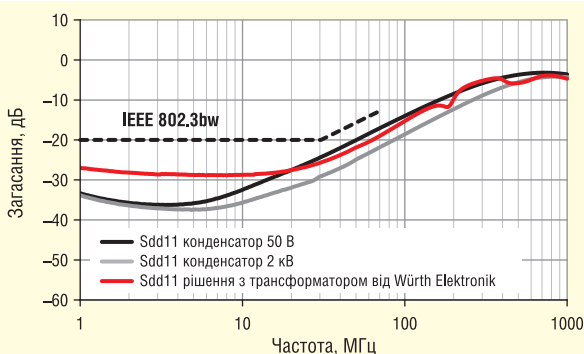


Рис. 21. Вимірювання зворотних втрат для фільтра SPE 100BASE-T1

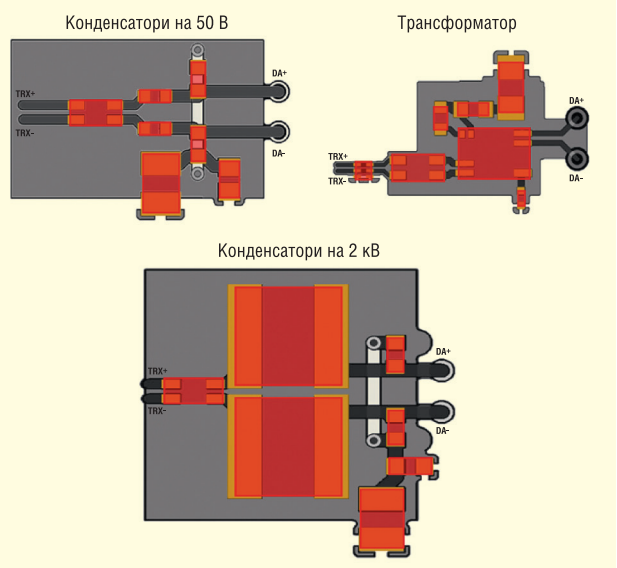


Рис. 20. Необхідне місце на друкованій платі фільтрів SPE 100BASE-T1 для трьох варіантів виконання

кращі результати, ніж рішення з конденсатором, і на більш високих частотах, починаючи від 5 МГц.

При цьому всі три варіанти показують дуже хороші значення втрат на перетворення режиму (рис. 19). На рисунку видно, що відстань між цільовим і фактичним значеннями завжди перебуває в межах 30–40 дБ. Однак якщо дивитися правді в очі, то конденсаторні рішення все ж таки дещо краще поведуться в діапазоні частот 0.1–6 МГц, а рішення з трансформатором — у діапазоні 6–20 МГц.

SPE 100BASE-T1: результати тестування

Варіант із конденсатором на робочу напругу 50 В відповідає принциповій схемі, наведеній на рисунку 6. Порівняно з рішенням для 10BASE-T1 (оскільки придушення завод на низьких частотах у діапазоні 0.1–1 МГц не потрібне) розмір синфазного дроселя для 100BASE-T1 може бути набагато меншим. Через зменшення розміру синфазного дроселя рішення на 50 В є тепер найкомпактнішим із трьох конструкцій, представлених на рисунку 20.

Як можна бачити на рисунку 20, конструкція з конденсатором на робочу напругу 2 кВ значно менша через менший розмір дроселя, але з погляду площі, яку вона займає, вона, як і раніше, залишається найбільшою з усіх конструкцій (рис. 20). Утім, за винятком більших за габаритами і робо-

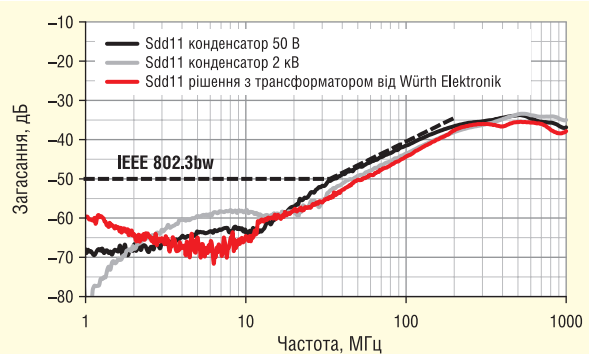


Рис. 22. Вимірювання втрат перетворення режиму для фільтра SPE 100BASE-T1

Таблиця 3. Перелік використаних для дослідження компонентів

Найменування	Тип корпусу	Електричні параметри	Виробник	Номер для замовлення
Кабельний роз'єм SPEIP20 (вилка)		4 А/60 В DC/600 МГц	Harling	33280101001
SPE-розетка		4 А/60 В DC/600 МГц	Harling	09452812800
TVS-діод	DFN1210	3.3 В DC, 0.18 нФ	Würth Elektronik	824012823
Синфазний дросель	1206	Z = 2200 Ом на 100 МГц	Würth Elektronik	744232222
Сигнальний трансформатор	1812	2250 В DC, 350 мкГн	Würth Elektronik	74930000
Конденсатор 1	1206	1 нФ, 2000 В DC	Würth Elektronik	885342208024
Конденсатор 2	0402	100 нФ, 50 В DC	Würth Elektronik	885012205084
Конденсатор 3	0603	470 нФ, 25 В DC	Würth Elektronik	885012206075
Резистор	0603	100 Ом		

чою напругою конденсаторів, тут немає якихось відмінностей від рішення автомобільного варіанта Ethernet з конденсаторами на напругу 50 В.

На відміну від 10BASE-T1, оскільки необхідно забезпечити придушення завад на частотах до 200 МГц, конструкція з трансформатором вимагає наявності синфазного дроселя. Синфазний дросель придушує як перетворення режиму, так і синфазні сигнали на більш високих частотах. Результати вимірювань для SPE 100BASE-T1 більш детально описані в наступному розділі.

Вимірювання

Під час вимірювання зворотних втрат значення в ділянці частот 1–20 МГц ближчі до номінальної кривої в трансформаторному рішенні, ніж у двох інших конструкціях, водночас конденсатор із робочою напругою 2 кВ показує найкращі результати (рис. 21). Загалом, значення всіх графіків вимірювання перебувають на достатній відстані від межі, встановленої для зворотних втрат, із запасом не менше ніж у 3 дБ.

У разі втрат перетворення режиму вимірні значення в рішенні з конденсаторами на робочу напругу 50 В для діапазону 25 МГц дуже близькі до межі стандарту IEEE, а в деяких випадках практично перевищують його. Рішення на основі трансформатора і рішення з конденсаторами на 2 кВ видаються тут найкращою альтернативою. У цьому діапазоні частот графіки, що описують результати вимірювання, мають значно більшу відстань від кривої номінальних значень (близько 3 дБ). Усі результати показано на рисунку 22.

ВИСНОВОК

Для обох варіантів конденсаторів очікувані допуски компонентів означають, що не можна гарантувати, що зворотні втрати фільтра відповідатимуть

вимогам IEEE 802.3cz для 10BASE-T1. Крім того, площа, яку вони займають, порівняно з трансформатором більша через наявність синфазного дроселя, а в рішенні з конденсатором на 2 кВ — значно більша.

Для рішення 100BASE-T1 варіант із конденсатором на 50 В виявляється лише частково придатним для задоволення вимог до втрат перетворення в режимі на частотах, що перевищують 30 МГц. Навіть якщо не враховувати обов'язкову гальванічну розв'язку згідно з IEC 62368-1, трансформаторне рішення тут є найкомпактнішим, а з погляду стабільності сигналу оптимальним рішенням для однопарного Ethernet — як 10BASE-T1, так і 100BASE-T1. Для довідки в таблиці 3 наведено дані про всі використані в дослідженні компоненти.

Література:

- Vornhagen F., Leihenseder M., Demharter R., Alba I. M., Mark S., Bustos J., Fritsche M. *Single Pair Ethernet for Industrial Applications*. ANP085a. Würth Elektronik eiSos, 2021. <https://www.we-online.com/components/media/o341320v410%20ANP085b%20EN.pdf>
- WE-STST Super Tiny Signal Transformer. www.we-online.com/catalog/en/WE-STST
- Бустос Х., Шиллінгер Р., Марк С., Чен А. *Краткое руководство по разработке промышленного Ethernet с использованием трансформаторов WE-STST компании Würth Elektronik // CHIP NEWS Украина. 2020. № 8.*
- WE-CNSW HF SMT CommonMode-LineFilter. www.we-online.com/catalog/en/WE-CNSW-HF
- Шиллінгер Р., Блейки Р. *Эффективная фильтрация и защита порта USB 3.1 // CHIP NEWS Украина. 2020. № 3.*
- WE-SL5 SMT Common Mode Line Filter. www.we-online.com/catalog/en/WE-SL5

АСПЕКТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ІНТЕРФЕЙСІВ GIGABIT ETHERNET

Нещодавно компанія **Würth Elektronik** опублікувала свій еталонний проект RD016 (<https://www.we-online.com/RD016>) та відповідну документацію ANP116 (<https://www.we-online.com/ANP116>). Цим виробник електронних та електромеханічних компонентів надає цінну інформацію для розробки EMC-сумісних рішень Gigabit Ethernet. Розробники отримують оптимізовану схемотехніку і найкращу компоновку передньої панелі Gigabit Ethernet разом з усіма технічними даними.

«Gigabit Ethernet зарекомендував себе як мережний стандарт в офісних і промислових середовищах. Тим не менш, у відповідній технічній літературі мало інформації про аспекти електромагнітної сумісності інтерфейсів Gigabit Ethernet. Ми заповнюємо цю прогалину за допомогою нашого еталонного проекту», — сказав Герхард Штельцер (Gerhard Stelzer), старший технічний редактор Würth Elektronik eiSos.

Еталонний дизайн пропонує два інтерфейси: USB Type C (USB 3.1) та 1-гігабітний інтерфейс RJ45/Ethernet. Гігабітний Ethernet-USB адаптер був розроблений на основі оціночної плати EVB-LAN7800LC компанії Microchip. Плата використовує 4-шарову компоновку і живиться через USB.

У першій частині документа RD016 представлені технічні основи, необхідні для розуміння еталонного проекту. У другій частині детально описується інтерфейс Ethernet 1 Гб аж до фізичного рівня (PHY в моделі OSI). Аспекти електромагнітної сумісності детально висвітлені в Додатку ANP116.

Для реконструкції еталонної плати доступні проектні дані (дані Altium Designer/Gerber).

Würth Elektronik eiSos Group — виробник електронних та електромеханічних компонентів для електронної промисловості, а також технологічна компанія, яка є лідером у розробці новаторських електронних рішень. Würth Elektronik eiSos є одним з найбільших європейських виробників пасивних компонентів і працює в 50 країнах світу.

www.we-online.com

Вибір правильної апаратної архітектури для рішень з відстеження в IoT

Самуеле Фалькомер (Samuele Falcoer), u-blox
Оресте Концепіто (Oreste Concepito), u-blox

Жодна апаратна архітектура не може задовольнити весь спектр потреб ринку GNSS-трекінгу в IoT. Ця стаття пропонує рекомендації щодо вибору технологічного рішення, яке найкраще буде відповідати вимогам вашого власного варіанту використання.

БЕЗДРОТОВІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ: ЩО, КОЛИ, ДЕ В ІОТ

Хмарні рішення для відстеження (трекінгу) є одними з найбільш поширених кінцевих точок в IoT. Вони одноосібно відповідають на питання «де», «що» і «коли», які визначають загальні випадки використання IoT, наприклад: «Де затримується моя партія свіжої полуниці?» Додаткові датчики дають додаткову інформацію як в режимі реального часу, так і в історичному аспекті: «Чи піддаються вони впливу сонячного світла? Чи належним чином підтримується температура? Чи обережно поводилися з ящиками під час транспортування?»

У минулому рішення для відстеження IoT, як правило, складалися з повністю незалежних модулів: GNSS-приймача з власним радіочастотним інтерфейсом і антеною, що встановлений поряд зі стільниковим модемом, також підключеним до власного радіочастотного інтерфейсу і антени. Прагнучи зменшити розмір і вартість своїх рішень, виробники апаратного забезпечення зменшили їх, відмовившись від деяких компонентів і розмістивши усі елементи на одному шматку кремнію в конструкції «система на кристалі» (SoC).

Це, однак, коштувало певних витрат як з точки зору продуктивності приймача позиціонування GNSS, так і з точки зору стільникового модему. У більшості рішень приймач GNSS і стільниковий модем мають спільну ра-

діочастотну передню панель, що унеможливує одночасне приймання сигналу GNSS і стільникового сигналу. Інші зменшили максимальну потужність передачі своїх стільникових модемів на 3 дБ, щоб зменшити витрати на матеріали, але це призвело до повторних передач, більших затримок, більшого енергоспоживання і зменшення покриття в складних умовах, наприклад, в приміщенні або на краю досяжності стільникової лінії зв'язку¹.

Визнаючи цінність невеликих і економічно ефективних продуктів для ринку відстеження IoT, але не бажаючи приймати компроміси, пов'язані з архітектурою «системи на кристалі» (SoC), ми в u-blox застосували альтернативний підхід, який називаємо комбінованим рішенням. Наші комбіновані рішення є першою пропозицією на ринку відстеження, яка базується на повному дизайні на кристалі, пропонуючи повністю інтегровану функцію позиціонування GNSS і стільникового зв'язку в одному модулі без втрати продуктивності (рис. 1).

Ринок відстеження в IoT охоплює широкий спектр найрізноманітніших випадків використання. Хоча комбіновані рішення задовольняють потреби декількох з них, вони не можуть замінити автономні рішення, які залишатимуться кращою апаратною архітектурою для проектів, що вимагають великого ступ-

¹ <https://www.u-blox.com/en/blogs/insights/now-no-time-whisper-why-industrial-iot-needs-23-dbm-transmission-power>

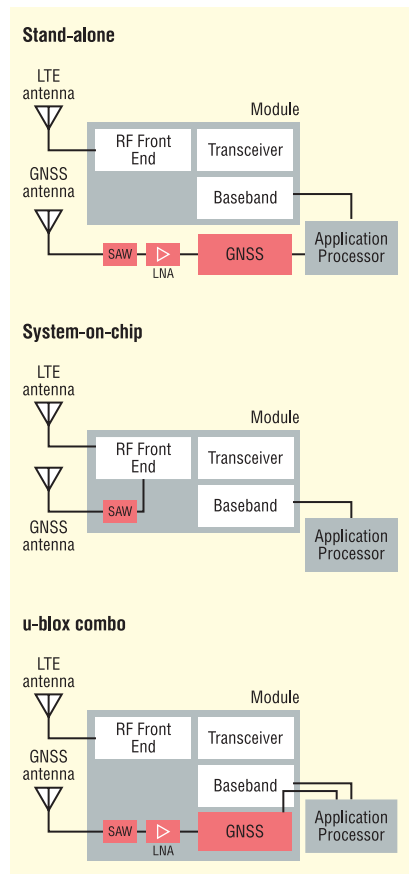


Рис. 1. Архітектурні відмінності між автономними, система-на-кристалі та комбінованими рішеннями для відстеження Інтернету речей

пеня гнучкості дизайну або виняткової продуктивності. Не маючи під рукою універсального рішення, вибір найбільш підходящої апаратної архітектури для конкретного застосування вимагає зважування всіх «за» і «проти» наявних рішень. Ця стаття пропонує рекомендації щодо вибору технологічного рішення, яке найкраще відповідає вимогам Вашого варіанту використання.

РІЗНОМАНІТНИЙ РИНОК ВІДСТЕЖЕННЯ ПОТРЕБУЄ РІЗНОМАНІТНИХ РІШЕНЬ

За останні роки очікування щодо ефективності рішень для відстеження та телематики швидко зростають. Хоча точність, розмір і ціна вже давно домінують в пропонуванні продажів, все більшого значення набувають такі фактори, як покриття, доступність, безпека, енергоспоживання і повна підтримка протягом усього терміну служби. Ця тенденція супроводжується швидким зростанням ринку, де дедалі більше різноманітних варіантів використання систем відстеження і телематики покладаються на супутникове позиціонування і технології стільникового зв'язку.

Найпоширеніші випадки використання відстеження можна згрупувати в чотири широкі категорії:

- **Управління автопарком:**
 - вантажівки;
 - комерційні автопарки (оренда, бізнес);
 - таксі;
 - поїздки на замовлення;
 - мікромобільність;
 - машини швидкої допомоги.
- **Автомобільні послуги:**
 - повернення викрадених транспортних засобів;
 - оплата за проїзд дорогами за принципом «pay-as-you-go»;
 - страхування транспортних засобів на основі використання.
- **Відстеження вантажів/товарів:**
 - відстеження контейнерів;
 - відстеження палет;
 - відстеження дорогого обладнання.
- **Відстеження людей і тварин:**
 - відстеження дітей;
 - відстеження працівників;
 - відстеження правопорушників;
 - відстеження домашніх тварин;
 - відстеження диких тварин.

БАЛАНСУВАННЯ МІЖ КОНКУРУЮЧИМИ ПОТРЕБАМИ

Знайти оптимальний баланс між функціональністю, продуктивністю, енергоспоживанням, розміром і вартістю може бути досить непросто. Якщо ви є розробником пристроїв, які використовують супутникові системи позиціонування та бездротового зв'язку, вам, ймовірно, доведеться зважити деякі з наведених нижче факторів, щоб знайти

апаратне рішення, яке найкраще відповідає вашим власним потребам.

Продуктивність/точність GNSS

За останні роки продуктивність GNSS значно покращилася, і сьогодні доступні рішення, які задовольняють навіть найскладніші вимоги. Останнє покоління приймачів GNSS використовує супутникові сигнали в декількох частотних діапазонах від декількох супутникових систем одночасно для досягнення точності на рівні одного метра в найпоширеніших умовах. За допомогою послуг з корекції GNSS, деякі з яких зараз орієнтовані на масовий ринок, точність може бути підвищена ще більше, до декількох сантиметрів.

Доступність GNSS

Приймачі GNSS потребують гарної видимості неба для оптимальної роботи. Тунелі, автостоянки і навіть густі ліси або глибокі міські каньйони можуть призвести до того, що приймачі втраять дані про своє місцезнаходження. Гібридні (на основі стільникової мережі) рішення для позиціонування та інерційні вимірювання можуть розширити зону обслуговування та покращити роботу у важкодоступних умовах.

Доступність стільникового зв'язку

Тенденція до послуг відстеження в режимі реального часу підвищила вимоги до покриття стільникових мереж. Менеджери автопарків, наприклад, все частіше очікують можливості миттєвого визначення місцезнаходження своїх транспортних засобів і взаємодії з ними, незалежно від того, де вони знаходяться. З одного боку, це вимагає, щоб модулі стільникового зв'язку були сумісними і сертифікованими для доступних технологій на всіх територіях, де вони можуть опинитися. Вони також повинні мати максимальну доступність послуг на цих територіях, наприклад, на периферії стільникового зв'язку, під землею або в інших важкодоступних місцях. Цього можна досягти за допомогою технологій стільникового зв'язку з низьким енергоспоживанням (LPWA), готових до 5G (LTE-M, NB-IoT), або за допомогою резервних варіантів застарілих технологій, таких як мережі 2G, які залишаються поширеними в Європі, Латинській Америці та інших регіонах.

Паралельна робота

Обмежені в розмірах, економічно ефективні телематичні пристрої можуть потребувати інтегрованих рішень LTE

і GNSS. Те, як саме вони інтегровані, може визначити, чи можуть позиціонування і стільниковий зв'язок працювати одночасно. Більшість інтегрованих продуктів на ринку — це SoC. Вони мають однаковий радіочастотний інтерфейс для прийому супутникових сигналів і передачі даних стільникового зв'язку. Це має деякі серйозні недоліки, оскільки передача даних може переривати позиціонування GNSS, або, навпаки, позиціонування GNSS може переривати передачу сигналу LTE. Це може призвести до неможливості отримати фіксовану позицію GNSS, коли це необхідно, і може призвести до затримок і втрат енергії через багаторазове повторне з'єднання стільникового зв'язку з базовою станцією.

Безпека

Безпека GNSS відіграє все більшу роль у випадках використання, коли відомо, що супутникові сигнали підробляються з метою обходу комерційних або правових обмежень. Наприклад, приховування приватного використання комерційних транспортних засобів; уникнення платежів за схемами оплати дорожніх зборів; водіння транспортних засобів спільного користування за межами їх географічно обмеженої зони дії; перестрибування черги в популярних місцях, таких як аеропорти; і «зникнення» відстежуваних об'єктів або людей.

Безпека також має вирішальне значення, коли чутлива ділова інформація або конфіденційні персональні дані передаються через стільникові мережі передачі даних, особливо для рішень, що використовуються для відстеження цінностей і чутливих для бізнесу активів. У цих випадках стійка наскрізна безпека, від приймача GNSS до хмарного додатку, може стати його невід'ємною функцією.

Енергоспоживання

Зокрема, для пристроїв стеження, що живляться від батареї, низьке енергоспоживання може бути життєво важливим для багатьох випадків використання. Оскільки визначення положення GNSS (що призводить до фіксації положення) і передача даних стільникового зв'язку є основними джерелами енергоспоживання, забезпечення того, щоб фіксація положення GNSS не втрачалася, а передача даних здійснювалася тільки так часто, як це необхідно, є надійним способом продовження терміну служби батареї пристроїв стеження, що працюють від батареї.

Розмір

Розмір апаратури стеження залежить від розміру всіх інтегрованих компонентів. У порівнянні з автономними рішеннями, комбіновані модулі мають спільні компоненти, необхідні як для стільникового зв'язку, так і для GNSS, що дозволяє зменшити розмір кінцевого продукту і скоротити витрати на матеріали.

Вартість

Так само, як комбіновані рішення зменшують розмір обладнання для відстеження за рахунок спільного використання компонентів, необхідних як для стільникового зв'язку, так і для GNSS скорочена специфікація матеріалів також знижує кінцеву вартість рішення для відстеження.

КОМБІНОВАНІ МОДУЛІ U-BLOX: КОМПАКТНА КОНСТРУКЦІЯ БЕЗ КОМПРОМІСІВ

Керуючись ринковим попитом на все більш компактні та доступні рішення для відстеження, ми вперше представили серію комбінованих продуктів LTE і GNSS в нашому портфоліо. Наші комбіновані рішення націлені на зменшення розміру і ціну та збільшення продуктивності додатків IoT, використовуючи технології LPWA, які нещодавно були включені в специфікацію 5G: LTE-M і NB-IoT:

- **Зменшення розмірів.** Інтегрована конструкція, що поєднує в собі рішення для стільникового зв'язку і GNSS, зменшує розмір на 14% в порівнянні з еквівалентним автономним рішенням, що складається з компонентів u-blox.
- **Зниження витрат.** Завдяки економії витрат на інтегровані компоненти та використанню спільних компонентів, загальна вартість інтегрованого рішення знижується в порівнянні з автономним рішенням.
- **LTE без компромісів.** Завдяки спеціальному радіочастотному ін-

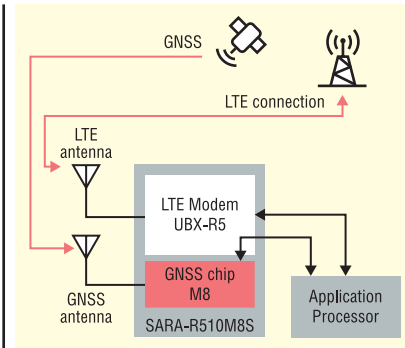


Рис. 2. Апаратна архітектура комбінованого модуля u-blox SARA-R510M8S

терфейсу LTE, комбіновані модулі u-blox володіють всіма можливостями чипсетів LTE, до складу яких вони входять, включаючи нестримну потужність передачі 23 дБм, на відміну від стандартних рішень на базі SoC, які в даний час представлені на ринку.

- **GNSS без компромісів.** Комбіновані модулі u-blox використовують повну конструкцію GNSS-приймача, включаючи всі компоненти, необхідні для оптимізації продуктивності (антенний інтерфейс, LNA, SAW-фільтр, пасивні фільтри). Це дозволяє їм повністю реалізувати потенціал мікросхем GNSS, які вони інтегрують, з точки зору чутливості, точності, часу до першої фіксації тощо.
- **Повна одночасна робота LTE і GNSS.** Завдяки двом окремим виділеним радіочастотним інтерфейсам для GNSS і LTE, комбіновані модулі u-blox забезпечують повну одночасну роботу своїх компонентів GNSS і LTE, на відміну від стандартних рішень SoC, які зараз представлені на ринку. Постійний доступ до GNSS-приймача, навіть коли LTE-модем знаходиться в режимі енергозбереження (power save mode) або вимкнений в режимі польоту, дає користувачам максимальну надійність і гнучкість, в той час як безперервна доступність LTE-модему гарантує, що жодні події не будуть втрачені. Ре-

тельна розробка виключає завади сигналу між двома радіочастотними компонентами.

- **Безпека і послуги зв'язку.** Комбіновані модулі u-blox мають функцію Secure Cloud на основі «кореня довіри» (англ. Root of Trust — набір компонентів, яким потрібно довіряти), яка забезпечує повну наскрізну безпеку u-blox IoT Security-as-a-Service з необмеженим шифруванням, ротацією ключів і наданням доступу до хмарних платформ в легкій, малопотужній реалізації, яка ідеально підходить для додатків IoT.

Всі стандартні функції u-blox. Комбіновані модулі u-blox отримують вигоду від допоміжного позиціонування за допомогою AssistNow (онлайн, офлайн, автономно) для більш швидкого доступу до ефемерид супутників GNSS, і CellLocate® для грубого позиціонування на основі стільникової мережі, коли супутники GNSS недоступні.

І, само собою зрозуміло, що комбіновані модулі розроблені, виготовлені, затверджені і протестовані відповідно до вимогливих процесів і протоколів компанії u-blox.

ПОРІВНЯННЯ КОНКУРУЮЧИХ GNSS-РІШЕНЬ

На додаток до перерахованих вище характеристик, комбіновані модулі u-blox є єдиними на сьогодні на ринку, які забезпечують всі переваги одночасної роботи LTE і GNSS (див. табл. 1, рис.2):

- Відсутність розподілу часу між GNSS і LTE означає, що обидві функції можуть бути доступні в будь-який час, що підвищує надійність і гнучкість рішення.
- Час, необхідний для визначення першої позиції, зводиться до мінімуму за рахунок запобігання перериванням, спричиненим зв'язком LTE, що економить як час, так і енергію.
- Вимкнення радіочастотного інтерфейсу LTE не впливає на роботу

Таблиця 1. Порівняння конкуруючих GNSS-рішень

	Одночасна робота LTE та GNSS	Чутливість	Точність	TTF Cold	Підтримувані GNSS	Кількість одночасних GNSS систем	Допоміжні засоби GNSS	CellLocate® еквівалент
SARA-R510M8S* SARA-R422M8S*	Так	-167 дБм	2.5 м	26 с	GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou	3	AssitNow online, offline, auto-nomous	Так
Company A	Hi	-157 дБм	3 м	Н/д	GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou	2	Offline	Hi
Company B	Hi	-151 дБм	3 м	36 с	GPS	1	Hi	Hi
Company C	Hi	-161 дБм	2.5 м	35 с	GPS, GLONASS	2	Offline	Hi

* Комбіновані модулі u-blox перевершують конкуруючі GNSS рішення за багатьма показниками.

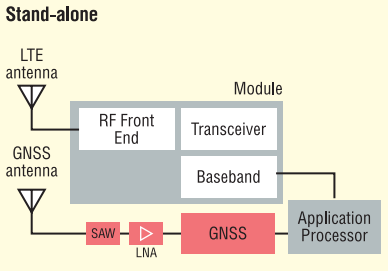


Рис. 3. Автономні рішення

GNSS, а це означає, що приймач GNSS може працювати, коли модем LTE знаходиться в режимі енергозбереження або в режимі польоту.

АВТОНОМНІ (STAND-ALONE) РІШЕННЯ ЗАДОВЛЯЮТЬ ПОТРЕБИ ВИМОГЛИВИХ ДОДАТКІВ

Комбіновані модулі u-blox розроблені з урахуванням потреб найбільш поширених додатків IoT, які вимагають надійної технології GNSS і LTE без компромісів з точки зору малої площі і низької вартості. Проте є кілька поширених випадків використання, які виграють від меншого енергоспоживання, вищої продуктивності, підвищеної гнучкості конструкції або більшої незалежності між технологіями. У цих сценаріях автономні рішення, що складаються з модуля GNSS і окремого модуля LTE, можуть бути найкращим рішенням (рис. 3). Автономні рі-

шення можуть задовольнити вимоги, які є недосяжними для комбінованих модулів:

- наднизьке енергоспоживання завдяки оптимізованому за потужністю GNSS-приймачу;
- позиціонування без огляду неба або в умовах поганого сигналу, наприклад, в міських каньйонах, з використанням модулів «мертвих зон» (dead reckoning modules) — NEO-M9V;
- точність менше метра завдяки використанню багатодіапазонних та високоточних рішень;
- простота модернізації GNSS-модуля для найсучасніших пристроїв.

Для особливо вимогливих застосувань, що вимагають спеціальних комбінацій GNSS і LTE технологій, u-blox пропонує широкий спектр рішень для позиціонування, які можуть бути використані в поєднанні з модулями SARA-R4 і SARA-R5, а також з 2G/3G або LTE Cat 1 і вище.

Всі рішення для відстеження u-blox розроблені таким чином, щоб усунути завади між компонентами GNSS і LTE.

КЕРОВАНІЙ ВИБІР ПРОДУКТУ

Жодна апаратна архітектура не може задовольнити весь спектр потреб різноманітного ринку відстеження IoT. На рисунку 4 пропонуються рекомендації щодо вибору технологічного рішення, яке найкраще відповідає вимогам поширених сценаріїв використання.

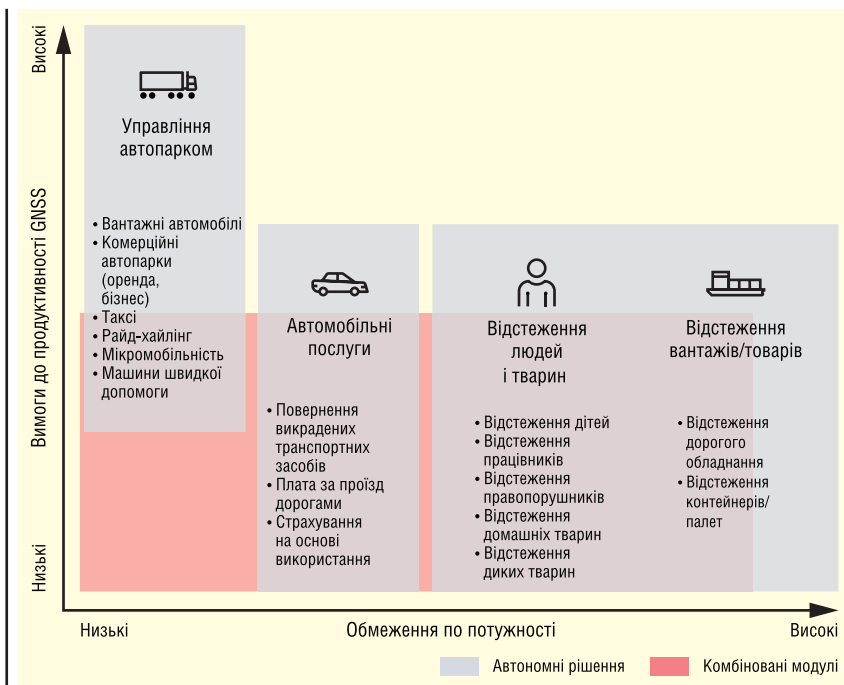


Рис. 4. Рекомендації щодо вибору найкращого технологічного рішення

ВИСНОВКИ

Впроваджуючи комбіновані модулі для відстеження IoT в портфоліо u-blox, ми зосередилися на наданні рішень, які оптимізують вартість і розмір, при цьому не йдучи на компроміси з точки зору продуктивності GNSS і LTE.

Конкуруючі рішення знизили вартість і розмір за рахунок відмови від компонентів, які можуть використовуватися спільно з GNSS і LTE, приносячи в жертву продуктивність обох технологій. Завдяки використанню конструкції з незалежними радіочастотними інтерфейсами, комбіновані модулі u-blox, такі як SARA-R422M8S і SARA-R510M8S, забезпечують повну продуктивність своїх компонентів за одночасної роботи як стільникового зв'язку, так і технологій позиціонування, без будь-яких перешкод.

Забезпечуючи повну функціональність нашого багатосупутникового GNSS-приймача u-blox M8 і нашого стільникового модему UBX-R5 з низьким енергоспоживанням і широкою зоною покриття (LPWA), наші комбіновані модулі для відстеження IoT забезпечують оптимальний баланс для невеликих, економічно ефективних рішень для відстеження великих обсягів різних задач.

Комбіновані рішення u-blox SARA-R510M8S і SARA-R422M8S мають повну інтеграцію мікросхеми GNSS u-blox UBX-M8, включаючи LNA, SAW фільтри, TCXO та інші необхідні компоненти. В результаті загальний розмір плати зменшився на 14% в порівнянні з традиційним автономним рішенням, що поєднує два окремих продукти LTE і GNSS.

Але ринок відстеження і телематики різноманітний, і вимоги до продуктивності сильно варіюються від одного варіанту використання до іншого. Випадки використання відстеження IoT з підвищеними вимогами до енергоспоживання, покриття позиціонування або гнучкості конструкції можуть отримати вигоду від автономних рішень, в яких два окремих компонента LTE і GNSS працюють пліч-о-пліч.

Додаткову інформацію щодо продукції компанії u-blox можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — Мікродіс Електронікс ГмБХ:

тел.: (067) 475-81-86,
Roman.Prokopets@microdis.net,
www.microdis.net



Новий GNSS модуль SIM65M для систем реального часу

В епоху глобального Інтернету, позиціонування стало невід'ємною складовою багатьох проєктів Інтернету речей (IoT) та інноваційних бізнес-моделей.

GNSS (Глобальна навігаційна супутникова система) має можливість надавати точну інформацію щодо місцезнаходження в режимі реального часу з глобальним покриттям, що робить її ідеальним рішенням для позиціонування у зовнішньому середовищі.

За даними EUSPA, розмір ринку GNSS зростає до 492 мільярдів євро в 2031 році при середньорічному темпі приросту на 9.2%.

Компанія SIMCom Wireless Solutions Limited має розгорнуту дорожню карту GNSS приймачів, яка охоплює продукти одночастотного, багаточастотного, багатосупутникового і високоточного позиціонування, які можуть підтримувати додатки IoT в різних галузях промисловості (рис. 1).

Ринок міжнародної торгівлі стикається з безліччю логістичних проблем під час транспортування морських контейнерів, то ж власник подібного бізнесу прагнуть обмежити можливі ризики, пов'язані з можливістю втрати або простою контейнерів. Точна обізнаність щодо місцезнаходження товарів, транспортних засобів та персоналу є передумовою для мінімізації операційних витрат а також для ефективного управління наявними активами.

Завдяки нещодавно анонсованому високопродуктивному і надійному GNSS-модулю компанії SIMCom SIM65M, який має вдосконалені алгоритми роботи та покращену точність позиціонування, логістика та відстеження вантажів стають більш прозорими, ніж будь-коли раніше. GNSS-модуль SIM65M підтримує відкритий сервіс позиціонування з декількома супутниками, включаючи GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo, QZSS, а також SBAS (Супутникова система доповнення). Завдяки прийому більшої кількості супутникових сиг-

налів значно зменшується ймовірність блокування, що призводить до можливості отримування більш точної інформації про місцезнаходження GNSS приймача.

В наші буремні часи все більше людей хочуть знати місцезнаходження своїх дітей та/або літніх батьків в будь-яку хвилину доби, тому більшість портативних пристроїв має забезпечувати, по-перше, максимальний час роботи від вбудованого акумулятора, і, по-друге, інформацію про місцезнаходження власника браслета хоча б раз на декілька хвилин (а ще краще раз на хвилину), то ж мінімальне енергоспоживання GNSS приймача стає дуже важливим, але, разом з тим, приймач має забезпечити точне позиціонування навіть за наявності постійних завад для прийому сигналу, наприклад, блокування приймача одягом.

Модуль SIM65M має компактні розміри, що ідеально підходить для портативних пристроїв. Створений на базі 22-нм чипсету AIROHA останнього покоління, він споживає на 28% менше енергії, ніж чипсети попереднього покоління. Крім того, режим енергозбереження Alwayslocate™ подовжує термін служби батареї за рахунок інтелектуального контролю споживання енергії приймачем. Можливості прийому були розширені за рахунок збільшення кількості каналів приймача до 47, що дозволяє вловлювати та відстежувати будь-яку сукупність сигналів від різних супутників.

Для «електротранспортних» бізнес-проєктів, таких як прокат електросамокатів та електровелосипедів, важливим є ефективне управління цими транспортними засобами для максимізації їх комерційної цінності, що вимагає швидкого і точного позиціонування в режимі реального часу.

Точність статичного позиціонування SIM65M досягає 2 метрів, що на 20% краще, ніж у попереднього покоління. SIM65M також має інтегрований LNA (підсилювач з низьким рівнем власних шумів), що значно поліпшує характеристики приймача.

За допомогою технології EPO™ (Extended Prediction Orbit — технологія прогнозування орбіти супутника) SIM65M запускається за 15 секунд, в той час як «гарячий старт» займає лише 1 секунду, що дозволяє отримувати інформацію щодо місцезнаходження кожного об'єкту в режимі реального часу. Крім того, можливості прийому супутникових сигналів розширені завдяки технології усунення завад та вбудованій системі EASY™ (Embedded Assist System), що прискорює його «теплий старт» на 90%.

GNSS вже широко застосовується у багатьох галузях промисловості, а також у повсякденному житті людей. Але потенціал цієї технології розкривається в повній мірі лише завдяки глибокій інтеграції з такими технологіями, як штучний інтелект, big data та хмарні обчислення, що дозволяє створювати більш інтелектуальні пристрої та програми.

Компанія SIMCom має у своєму портфоліо не лише GNSS приймачі, а й різноманітні комунікаційні модеми (LTE Cat1/4/6/12, NBIoT, LTE CatM1 та інші), що дозволяє підключити GNSS пристрої до глобальної мережі Internet.



Рис. 1. Модулі GNSS виробництва SIMCom

Захист Інтернету речей попередньо налаштованими апаратними елементами безпеки

Ксав'є Бігналет (Xavier Bignalet), менеджер з маркетингу продукції, Microchip Technology

Немає єдиного рішення щодо забезпечення безпеки Інтернету речей (IoT) — кожній його реалізації потрібна власна багаторівнева стратегія захисту. Підключення до Інтернету вбудованої IoT-системи вимагає іншого підходу, а не розробки класичних рішень. У той же час очікується, що навіть невеликий вбудований пристрій буде повною мірою відповідати вимогам ринку інформаційних технологій і безпеки, що швидко змінюється, легко оновлюватися і мати захист на рівні постійно контролюваних центрів обробки даних. Це, звісно, важке завдання, але воно вирішується з допомогою правильних методів проектування.

Інтернет речей значно розширив можливість погроз з боку зловмисників. Кожен IoT-пристрій є вразливим кінцевим вузлом. Схематично пристрій Інтернету речей представлено на рисунку 1. У загальному випадку, пристрій, що підключається до мережі, складається з чотирьох основних апаратних модулів:

- обробки даних;
- пам'яті;
- зв'язку;
- безпеки.

Докладніше організація вузла бездротової мережі IoT показана на рисунку 2. Щоб зменшити вразливість, було запропоновано посилити модель аутентифікації пристрою, що підключається, за допомогою елемента безпеки, сконфігурованого для зберігання закритих ключів та обробки алгоритмів криптозахисту.

На жаль, через ті логістичні обмеження, які накладають ланцюжки поставок, такий підхід було складно впровадити в більшості середньо- та великомасштабних мереж. Виникло питання про те, як використовувати замовний виробничий процес для потреб масового ринку так, щоб унікальний ключ надавався кожному пристрою за доступною ціною?

Апаратна платформа нового типу Trust Platform, розроблена компанією Microchip Technology, дозволяє вирішити це завдання. Платформа забезпечує пристроям Інтернету речей апаратний захист за допомогою попередньо налаштованих елементів безпеки; при цьому клієнту необхідно замовити щонайменше 10 таких пристроїв. Це трирівневе рішення надає готові попередньо ініціалізовані, налаштовані або повністю адаптовані під вимоги замовника елементи безпеки, а також можливість аутентифікації в будь-якій публічній, приватній хмарній інфраструктурі або мережі LoRaWAN.

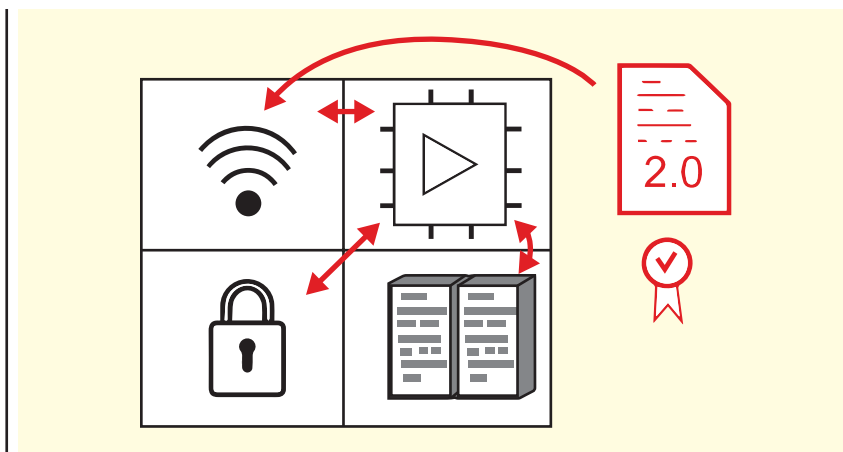


Рис. 1. Основні елементи IoT-пристрою

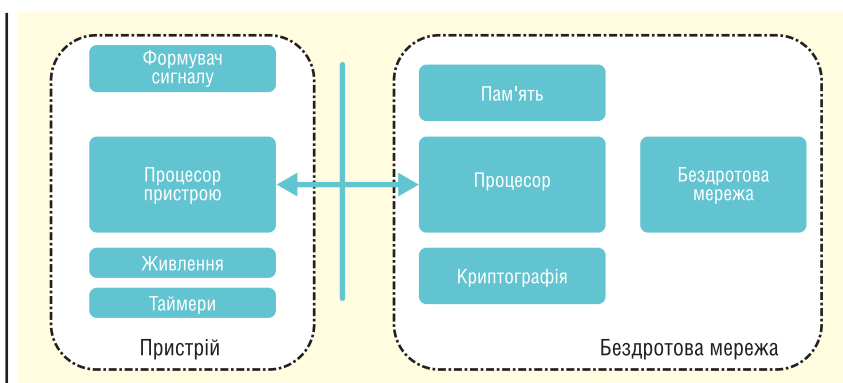


Рис. 2. Приклад бездротового рішення

На цій платформі здійснюється виробництво елементів безпеки з попередньою конфігурацією IoT-пристроїв та їхньою попередньою ініціалізацією в процесі виготовлення. Тільки в цьому випадку апаратне сховище криптографічних ключів може отримати типовий сертифікат за меншою вартістю з розрахунку на один пристрій, що набагато простіше, якщо ті ж послуги нададуть сторонні компанії, постачальники послуг для інфраструктури відкритих ключів (PKI) та центри сертифікації. У міру переходу галузі на платформу цього типу навіть базовий IoT-додаток, наприклад шлюз, кондиціонер повітря або камера спостереження, можна захистити на апаратному рівні за допомогою попередньо згенерованих типових сертифікатів, які надійно зберігаються в елементі безпеки для автономної хмарної аутентифікації.

Немає універсального підходу до забезпечення безпеки Інтернету речей — у кожному окремому випадку потрібна своя багаторівнева стратегія. Але навіть загальновідома криптосистема захищена згідно з принципом криптографії Керкхоффа, допоки ключ закрито. Ключ відіграє критично важливу роль, дозволяючи клієнту та хосту встановити справжність довірених ідентифікаційних даних пристрою, перш ніж він встановить зв'язок, почне обмінюватися даними або здійснювати транзакції.

Необхідно, щоб ключ був захищений від фізичних атак та віддаленого вилучення. Оптимальне рішення ізолює стандартні криптографічні ключі в елементі безпеки та забезпечує ізольований безпечний кордон, щоб їх не можна було відкрити. Це складне завдання, яке потребує відповідних знань та досвіду в галузі безпеки, а також додаткового часу на розробку IoT-рішення. Тим не менш, така основна вимога до забезпечення криптозахисту.

Кожному IoT-пристрою повинен бути наданий елемент безпеки, який працює разом із мікроконтролером пристрою. Цей елемент необхідно правильно налаштувати відповідно до сценаріїв використання, забезпечити обліковими даними та іншими криптографічними даними для моделі аутентифікації. Елемент безпеки забезпечує аутентифікацію пристрою у хмарних сервісах з використанням добре протестованих та зрозумілих принципів інфраструктури відкритих ключів. Такий підхід дозволяє заздалегідь реєструвати пристрої в системі виробництва з індивідуальними сертифікатами для кожного пристрою і

генерувати QR-код на заводі, що дозволяє пов'язати кінцевий виріб з конкретним сертифікатом. Потім при введенні в експлуатацію користувач призначає той же QR-код до свого облікового запису, а система безпеки пов'язує сертифікати з обліковим записом клієнта, забезпечуючи простий та безпечний процес введення в експлуатацію з дотриманням нормативних вимог.

Пристрою також надаються відповідні конфіденційні дані для кожного з певних варіантів використання; при цьому вони мають бути захищені від розкриття на всіх етапах виробництва. Насамперед цей процес був недоступний при реалізації більшості проєктів малої або середньої величини.

Виробники обладнання для Інтернету речей, як правило, були готові нести тягар реалізації цього апаратного механізму аутентифікації тільки у разі великих замовлень, але тепер напівпривідникова промисловість отримує можливість його масового впровадження.

Microchip Technology — перший постачальник, який пропонує безпечну аутентифікацію досить малих партій виробів для систем будь-якого масштабу. Розроблена компанією платформа дозволяє використовувати кілька варіантів реалізації безпечного сховища ключів для аутентифікації пристроїв за будь-яких обсягів замовлень. Наприклад, деякі виробники IoT-виробів віддають перевагу автоматичному застосуванню попередньо налаштованих елементів безпеки. При використанні цієї опції закритий ключ елемента безпеки та типові сертифікати генеруються на етапі виробництва на захищеному устаткуванні та не розкриваються протягом усього процесу забезпечення безпеки. Вони надійно замкнені всередині елемента безпеки при доставці та реєстрації через автоматизовану IP-хмару або мережу LoRaWAN.

Буває, виробники вибирають аутентифікацію іншого типу кількох чи всіх мережних виробів. Наприклад, власний ланцюжок сертифікатів у комбінації з попередньо налаштованими сценаріями використання скорочує час і складність налаштування, усуваючи необхідність кастомізації інвентарних номерів. До попередньо налаштованих варіантів відносяться такі базові заходи безпеки як аутентифікація на основі сертифікатів TLS (Transport Layer Security), аутентифікація LoRaWAN, безпечне завантаження, оновлення бездротової мережі (OTA), IP-захист, захист даних користувача та ротація ключів. Крім

основних сценаріїв використання, потрібні і замовні опції.

Останні розробки в галузі апаратної безпеки дозволяють легко і недорого реалізувати елементи безпеки для захисту IoT-пристроїв мереж будь-якого розміру. Таким чином, усунуті перешкоди, традиційно пов'язані з налаштуванням та наданням безпечних елементів. Безпечний ланцюжок поставок отримує все ширше застосування, дозволяючи поширити передовий галузевий досвід на аутентифікацію будь-яких пристроїв Інтернету речей, що підключаються.

Дещо докладніше перерахуємо основні особливості нової платформи та її функціональні можливості.

- Аутентифікація даних. Використовуючи якор довіри, можна визначити, чи отримані виміри з певного пристрою і чи вони не змінилися. Це також допомагає виявляти аномалії даних за допомогою хмарної аналітики, оскільки великомасштабне фізичне втручання здійснити важко.
- Безпечне завантаження означає, що для ідентифікації змін у криптографічній сигнатурі хост-мікроконтролера та збережених образів оновлення вбудованого ПЗ використовується секретний ключ, що зберігається в захищеному компоненті. Крім того, під час виконання можна використовувати додаткові перевірки цілісності за допомогою методів бібліотек безпеки класу B (Class B Safety Libraries).
- Безпечне «оновлення прошивки повітрям» (FUOTA) означає, що для перевірки цілісності джерела оновлення застосовується секретний ключ, що зберігається в елементі безпеки, а для підтвердження цілісності образу — підпис образу, надісланий на пристрій перед завантаженням.
- Захист від клонування. При правильному управлінні виробництвом елемент безпеки допомагає запобігти клонуванню та підробці обладнання.

Однак, крім засобів зберігання секретних ключів для окремого виробу в апаратному елементі безпеки, також потрібно, щоб воно було запрограмоване в безпечному виробничому середовищі. Ця вимога створює проблеми забезпечення масштабованості та надійності, у багатьох випадках пов'язані з субпідрядниками-виробниками. Гнучкість виробництва та простота введення в експлуатацію в цьому випадку легко забезпечується за рахунок придбання пристроїв із вже закритою

інформацією, попередньо запрограмованою постачальником цих виробів у безпечному середовищі. Завантаження загальнодоступної інформації може здійснюватися через хмарну службу за допомогою простого автоматизованого процесу.

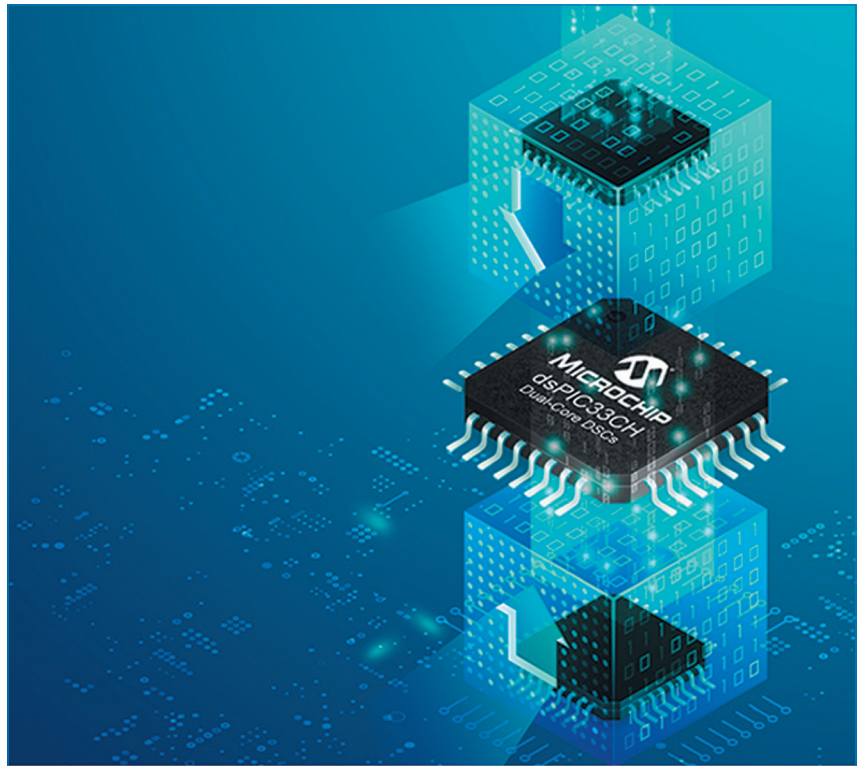
Оновлення

Зазвичай, оновлення прошивки здійснюється за допомогою кабелю, підключеного безпосередньо до пристрою через послідовний порт. Такий спосіб застосовувався протягом багатьох років, але чи зможе цей підхід працювати з великою кількістю підключених до мережі пристроїв, що знаходяться у недоступних місцях?

У разі виникнення проблеми, яка потребує швидкого оновлення поза звичайним циклом технічного обслуговування, слід уникати методів, для використання яких потрібна фізична присутність. Альтернативою є використання оновлення FUOTA та, в ідеалі, безпечного FUOTA. Оскільки цей підхід не вимагає фізичної присутності, для запобігання несанкціонованим оновленням з невідомого або ненадійного джерела система повинна використовувати функції, що забезпечуються елементом безпеки.

Як відбувається оновлення? В ідеальному випадку безпечні оновлення FUOTA повинні здійснюватися без допомоги хост-мікроконтролера. Реалізація оновлення безпосередньо у флеш-пам'яті пристрою для зберігання програм без локальної резервної копії може призвести до жахливого сценарію — перетворення пристрою на «цеглу», коли в процесі виникає непереконлива помилка.

Вибраний метод FUOTA не повинен залежати від середовища передачі даних, тобто він повинен забезпечувати необхідну пропускну здатність, малу затримку, справлятися зі збоями зв'язку та втратами у будь-якому фізичному носії. Таким чином, у різних носіях повинен використовуватися і підтримуватися той самий процес з боку сервера і той самий механізм завантаження, зберігання та перевірки цілісності на стороні пристрою. Неминуче виникатиме деяка варіативність універсального методу, заснованого на повному розгортанні системи, але збереження близького до стандартного підходу з використанням модульних методів допомагає підтримувати код у довгостроковій перспективі.



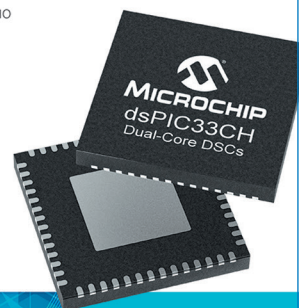
Два контролери dsPIC33C в одній мікросхемі

Робіть окремі розробки та легко інтегруйте їх за допомогою двоядерних цифрових сигнальних контролерів dsPIC33CH

Двоядерні цифрові сигнальні контролери dsPIC33CH створені для полегшення незалежної розробки коду для кожного ядра окремими групами розробників, які згодом можуть легко інтегруватися при подальшому об'єднанні окремих кодів. Завдяки потужності двох контролерів dsPIC33C в одному чипі, сімейство dsPIC33CH оптимально підходить для різних сфер застосування, включаючи системи із критичними вимогами щодо безпеки, сенсорне керування, безпроводні зарядні пристрої, джерела живлення з цифровим керуванням, електропривід та багато іншого.

Ключові особливості

- Висока продуктивність завдяки потужності двох цифрових сигнальних контролерів dsPIC33C в одному чипі
- Забезпечує ізоляцію критично важливого для безпеки коду та операцій в режимі реального часу від решти прошивки
- Спеціалізовані периферійні пристрої високої продуктивності
- Економія місця на платі та грошових витрат на 40% за рахунок усунення необхідності в додатковому мікроконтролері та допоміжних схемах
- Швидший мікропроцесорний зв'язок
- Прискорення термінів розробки завдяки можливості паралельно розробляти код кількома командами



 MICROCHIP
microchip.com/dsPIC33CH



Назва та логотип Microchip, а також логотип Microchip є зареєстрованими торговими знаками Microchip Technology Corporation у США та інших країнах. Решта товарних знаків є власністю їх зареєстрованих власників. © 2022 Microchip Technology Inc. Всі права захищені. MIC05330-000-10-12-22

Що таке зворотний шлях струму на друкованій платі?

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)

Одним з основних аспектів будь-якої електричної схеми є шлях зворотного струму. Якщо на схемі шлях, яким тече струм, щоб повернутися до полюса низького потенціалу джерела живлення, має бути очевидним, то він може бути не настільки очевидним на платі. За словами відомого Еріка Богатіна (Eric Bogatin) на доповіді PCB West 2019, відмінності між електричною схемою і топологією плати мешкають у порожньому просторі схеми. Іншими словами, для глибшого розуміння того, як струм рухається в пристрої, необхідно розглядати топологію плати.

Геометрія трас і внутрішніх шарів є лише одним з аспектів, який визначає шлях зворотних струмів у платі. Сам сигнал, у певному сенсі, вибирає власний зворотний шлях. Якщо конструктор розуміє, як геометрія і характеристики сигналу впливають на зворотний шлях, стає простіше визначити зворотний шлях для сигналів, не вдаючись до використання 2D- і 3D-аналізаторів полів.

ЩО ВИЗНАЧАЄ ШЛЯХ ЗВОРОТНОГО СТРУМУ В ПЛАТІ?

Ми говоримо, що струм протікає шляхом найменшого опору, але це справедливо тільки для ланцюгів постійного струму. Для сигналів, що змінюються з часом, зворотний струм йде шляхом найменшого реактивного опору, який також є шляхом найменшого повного опору. Це означає, що зворотний шлях у платі визначається повним опором ланцюга, по якому йде зворотний струм.

Якщо це звучить неясно, трохи розглянемо структуру сучасної плати [1]. Струм протікає від джерела шиною живлення або екранним шаром, далі до компонентів і потім до шару «землі», по якому він йде назад до полюса низького потенціалу джерела. У всього цього шляху є деякий повний опір.

З базового курсу електроніки ми пам'ятаємо, що повний опір можна розділити на активну частину (не залежить від частоти) і реактивну (залежить від частоти). Насправді, будь-який ланцюг у реальній друкованій платі може поводитися як суто резистивний, суто ємнісний або суто індуктивний, залежно від геометрії, роботи різних компонентів і частоти сигналу, що протікає через ланцюг. Реальні лінійні ланцюги на платі слід моделювати принаймні як RLC-ланцюги [2], навіть якщо ланцюг не містить дискретних конденсаторів або індуктивностей.

Чому ланцюг на платі працює як RLC-ланцюг? Це відбувається, оскільки суміжні провідники розділені діелектричною підкладкою, що створює деяку паразитну ємність. Індуктивність виникає, оскільки шлях, по якому йде струм, формує замкнутий контур, і підкладка має деяку магнітну проникність, тому в кожного ланцюга є деяка паразитна індуктивність. Ці паразитний опір і опір за постійного струму роблять свій внесок у повний опір під час проходження сигналу платою. У сукупності з геометрією трас і площин, вони визначають шлях, яким слідує сигнал при поверненні до джерела живлення.

ЯК ЧАСТОТА СИГНАЛУ ВПЛИВАЄ НА ЗВОРОТНИЙ ШЛЯХ У ПЛАТІ

Щоб зрозуміти, як у платі утворюється зворотний шлях струму, спочатку на простому прикладі розглянемо, що відбувається з постійним струмом. На виду зверху на рисунку 1 показано траси, що йдуть до мікросхеми, на верхньому боці плати. У нижній частині рисунка показано внутрішній шар «землі». Два провідники розділені діелектричною підкладкою, що формує ємність між двома шарами. Зверніть увагу, що символи конденсатора, показані нижче, не означають наявності дискретних конденсаторів — сприймайте їх як частину моделі із зосередженими параметрами. Зверніть увагу, що це, по суті, причина того, що кожна траса в платі є лінією передачі.

Постійний струм, який починається на верхньому шарі (у точці +5 V), прямує прямо вздовж траси, що є шляхом найменшого опору. Після того, як струм залишає мікросхему, він входить у внутрішній шар через перехідний отвір і тече вздовж шару «землі», після чого повертається до джерела живлення на зовнішньому шарі через інший перехідний отвір. Для постійного струму реактивний опір між зовнішнім шаром і шаром «землі» нескінченний (і, відповідно, повний опір), що

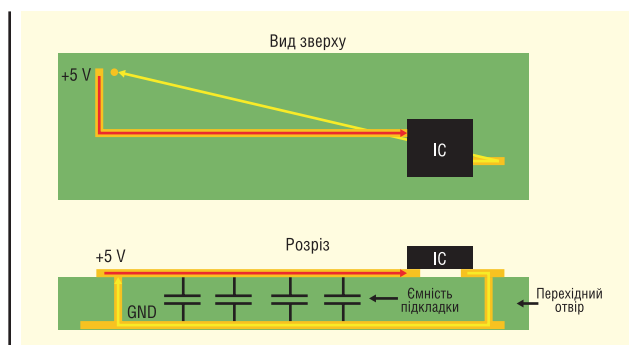


Рис. 1. Зворотний шлях струму на платі для постійного струму

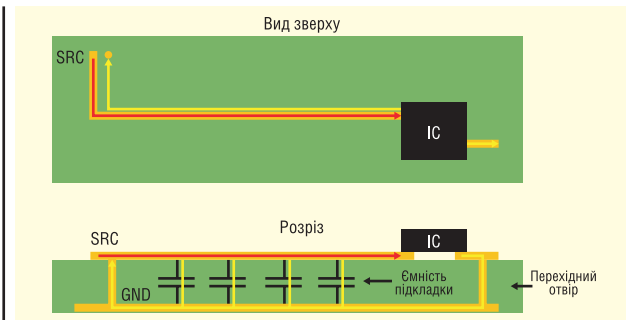


Рис. 2. Зворотний шлях струму в платі для струмів, що змінюються з часом

означає, що струм не проходить прямо на підкладку через зосереджену ємність. Коли струм переходить на шар «землі», він тече шляхом найменшого опору назад до перехідного отвору. Зверніть увагу, що цей шлях найменшого опору є найкоротшою відстанню (пряма жовта лінія) між двома перехідними отворами.

Для сигналів, що змінюються з часом (чи то імпульс, чи то цифровий, чи то аналоговий сигнал), ситуація інша (рис. 2). Оскільки напруга і струм змінюються з часом, сигнал може наводити струм зміщену через зосереджену ємність у підкладці, і цей струм потім буде текти в шарі «землі». Активний опір не змінюється з частотою, на відміну від реактивного опору, утвореного ємністю підкладки. Струм концентрується під трасою сигналу, яка відповідає шляху найменшого опору.

Зверніть увагу, що жовті лінії, показані на виду зверху, дещо зміщені від траси сигналу для більш ясного уявлення, і ви можете бачити різницю між цими двома випадками. Очевидно, ситуація ускладнюється при більшій кількості трас, компонентів і екранних шарів у платі. Насправді, зворотний струм має приблизно гауссовий розподіл під трасою на високих частотах (мегагерци і вище). На середніх частотах (десятки кілогерц) тут все ще буде деякий струм, який тече шляхом постійного струму. Подивіться статтю Брюса Арчамбо (Bruce Archambeault) [3, рис. 3–5], щоб зрозуміти, що відбувається на середніх частотах.

ЩО ЩОДО ЗВОРОТНИХ ШЛЯХІВ ЗМІШАНИХ СИГНАЛІВ?

У платах змішаного типу [4], керування зворотними шляхами стає ще більш важливим, оскільки необхідно усунути

наведення струмів в аналоговій частині плати цифровими сигналами. Поділ топології на аналогову і цифрову частини має велике значення для зменшення перехресних завод змішаних сигналів. Проте, все ще необхідно докладати зусиль для визначення зворотного шляху в платі, щоб запобігати впливу сигналу будь-якого з типів на чутливі компоненти. Франческо Подеріко (Francesco Poderico) навів чудовий урок щодо того, як визначити зворотні шляхи в платах змішаного типу в нещодавній статті [5].

Якщо ви розумієтеся на аналізі топології своїх проектів, то вам, найімовірніше, не потрібно запускати моделювання тільки для того, щоб визначити зворотні шляхи. Проте інструменти моделювання та 2D/3D-аналізatori полів все ще можуть бути корисними і їх можна використовувати для перевірки конструктивних рішень і роботи різних ланцюгів на платі.

Завдяки потужним засобам проектування та аналізу плат Altium Designer [6] ви можете проводити аналіз усіх аспектів схем і плат та усувати потенційні проблеми цілісності сигналів, які виникають у складних конструкціях плат. Ці засоби є частиною уніфікованого ядра проектування, що дає змогу проводити важливі перевірки правил у процесі проектування. У вашому розпорядженні також перебуває повний набір інструментів планування виробництва та формування документації — все в рамках єдиної платформи.

Ви можете завантажити безкоштовну пробну версію Altium Designer і дізнатися більше про найкращі в галузі засоби створення схем, конструювання та аналізу. Поговоріть з експертом Altium, щоб дізнатися більше.

Література:

1. <https://resources.altium.com/p/how-design-perfect-pcb-stack-altium-designer>
2. <https://resources.altium.com/p/pole-zero-analysis-and-transient-analysis-high-speed-design>
3. <https://www.emcs.org/acstrial/newsletters/fall08/tips.pdf>
4. <https://resources.altium.com/p/how-reduce-emi-mixed-signal-systems-using-proper-pcb-ground-designs>
5. <https://resources.altium.com/ru/p/understand-the-ac-and-dc-return-path-on-a-high-performance-mixed-signal-pcb>
6. <https://www.altium.com/ru/altium-designer>

ТОВ «Софтпром Солюшинз» — дистриб'ютор компанії Altium в Україні:

e-mail: altium@softprom.com

<https://softprom.com/ua/vendor/altium>

CN

Основні відомості про попередні випробування на EMC

Проводити попередні випробування важливо не тільки для гарантії того, що ваш пристрій успішно пройде сертифікаційні дослідження у випробувальній лабораторії, а й для того, щоб цикл розроблення відбувся в рамках встановленого графіка.

Ви закінчили розробку електронного пристрою, і настав час вивести отриманий продукт на ринок, чи не так? Не зовсім так. Під час розроблення електронних пристроїв, як і будь-якої іншої продукції, насамперед слід переконатися, що всі її характеристики відповідають заявленним. Один із найважливіших типів випробувань, яким мають піддаватися всі електронні пристрої, — це випробування на відповідність встановленим вимогам у частині рівня емісії електромагнітних завод (ЕМЗ). Успішне проходження випробувань на емісію ЕМЗ свідчить про те, що рівень електромагнітних випромінювань, які створюються вашим

пристроєм, не виходить за межі вимог, встановлених стандартами відповідного органу технічного регулювання.

Випробування на емісію ЕМЗ — один із видів випробувань на електромагнітну сумісність (ЕМС) (рис. 1). Під час проведення попередніх випробувань на відповідність, серед інших, ви оцінюєте і показники емісії ЕМЗ, які проявляються як електромагнітні поля, створювані вашим пристроєм.

Однак офіційна процедура проходження сертифікації в частині емісії ЕМЗ доволі дорога, і в разі, якщо ви її не пройдете, вам доведеться переробляти ваш проєкт, що може призвести до

зриву графіка розроблення і значних фінансових втрат.

Можливість самостійно проводити випробування на емісію ЕМЗ може стати гарантією успішного проходження сертифікаційних досліджень в акредитованій випробувальній лабораторії з першого разу.

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО ПОПЕРЕДНІХ ВИПРОБУВАНЬ НА ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ СТАНДАРТІВ

Метою випробувань на ЕМС є дослідження особливостей взаємодії електронного пристрою з навколишніми електромагнітними полями та іншим обладнанням. Усі електронні пристрої потенційно можуть створювати електромагнітні поля, тому важливо пере-

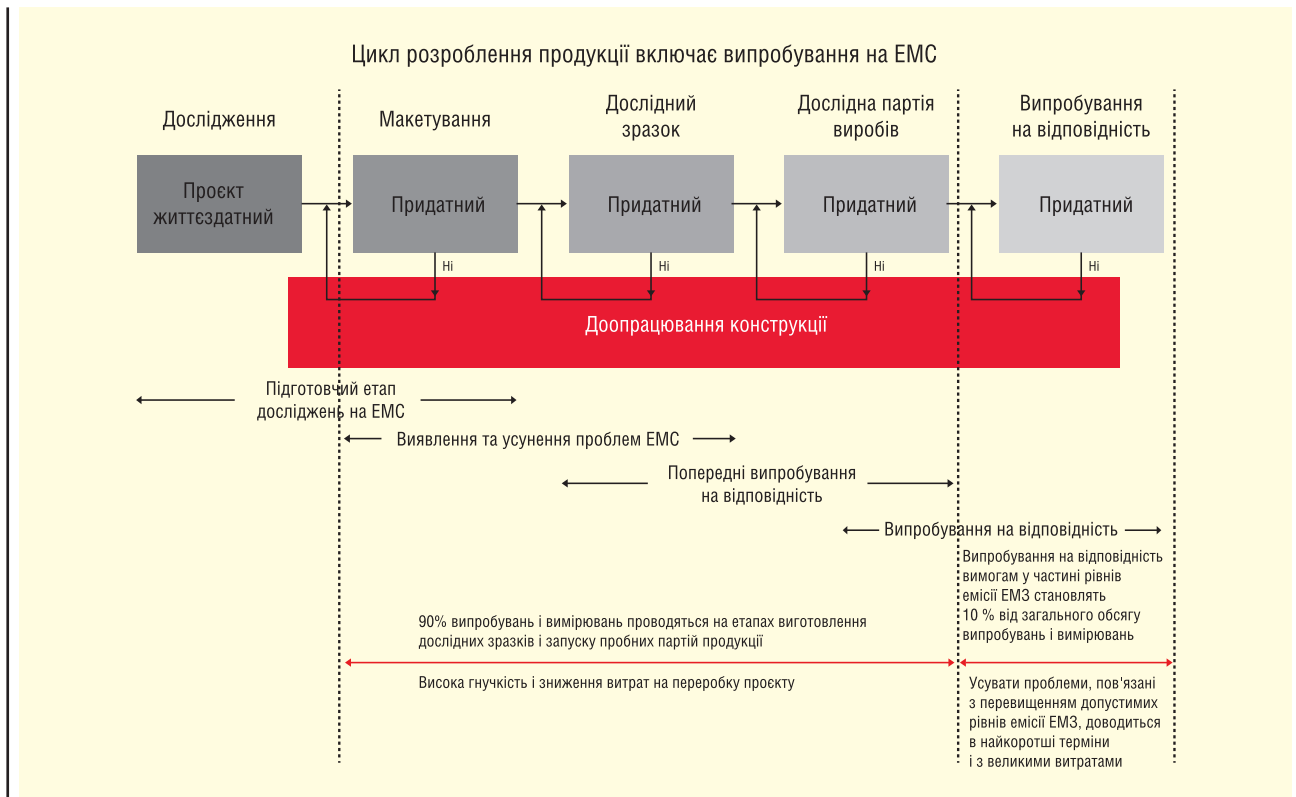


Рис. 1. Типовий цикл розроблення продукції та етапи, на яких проводяться дослідження на EMC

конатися, що випромінювання вашого пристрою не перевищують допустимих рівнів. Випробування на відповідність — заключний етап випробувань, завданням яких є підтвердження відповідності пристрою вимогам стандартів. Попередні випробування можна розглядати як генеральну релетицію перед випробуваннями на відповідність стандартам. Перевірки, що виконуються в процесі попередніх випробувань, мають підтвердити готовність вашого пристрою до успішного проходження заключного етапу — сертифікаційних випробувань на відповідність в акредитованій випробувальній лабораторії. Ви можете провести аналогічну процедуру випробувань на відповідність стандартам за тими ж програмами, що використовує акредитована випробувальна лабораторія, розмістившись з усіма можливими зручностями у власній випробувальній лабораторії.

Усі електронні пристрої, від ноутбука до смартфона, пройшли випробування на відповідність в акредитованій випробувальній лабораторії. Під час таких випробувань співробітники випробувальної лабораторії виконують низку перевірок, щоб переконатися у відповідності вашого пристрою встановленим стандартам вимогам. Характер і обсяг проведених перевірок визначається категорією пристрою, а за результатами йому присвоюється відповідний клас. У цьому документі розглядаються 4 види випробувань, які можна розділити на дві категорії: контроль рівня створюваних завад і стійкість до завад ззовні (рис. 2). Кожна категорія випробувань охоплює дослідження рівня випромінюваних в ефір і таких, що поширюються через провідні середовища (кондуктивних) завад.

Метою випробувань у частині оцінювання рівня електромагнітних випромінювань є визначення параметрів електромагнітних полів, які ненавмисно створюються пристроєм у навколишньому його просторі.

Під час досліджень рівня кондуктивних завад пристрій випробовують на предмет створюваних ним ненавмисних електричних сигналів, які він створює у провідних матеріалах або середовищах (завади, що поширюються у проводах і кабелях).

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ТА РІВНІВ СТВОРЮВАНИХ ЗАВАД

Під час таких досліджень оцінюють рівень ненавмисних електромагнітних сигналів, створюваних пристроєм.

Випробування в частині електромагнітних випромінювань мають на увазі виконання вимірювань рівнів електромагнітних полів, що створюються пристроєм, і встановлення їхньої відповідності вимогам стандартів. При цьому аналізують частотний спектр на предмет ненавмисних випромінювань (сигналів) з боку випробовуваного пристрою (ВП). Перевищення рівнів електромагнітних випромінювань — одна з найпоширеніших причин забракування пристроїв за результатами випробувань на відповідність стандартам, тому тимчасові витрати на ретельне вимірювання рівнів електромагнітних випромінювань цілком виправдані.

Випробування щодо кондуктивних завад передбачають вимірювання рівнів електромагнітних завад, які створені внаслідок перетворення електричної енергії всередині пристрою та поширюються за його межі в провідному середовищі, наприклад, через кабелі (живлення, сигнальні, інтерфейсні або заземлення). Кондуктивні завади, зокрема, можуть передаватися безпосередньо в інший електронний пристрій або компонент усередині ВП. Особливу увагу під час таких випробувань приділяють небажаним сигналам, які надходять у пристрій з боку електромережі живлення змінної напруги. До числа їхніх джерел входять

комутатори, пристрої стабілізації та регулювання напруги, низькочастотні опорні генератори тощо.

Якщо ви не хочете, щоб ваш пристрій впливав на роботу пристроїв, що знаходяться поруч із ним, дуже важливо ретельно і всебічно дослідити створювані ним завади.

ВИПРОБУВАННЯ НА СТІЙКІСТЬ ДО СТОРОННІХ ЗАВАД

Випробування на стійкість до сторонніх завад характеризують ступінь стійкості вашого пристрою до електромагнітних впливів з боку пристроїв, що знаходяться поруч.

Випробування на стійкість до зовнішніх електромагнітних випромінювань показують, наскільки ваш пристрій сприйнятливий до впливу електромагнітних полів з боку розташованих неподалік пристроїв.

Випробування на стійкість до сторонніх кондуктивних завад проводять для визначення ступеня сприйнятливості вашого пристрою до завад із боку сусідніх пристроїв, що поширюються кабелями.

Таким випробуванням важливо приділити особливу увагу, якщо ви не хочете, щоб сусідні пристрої впливали на роботу вашого пристрою. До переліку випробувань на EMC входять і деякі інші види перевірок, які не є предметом розгляду цього документа, наприклад, випробування на стійкість до стрибків напруги та погіршення якості електроживлення, електростатичного розряду, імпульсних магнітних полів тощо.

ПРОЦЕС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НА EMC — НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

Обсяг випробувань на EMC визначається стандартами та нормативними документами, на відповідність

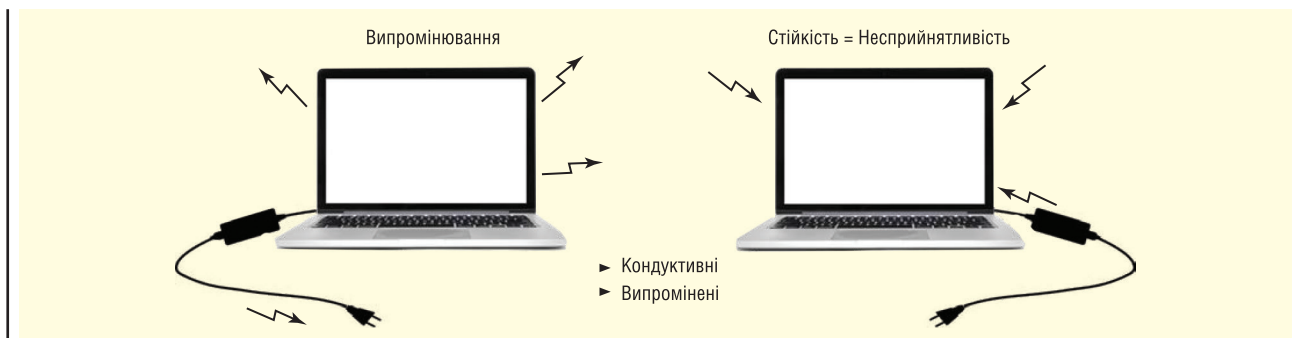


Рис. 2. Чотири типи вимірювань, що виконуються під час досліджень на EMC

Таблиця 1. Порівняння нормативних документів різних органів технічного регулювання			
Федеральна комісія зв'язку (FCC)	Міжнародний комітет з радіозв'язку (CISPR)	Європейський комітет з стандартизації (EN)	Опис
18	11	EN 55011	Промислове, наукове та медичне обладнання
–	12	–	Автомобільне обладнання
15	13	EN 55013	Радіомовні приймачі
–	14	EN 55014	Апаратура/електроінструменти побутового застосування
15	15	EN 55015	Люмінесцентні лампи/світильники
–	22	EN 55022	Обладнання для сфери інформаційних технологій
–	–	EN 61000-6-3,4	Загальні стандарти EMC
–	16	–	Вимірювальні прилади/методи
–	26	EN 55025	Випробування автомобільних електронних систем

яким випробовується пристрій (табл. 1). Ці стандарти виконують регулювальні функції і допомагають уніфікувати експлуатаційні характеристики продукції, що випускається. Існує низка загальних стандартів, розроблених для певних категорій продукції. Прикладом таких стандартів є стандарти CISPR (Міжнародного комітету з радіозв'язку). Важливо зауважити, що стандарти CISPR лежать в основі описаних у цьому документі випробувань на вплив зовнішніх завад, але перелік стандартів на EMC ними не обмежується. Стандарти CISPR регламентують методи та засоби вимірювання рівнів електромагнітних завад. Крім того, вони встановлюють необхідні обмежувальні вимоги до електронних пристроїв, залежно від галузі промисловості та країни, в яких планується їх застосовувати.

Випробування на відповідність — це формальний процес, який значною мірою залежить від висунутих у тому чи іншому місці вимог до якості продукції та процедури проведення цих випробувань, тому краще переконаватися, що ваш пристрій відповідає всім вимогам ще на етапі попередніх випробувань.

Перш ніж приступати до вимірювань параметрів пристроїв, важливо поставити самому собі кілька запитань:

1. Де планується продаж цієї продукції (Європа, США, Японія тощо)?
2. До якої категорії належить ваша продукція?
 - а) обладнання для сфери інформаційних технологій;
 - б) промислове, наукове або медичне обладнання;
 - в) автомобільне обладнання;
 - г) засоби та системи зв'язку;
 - д) предмети загального/побутового застосування;
 - е) де буде використовуватися ваша продукція (будинки, офіси або виробничі приміщення)?

Відповівши на перелічені вище запитання, далі вже можна визначити пере-

лік стандартів, на відповідність яким має випробовуватися ваша продукція, і які вимірювання слід при цьому виконувати.

ПРОЦЕС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ НА EMC — ПОШУК ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Склад обладнання, необхідного для самостійного проведення попередніх випробувань на електромагнітну сумісність (EMC) у частині створюваних електромагнітних випромінювань і кондуктивних завад, може змінюватися і залежить від характеру перевірок, що проводяться.

Для проведення попередніх випробувань на EMC у частині створюваних електромагнітних випромінювань вам буде потрібно (рис. 3):

1. аналізатор сигналів зі спеціальним прикладним програмним забезпеченням для випробувань на EMC;
2. спеціальна калібрована антена. Випробування на відповідність рівня власних електромагнітних випромінювань найкраще проводити на великих площах, далеко від інших електронних пристроїв, щоб завади від них не впливали на результати вимірювань. В ідеальному випадку ваш пристрій має розміщуватися на відстані щонайменше 3 метри від антени. Антена також має бути віддалена від аналізатора сигналів на відстань не менше 3 метрів за допомогою кабелю.

Деякі аналізатори сигналів мають вбудовані програмні функції, які роблять подібні вимірювання простими та зручними. За наявності спеціальних передумовок для проведення випробувань на відповідність стандартам CISPR і MIL-STD (військовим стандартам), що дають змогу швидко встановити смуги пропускання, діапазони частот, а також автоматично виставити граничні лінії відповідно до допусків, регламентованих цими нормативними документами, ви зможете швидко зробити висновок про відповідність або невідповідність вашого пристрою заданим вимогам.

Для проведення попередніх випробувань на електромагнітну сумісність у частині створюваних кондуктивних завад, вам знадобляться (рис. 4):

1. аналізатор сигналів зі спеціальним прикладним програмним забезпеченням для випробувань на EMC;



Рис. 3. Схема вимірювання рівня власних електромагнітних випромінювань пристрою



Рис. 4. Схема вимірювань рівня кондуктивних завад з використанням обмежувача перехідних завад та еквівалента мережі (LISN)

2. обмежувач перехідних завод;
3. еквівалент мережі (LISN).

У цій статті не розглядається порядок проведення випробувань на стійкість до електромагнітних завод.

Якщо під час вимірювань встановлено, що рівень електромагнітних випромінювань перевищує допустимі значення, виникає необхідність визначення джерела проблеми. У цьому вам допоможуть спеціальні пробники ближнього поля для аналізу електромагнітних випромінювань у ближній зоні (рис. 5).

Метою такої поверхневої діагностики є локалізація несправності до блока (елемента) шляхом аналізу відносних змін у фоні електромагнітних випромінювань і виявлення точки максимуму.

ВИСНОВОК

Викладена вище інформація покликана дати базове уявлення про попередні випробування на EMC і склад обладнання, необхідного для їх проведення. Як уже згадувалося, попередні випробування на відповідність вимогам стандартів важливо проводити не тільки для гарантії успішного проходження



АНАЛІЗАТОР СИГНАЛІВ СЕРІЇ X З ВИМІРЮВАЛЬНИМ ДОДАТКОМ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ НА EMC N6141C

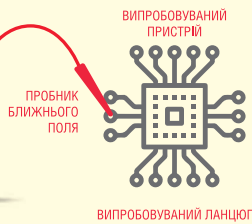


Рис. 5. Використання пробника ближнього поля для локалізації джерела випромінювань у пристрої

сертифікаційних випробувань в акредитованій лабораторії, а й для дотримання запланованих термінів розроблення продукції.

Тепер, отримавши деякі знання про ключові аспекти оцінки рівня електромагнітних випромінювань, створюваних вашим пристроєм, можливо, ви побажаєте переглянути склад свого випробувального обладнання, а також засоби та методи калібрування.

Докладніше про рішення компанії Keysight для проведення попередніх випробувань на EMC:

- N9010B — аналізатор сигналів серії EXA;
- N9020B — аналізатор сигналів серії MXA;

- N9311X-100 — набір пробників ближнього поля, від 30 МГц до 3 ГГц;
- N6141C — вимірювальний додаток для випробувань на EMC з підтримкою мультисенсорного інтерфейсу користувача.

Більш детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:

**04053, м. Київ,
вул. Олеся Гончара, 6,
тел. +38 (044) 272-60-94,
e-mail: web@unitest.com,
http://unitest.com**

CN



**КОНТРОЛЬНО-
ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ**

АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ
продаж • навчання • сервіс

**KEYSIGHT
TECHNOLOGIES**

Авторизований дистриб'ютор

Роз'єми сімейства AMC® серії T компанії ODU – надійні рішення для військового застосування

Крейг Каммерман (Craig Kammerman), менеджер із розвитку бізнесу роз'ємів для військового застосування
svl@rainbow.com.ua

Існує небагато випадків, які хоч якось наближаються до суворих умов поля бою під час війни. Військове обладнання повинно бути здатним витримувати екстремальні температури, погодні умови, вібрацію і удари, які рідко зустрічаються в комерційному застосуванні. Ключовими елементами цього обладнання є кабелі, які з'єднують різні пристрої, встановлені на військових транспортних засобах і на самих солдатах, разом виконуючи такі завдання, як зв'язок на короткі і довгі дистанції, наведення і управління безпілотними пристроями, транспортними засобами, злагоджене управління озброєнням і виявлення цілей та загроз. Вихід з ладу будь-якого компонента цих систем може призвести до викриття ворогом і, як наслідок, до загибелі солдатів.

Для того, щоб кабелі та роз'єми не були потенційними місцями виходу з ладу («вузькими місцями»), компанія ODU розробила роз'єми ODU AMC® Series T як спеціалізовані роз'єми для військових та жорстких умов експлуатації.

ЯК ВИПЕРЕДИТИ ПРОТИВНИКА

Президент РФ 24 лютого 2022 року оголосив «спецоперацію», фактично війну Україні і розпочав масштабне вторгнення. Російські війська обстрілюють та знищують об'єкти інфраструктури, проводять масовані обстріли житлових районів українських міст та селищ із використанням артилерії, реактивних систем залпового вогню та балістичних ракет з великою кількістю жертв і руйнувань. Сьогодні ми розуміємо, що саме тому країни, які володіють технологічним потенціалом, повинні бути готовими захищатися від зовнішніх загроз і завжди зберігати пильність. Це означає, що вони також повинні постійно розробляти або шукати найкращу військову техніку, щоб завжди бути на крок попереду своїх ворогів. Але якою б передовою не була техніка, вона

нічого не варта якщо вона виявиться не надійною в суворих умовах поля бою.

Особливе значення в цьому відношенні мають кабелі та роз'єми, які забезпечують зв'язок між різними пристроями, такими як радіостанція та пов'язані з нею гарнітура і мікрофон, або міношукач та його датчики. Пошкодження кабелю в будь-якому з цих випадків може призвести до загибелі солдата.

Які ж тоді суворі умови поля бою повинна витримувати військова техніка, продовжуючи при цьому нормально функціонувати? До них відносяться:

- перепади температур;
- дощ, сніг та ожеледь;
- бруд, пісок та пил (рис. 1)
- занурення під воду;
- вібрація та механічні удари.

Кожна з цих умов була детально вивчена відповідними органами стандартизації, і для численних класів роз'ємів та кабелів були встановлені бажані експлуатаційні характеристики. У цій статті основна увага приділяється роз'є-



Рис. 1. Кабельне з'єднання, покрите брудом

мам компанії ODU, що відповідають військовій специфікації MIL-DTL-38999. Компанія ODU ретельно проаналізувала безліч випадків відмов різних типів з'єднання, кабельних збірок і врахувала робочі характеристики для максимальної надійності. Беручи до уваги вимогу стандарту MIL-DTL-38999, компанія ODU випустила чотири серії мініатюрних роз'ємів, характерною особливістю яких є: висока щільність, швидкий розрив, з байонетним з'єднанням, круглі, стійкі до впливу довкілля та максимальними електричними параметрами для малої щільності.

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ МІНІАТЮРНИХ РОЗ'ЄМІВ КОМПАНІЇ ODU

Стандарт MIL-DTL-38999 охоплює всі необхідні вимоги та характеристики, які забезпечують стійке функціонування компонентів. Повна специфікація має десятки пунктів MIL-STD. Основними пунктами є:

- **Екстремальні температури.** Історія говорить нам, що битви можуть вестися в найхолодніші дні зими в деяких з найхолодніших місць на землі; або вони можуть вестися в найспекотніші дні літа в деяких з найспекотніших місць. Щоб витримати обидва екстремуми, з'єднувачі та кабелі повинні бути здатні нормально функціонувати в діапазоні температур від -65 до +175 °C.
- **Клас захисту.** Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) визначила набір кодів захисту (IP), які визначають здатність компонентів захищати з'єднання від потрапляння дощу, снігу, води, бруду, піску та пилу. Очевидно, що роз'єми та кабельні збірки на полі бою повинні працювати в будь-яких умовах. За максимального класу захисту IP69, роз'єми ODU забезпечують клас захисту IP6K9K (що підтверджено сертифікаційними випробуваннями). IP6K — захист від бруду, включно з дрібнодисперсним пилом, усіх струмопровідних частин, а IPxx.9K означає, що з'єднання може продовжувати функціонувати за умови занурення у воду на глибину до 1 м або під час промивання в процесі очищення парою під високим тиском.
- **Вібрація.** Згідно з стандартом MIL DTL 38999 роз'єми при застосуванні у військовій техніці повинні витримувати два типи вібрації —



Рис. 2. Інновація 3-в-1 від ODU — роз'єм ODU AMC® Series T

Таблиця 1. Система кодування роз'ємів ODU AMC® SERIES T				
	Корпус 9		Корпус 12	
	8 контактів	10 контактів	5 контактів	18 контактів
Кодування роз'ємів				
	A	B	C	D
Механічне кодування				
Кодування кольором				
	Світло-коричневий	Червоний	Синій	Зелений

синусоїдальну і випадкову пікову. Синусоїдальна вібрація виникає через агрегати системи, які постійно працюють, такі як генератор, компресор, помпа тощо, а випадкові вібрації виникають внаслідок руху ґрунтовими дорогами або подолання перешкоди. Специфікація вимагає, щоб роз'єми були здатні витримувати безперервну синусоїдальну вібрацію 30 g в кожному з трьох ортогональних напрямків протягом 4 годин, а також випадкові вібрації 37.8 g в кожному з трьох ортогональних напрямків протягом 8 годин.

- **Механічні удари.** На відміну від вібрацій, механічні удари спричиняються окремими непередбачуваними подіями, такими як вибух або землетрус поблизу, або падіння кабелю/роз'єму, механічне натискання або удари ногою. Стандарт MIL-SPEC вимагає, щоб роз'єми були здатні витримувати 18 ударів вагою 300 г тривалістю не більше 3 мілісекунд. Беручи до уваги вимогу цього стандарту, компанія ODU розширила сі-

мейство роз'ємів AMC®, доповнивши їх серією T — роз'ємами для експлуатації «в польових умовах».

ІННОВАЦІЙНЕ РІШЕННЯ

Останніми роками військові замовники отримали більшу гнучкість у виборі постачальників. Вони більше не зобов'язані купувати лише те обладнання та компоненти, що схвалені Міністерством оборони.

Якщо постачальник може надати незалежні звіти про випробування, які показують, що його продукція відповідає відповідним вимогам MIL-DTL-38999, ця продукція є прийнятною і її можна застосовувати у винятково відповідальному військовому обладнанні. Ще краще, якщо постачальник постійно удосконалює свою продукцію за допомогою інновацій, які виходять за рамки стандарту MIL, вона все одно може бути прийнятною для використання у військових цілях.

Компанія ODU скористалася гнучкістю стандарту MIL-DTL-38999 для роз-

Таблиця 2. Маркування для замовлення ODU AMC® SERIES T

Тип корпусу	Кількість контактів	Розетка (під пайку)	Контакти (вилка під обтиск)	
		Код для замовлення ¹	Тип замка ²	Найменування ¹ для замовлення
09	10	GKTxA0-E010WN-LS00	Push-Pull	A1TxA0-E010PN-0000
			Break-Away	S1TxA0-E010PN-0000
			Thread-lock	C1TxA0-E010PN-0000
09	8	GKTxA0-ED08WN-LS00	Push-Pull	A1TxA0-ED08PN-0000
			Break-Away	S1TxA0-ED08PN-0000
			Thread-lock	C1TxA0-ED08PN-0000
12	5	GKTxA0-H005WN-LS00	Push-Pull	A1TxA0-H005PN-0000
			Break-Away	S1TxA0-H005PN-0000
			Thread-lock	C1TxA0-H005PN-0000
12	18	GKTxA0-HM18WN-LS00	Push-Pull	A1TxA0-HM18PN-0000
			Break-Away	S1TxA0-HM18PN-0000
			Thread-lock	C1TxA0-HM18PN-0000

¹ x — вибір кольору з ряду A, B, C, D (див. табл. 1).

² Push-Pull — із защілкою, Break-Away — розривні з функцією аварійного від'єднання Break-Away (потягнути за кабель), Thread-lock — з фіксацією типу байонет.



Рис. 3. Кабельні збірки з роз'ємом ODU AMC

робки унікального сімейства інноваційних продуктів — роз'ємів ODU AMC® серії T. Унікальність сімейства полягає в тому, що один роз'єм (гніздо або розетка) може приймати будь-який з трьох типів штекерних роз'ємів (вилки) — з фіксацією різьби, push-pull або роз'ємний (рис. 2). Це дає перевагу виробникам обладнання, призначеного для використання в різних умовах, оскільки їм потрібна лише одна модель для зовсім різних застосувань.

Надійні роз'єми серії T компанії ODU доступні в двох типорозмірах: корпуси 9 або 12 (див. табл. 1).. Вони можуть бути налаштовані на підтримку електричних або оптоволоконних інтерфейсів. Для електричних інтерфейсів доступні різні конфігурації контактів — 8 або 10 контактів для роз'ємів з розміром корпусу 9, і 5 або 18 контактів для роз'ємів з розміром корпусу 12. Найменування для замовлення наведено в таблиці 2. Вони також доступні у металевому або пластиковому кожусі, а також можлива герметизація у виробника для запобігання потраплянню рідини, пилу або

газу в місці з'єднання кабелю і кожуха. Всі роз'єми розраховані щонайменше на 500 циклів з'єднання.

Різні конфігурації контактів, що зазначені вище, забезпечують підтримку декількох стандартних високошвидкісних інтерфейсів. Наприклад, на рисунку 3 показано кабельні збірки, які

вироблені компанією ODU на основі ODU AMC® Series T і роз'ємів USB® 2.0 або USB® 3.2. Аналогічні спеціальні кабелі були розроблені для інтерфейсів Ethernet CAT 5 і HDMI®. ODU також пропонує серійне виробництво кабелів або за специфікацією замовника.

ВІЙСЬКОВЕ ВИКОРИСТАННЯ

Помаранчеві точки, показані на рисунку 4, ілюструють численні місця, в яких можуть знадобитися кабелі для з'єднання обладнання, яке носять сучасні солдати, а також обладнання, встановлене на їхніх транспортних засобах і системах озброєння. Повний перелік потенційних військових застосувань містить в собі:

- системи активного захисту (APS), такі як камери;
- робототехніка та автономні системи (RAS), в тому числі «розумні» боеприпаси;
- системи протидії безпілотникам (CUAV — Counter Unmanned Aerial Vehicle);
- засоби радіоелектронної боротьби;
- системи постановки завад і протидії СВП (IED) (саморобним вибуховим пристроям, Improvised Explosive Device);
- пристрої розподілу електроенергії;
- радіолокаційні системи;
- дистанційно керовані станції озброєння;
- тактичні радіостанції;
- навчальні та імітаційні системи.

Як бачимо, роз'єми мають якнайширше застосування і є найбільш часто використовуваним компонентом у військовій техніці.



Рис. 4. Приклади використання роз'ємів в екіпіровці солдата та у військовій техніці

КОМЕРЦІЙНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Надійність компонентів потрібна не тільки для військового застосування, а й для деяких комерційних застосувань, таких як:

- машини та обладнання для телеметрії в газовій і нафтовидобувній промисловості;
- лісове господарство;
- важке машинобудування;
- гірничодобувна промисловість;
- вузли машин для переробки відходів.

Спільним фактором для всіх типів обладнання, що використовується в цих галузях, є вібрація. Пили, фрезерні верстати, відбійні молотки, бетономішалки та інше важке обладнання генерують синусоїдальні або випадкові вібрації, що робить роз'єми ODU AMC® Series T і кабельні збірки найкращим вибором для такого взаємопов'язаного обладнання і для винятково відповідальних застосувань.

ВИСНОВОК

Умови поля бою ставлять перед розробниками військової техніки завдання розробити системи, здатні вижити в одних з найсуворіших умов на землі, від цього залежить успіх військової компанії та збереження життя особового складу. Кабелі та роз'єми є критично важливими компонентами цих систем, і вони повинні відповідати суворим стандартам допуску до екстремальних температур, погодних умов, струмових навантажень, вібрації та ударів, визначених MIL DTL-38999. Роз'єми ODU AMC® Series T і кабельні збірки на їхній основі відповідають усім вимогам. Роз'єми також пропонують унікальну функцію, яка дозволяє одному типу гнізда з'єднуватися з будь-яким з трьох типів штепсельних вилок — з різьбовим замком, push-pull або роз'ємним з'єднанням, що робить роз'єми ODU одними з найнадійніших в галузі для передавання даних, сигналів керування та живлення.

Більш детальну інформацію можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора компанії ODU на території України — компанії Rainbow Technologies:

**04112, Україна, м. Київ,
вул. Дегтярівська, 62, оф. 46,
тел./факс: +38 (044) 520-04-77,
520-04-78, 520-04-79,
e-mail: svl@rainbow.com.ua,
www.rainbow.com.ua**

CN

RAINBOW

TECHNOLOGIES

ODU®

A PERFECT ALLIANCE.

Наступне покоління рознімачів для модернізації військової техніки — рознімачі серії ODU AMC

Радіотелефонія та передача даних по радіоканалу

- Відмінне екранування
- Відмінні характеристики

З'єднання з каскою

- Мінімальні розміри / низькопрофільний рознімач

Прилади нічного бачення / дисплеї TFR

- Версія з підпружиненими контактами rого pin

Персональний комп'ютер

- Малий розмір
- Мала вага
- Можливе колірне кодування

Модуль навігації

- Версія з простим очищенням контактів

Обмін даними з автомобілем

- З'єднання-роз'єднання під навантаженням

Блок управління, що носить

- З'єднання кабель-кабель

GPS антена

- Коаксіальні рознімачі розміру "0"
- Push-pull застосовка

www.odu.de

Rainbow Technologies

www.rainbow.com.ua

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46
Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82

esp@rainbow.com.ua

Використання силових дискретних напівпровідників WeEn Semiconductors для побудови більш надійних та ефективних ДБЖ

Світовий розвиток глобальної мережі (Internet+) та зростаючі потреби в обробці та зберіганні великих об'ємів даних (big-data) призвели до значного зростання потреб у хмарних сховищах. Для задоволення цих потреб створюється велика кількість дата-центрів, що в свою чергу призводить до швидкого збільшення використання джерел безперебійного живлення (ДБЖ). У відповідь на таке збільшення ринкового попиту компанія WeEn Semiconductors пропонує свої дискретні силові напівпровідникові прилади для застосування в ДБЖ — передові силові діоди та тиристори.

Силові тиристори серії BT155 — 1200-вольтові прилади, що можуть використовуватися у ДБЖ для випрямляча змінної напруги (AC-DC), схемах заряду/розряду батареї та комутації. Вони здатні забезпечити високу надійність завдяки високому значенню пускового струму та захисту від шуму. В той же час, висока величина максимальної температури переходу у 150 °C дає можливість отримання для дизайну ДБЖ збільшеного запасу по температурі. Максимальні значення робочих параметрів напруги тиристорів серії BT155 складають 1200 В (V_{DRM}), струму — 50 А ($I_{T(AV)}$). Наступні покоління тиристорів можуть працювати за величин струму до 60 А та 80 А. Причому ці силові прилади можуть використовувати стандартні корпуси TO-247 та TO-3P, які є найбільш популярними для використання у ДБЖ.

Також компанія WeEn Semiconductors пропонує серії ультрашвидких (ultra-fast) та гіпершвидких (hyper-fast) силових діодів. Ці діоди можуть бути використані у схемах корекції коефіцієнту потужності (ККП), заряду батареї та 3-фазних інверторах у складі ДБЖ. Одна з нових серій, SABER™, що має у своїй основі технологію легування платиною компанії WeEn, має наднизьку величину струму втрат та максимальну температуру переходу у 175 °C, що дає можливість отримати збільшену рівня температурної стабільності приладу. Силові діоди BYC60W-600P та BYV60W-600P розраховані на 600 В/60 А у корпусі TO-247 і призначені для використання у 3-фазних модульних інверторах. Діод BYV60W-600P має менше значення V_F , підходить для одиночних модулів у складі 3-фазних ДБЖ потужністю 30 кВА–60 кВА, а BYC60W-600P має швидше зворотне відновлення, тому більш підходить для використання у 3-фазних ДБЖ потужністю 20 кВА–40 кВА. На додаток, для

Таблиця 1. Силові діоди для використання в ДБЖ

Diodes	V_{RRM}	I_F	Package
BYC8-600P	600V	8A	TO-220
BYC30W-600P		30A	TO-247
BYC60W-600P		60A	TO-247
BYV60W-600PT2		60A	TO-247
BYC75W-600P		75A	TO-247
WNB2560M		25A	GBJ
BYC15-1200P	1200V	15A	TO-220
BYC30W-1200P		30A	TO-247
BYC60W-1200P		60A	TO-247
BYC75W-1200P		75A	TO-247

Таблиця 2. Силові тиристори для використання в ДБЖ

SCRs	V_{DRM}	$I_{T(AV)}$	Package
BT155W-1200T	1200V	50A	TO-247
BT155K-1200T		50A	TO-3P
BT155Z-1200T		50A	HTO3P
BT158W-1200T		80A	TO-247
TYN60K-1400T	1400V	60A	TO-3P
BT155W-1400T	1400V	50A	TO-247
TYN50W-1400T	1400V	50A	TO-247
TYN50W-1600T	1600V	50A	TO-247
TYN80W-1600T	1600V	80A	TO-247

використання у застосуваннях, які потребують більшої густини потужності, компанія WeEn пропонує BYC75W-600P — силовий діод, розрахований на 600 В/75 А у корпусі TO-247.

Для широкого спектру 1-фазних ДБЖ малої потужності компанія WeEn Semiconductors має широке портфоліо 600-вольтних діодів з величиною максимального струму від 8 до 75 А. Нові розробки ультрашвидких та гіпершвидких силових діодів для широкого використання у малопотужних ДБЖ мають прилади з максимальною напругою до 1200 В (див. табл. 1, 2).

Додаткову інформацію щодо продукції компанії WeEn Semiconductors можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ «Мастек Електронікс ЛТД»:

**03124, м. Київ, пров. Радищева, 3, оф. 307,
тел./факс: (044) 451-60-80, (067) 919-51-15,
(098) 451-60-80,
e-mail: office@mastek.com.ua,
alexandr@mastek.com.ua,
info@mastek.com.ua,
www.mastek.com.ua**

WeEn Semiconductors є глобальною компанією — це спільне підприємство, створене в 2016 році компаніями NXP Semiconductor N.V. та Beijing JianGuang Asset Management Co. Ltd з Китаю. Головний офіс компанії розташований у Шанхаї, Китай. Елементи, вироблені компанією WeEn Semiconductors, створюються завдяки участі досвідченого колективу, який до 2016 року був частиною голландського виробника напівпровідників — компанії NXP (раніше Philips).

WeEn займається біполярною технологією, розробляє та виробляє широку гаму тиристорів, симісторів, діодів (у тому числі силових), високовольтних транзисторів, компонентів на базі SiC та інших елементів, що широко використовуються в промисловості, автомобілебудуванні, телекомунікації, освітленні, побутовій електроніці тощо. Ця продукція народжується безпосередньо у NXP.

WeEn має заводи в Китаї, науково-дослідні центри (R&D) у Великій Британії та Шанхаї, а також торговельну підтримку в багатьох країнах світу.



MASTEK

м. Київ, провулок Радищева, 3, оф. 307
тел. +38 (044) 451-60-80, моб. +38 (067) 919-51-15

Авторизований дистриб'ютор
WeEn в Україні

info@mastek.com.ua
www.mastek.com.ua

Вплив вологості та конденсації на роботу силових електронних систем

Пол Дрексхейдж (Paul Drexhage), Стефан Хаузер (Stefan Houser)
Переклад і коментарі: Андрій Колпаков

Загальновідомо, що вода в рідкій формі може негативно впливати на роботу електричних ланцюгів через наявність електропровідності та корозійної активності. Менш відомі, але не менш важливі ефекти, створювані водою в газоподібному стані. Тут ми більш детально розглянемо питання про те, як вологість і утворення конденсату впливає на роботу силових електронних систем, а також надамо рекомендації, що дають змогу мінімізувати цей вплив. У статті триває обговорення теми, розпочатої в нашому журналі в № 9, 2016 та № 1, 2017 [1].

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Під час обговорення питань, що стосуються довкілля, у якому працює електронна система, необхідно розрізняти зовнішнє макросередовище і мікросередовище поблизу або всередині силового напівпровідникового модуля (рис. 1).

Зовнішнє макросередовище (рис. 1, п. 1), як правило, добре вивчене, доступні регулярні звіти про погоду, а також стандарти, що визначають його характеристики (температура, вологість, тиск

тощо). На противагу цьому мікросередовища всередині (рис. 1, п. 4) і навколо (рис. 1, п. 3) силового модуля визначені менш чітко, хоча очевидно, що вони залежать від властивостей зовнішнього макросередовища і режимів роботи електронної системи (потужність, режим охолодження тощо).

Стандарт IEC 60721-3-3 [3] визначає допустимі макроумови, у яких буде встановлено електрообладнання (рис. 1, п. 1, 2). Хоча цей документ не може бути застосований безпосередньо до напів-

провідникових компонентів, він дає чітке визначення зовнішнього середовища, від якого необхідно захищати електронну систему (наприклад, за допомогою герметичного корпусу). Крім того, кліматограми IEC забезпечують чітке розуміння взаємозв'язку між температурою і вологістю, незалежно від того, в якому середовищі спостерігаються ці фактори.

На рисунку 2 показано загальний приклад такої кліматограми, де температуру повітря і відносну вологість вказано за основними осями, а абсолютну вологість представлено у вигляді сімейства кривих. Використовуючи ці три змінні, можна визначити бажану область експлуатації електронної системи, за межами якої зростає ризик відмови компонентів або скорочується їхній термін служби. Розробник повинен розуміти, як ці фактори впливають один на одного, і вибирати режими в межах бажаної робочої області.

Вологість

Загальновідомо, що вода в її найпоширенішій формі порушує роботу електричних кіл через свою електропровідність та корозійну природу. Менш відомий вплив, який вода чинить на електроніку в газоподібному стані (водяна пара). Її присутність у повітрі називається вологістю, яка визначається двома основними параметрами:

- абсолютна вологість (AH): густина водяної пари в повітрі, що виражається в грамах/кубічний метр (г/м³);
- відносна вологість (RH): відношення парціального тиску водяної пари до тиску насиченої пари, що виражається у відсотках (%).

Абсолютна і відносна вологість взаємопов'язані і є функціями температури і тиску. Як правило, в технічних специфікаціях використовується величина RH, оскільки її легко виміряти за допомогою датчиків. Однак, як буде

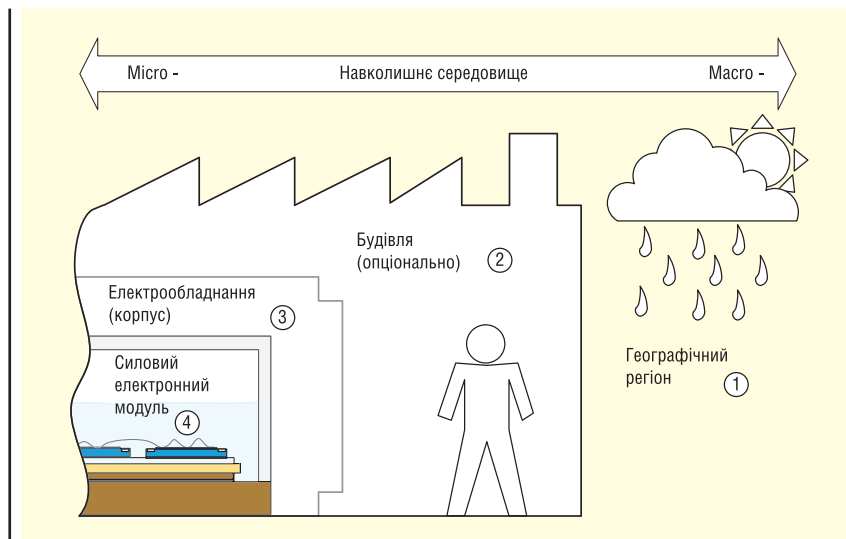


Рис. 1. Чотири «оточення» електронної системи

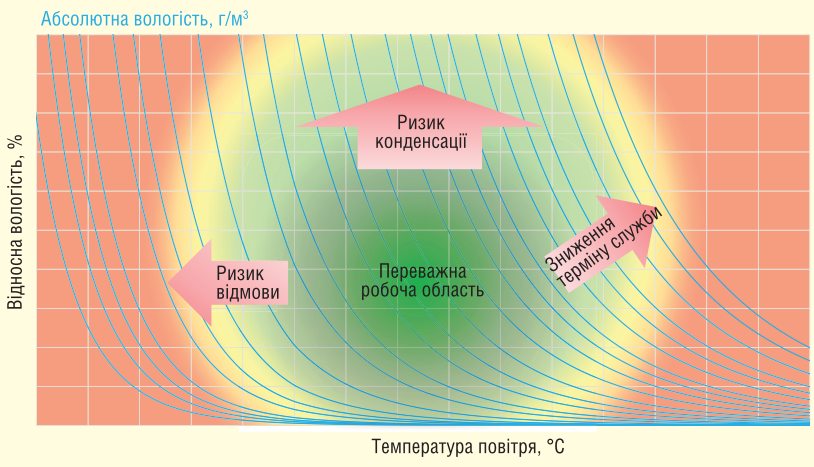


Рис. 2. Переважне макросередовище для силової електроніки

показано далі, відносна вологість для даного об'єму повітря може змінюватися, навіть якщо кількість молекул води залишається постійною.

Конденсація

Коли водяна пара, присутня в повітрі, переходить із газоподібного стану в рідкий, на поверхнях утворюється конденсат (або іній за низьких температур). Температура, за якої відбувається конденсація, називається «точкою роси» і залежить від відносної вологості. На рисунку 3 показано зв'язок між показником RH, температурою повітря та точкою роси, визначеною за допомогою рівняння Магнуса.

Якщо температура всередині деякого об'єму повітря (або об'єкта) опускається нижче за цю точку за фіксованих значень тиску та вологості, то в цій ділянці починається утворення конденсату.

Стандарт IEC використовує термін «кліматограма» (аналогічний термін, що застосовується в метеорології, має інший сенс) для визначення допустимих значень температури та вологості. Кліматограми, подібно до психрометричних діаграм, показують взаємозв'язок між температурою повітря, його абсолютною і відносною вологістю. Вони також можуть бути використані для знаходження точки, в якій відбувається конденсація.

Як типовий приклад розглянемо приміщення з температурою повітря +20 °C і відносною вологістю 60%. На поверхні пляшки з охолодженою рідиною (наприклад, до +5 °C), узятій з холодильника і принесеної в кімнату, будуть конденсуватися крапельки води. Це відбувається тому, що температура повітря, яке перебуває в безпосередній близькості від холодної пляшки, опускається нижче точки роси (+12 °C, рис. 3). Насправді охолодження будь-якої частинки повітря в цій ділянці до температури нижче +12 °C призведе до конденсації вологи, що знаходиться всередині.

Подібний ефект може спостерігати в мікросередовищі (рис. 1, п. 4) всередині силового модуля. Кліматограма IEC дає змогу визначити, коли відбудеться конденсація [4, 8], та ілюструє варіації параметра RH навіть у тому разі, якщо кількість водяної пари залишається незмінною (рис. 4). Для гіпотетичного напівпровідникового модуля робляться такі припущення:

1. Об'єм модуля (і внутрішній об'єм повітря) фіксований ($V_{State1} = V_{State2} = V_{State3}$).
2. Модуль проникний (величина n_{total} є змінною).
3. Тиск визначається зовнішнім середовищем ($p_{State1} = p_{State2} = p_{State3}$).
4. Абсолютна вологість незмінна ($AH_{State1} = AH_{State2} = AH_{State3}; n_{water} = const$, об'єм фіксований).

У цьому сценарії при зменшенні температури парціальний тиск водяної пари трохи знижується відповідно до закону ідеального газу ($p \times V = n \times R \times T$). Однак тиск насиченої пари падає різко, і, оскільки відносна вологість являє собою співвідношення цих двох значень, RH збільшується.

Стандарти

Нині не існує загальноприйнятого стандарту, який чітко визначав би допустимі параметри мікросередовища навколо напівпровідникового модуля. Виробники елементної бази перевіряють стійкість компонентів до окремих видів впливів (наприклад, відносної вологості, температури), але не можуть чітко визначити повну зону безпечного навколишнього середовища. З іншого боку, виробники обладнання з використанням силових модулів для визначення допустимого робочого макросередовища покладаються на стандарти, такі як згаданий IEC 60721-3-3 (рис. 1, п. 1,2). Відповідно, вони повинні вибрати робочі режими, які гарантують, що внутрішнє мікросередовище виробу перебуває

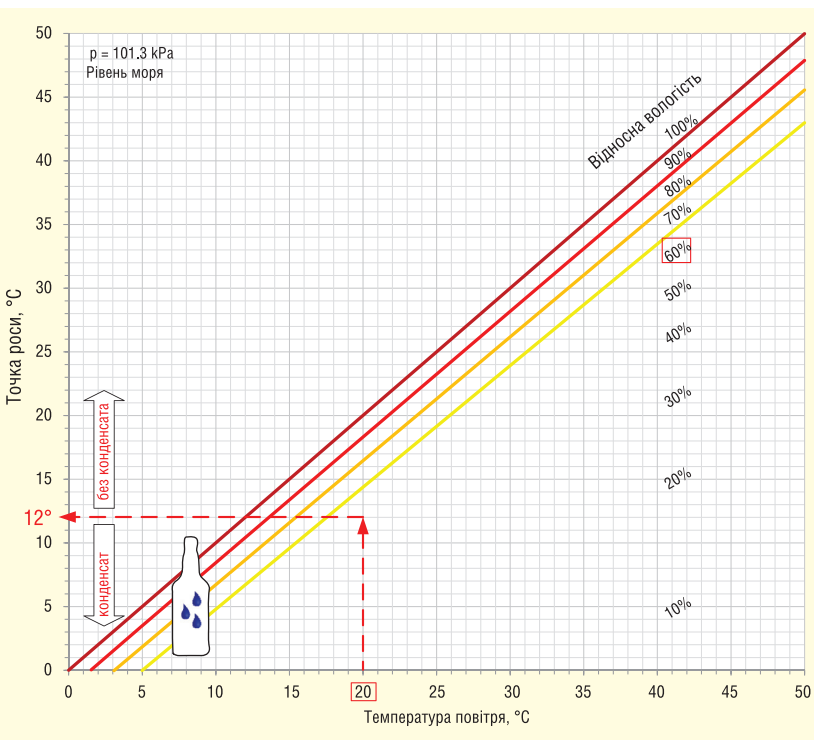


Рис. 3. Діаграма для визначення точки роси на основі виразу Магнуса

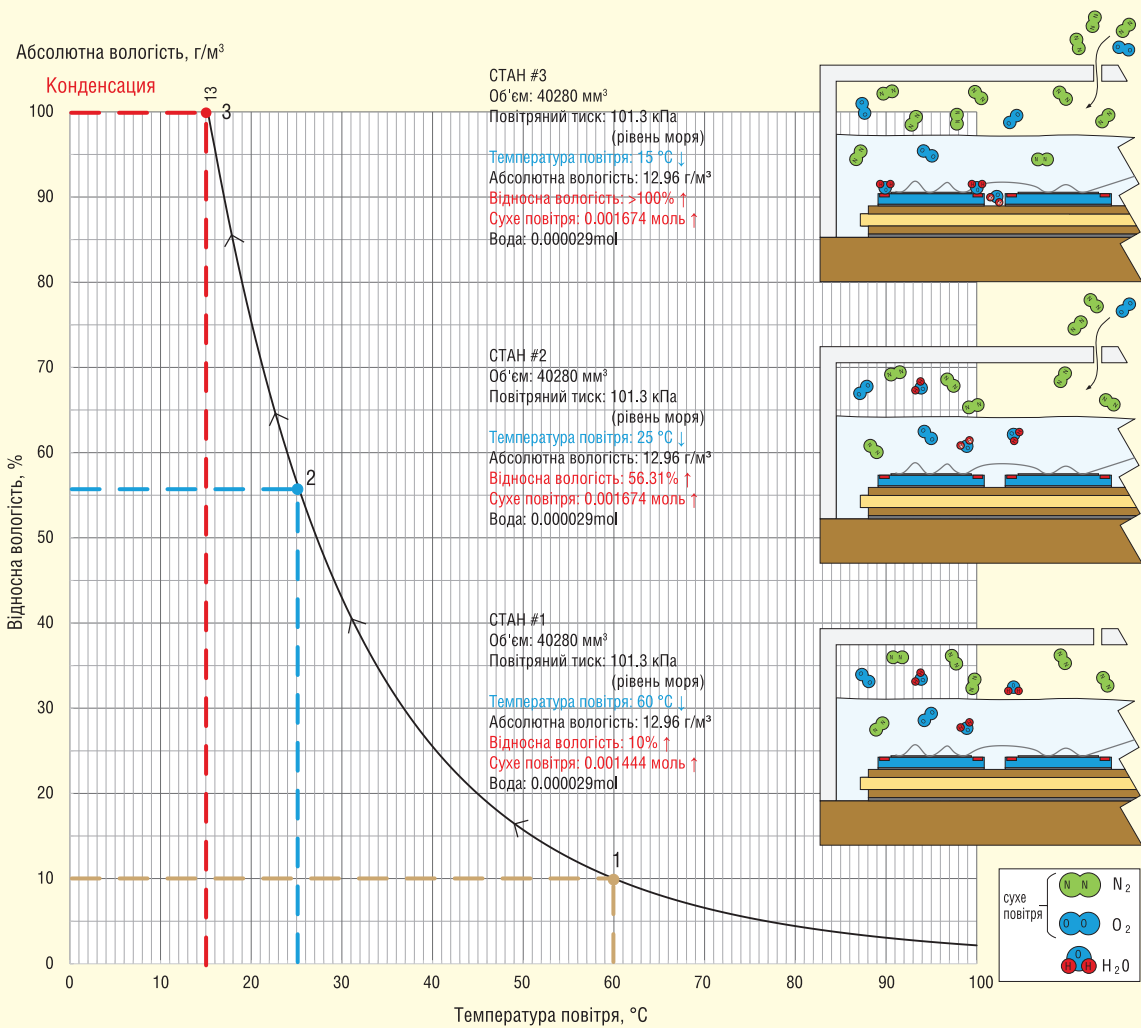


Рис. 4. Зміна відносної вологості в силовому напівпровідниковому модулі

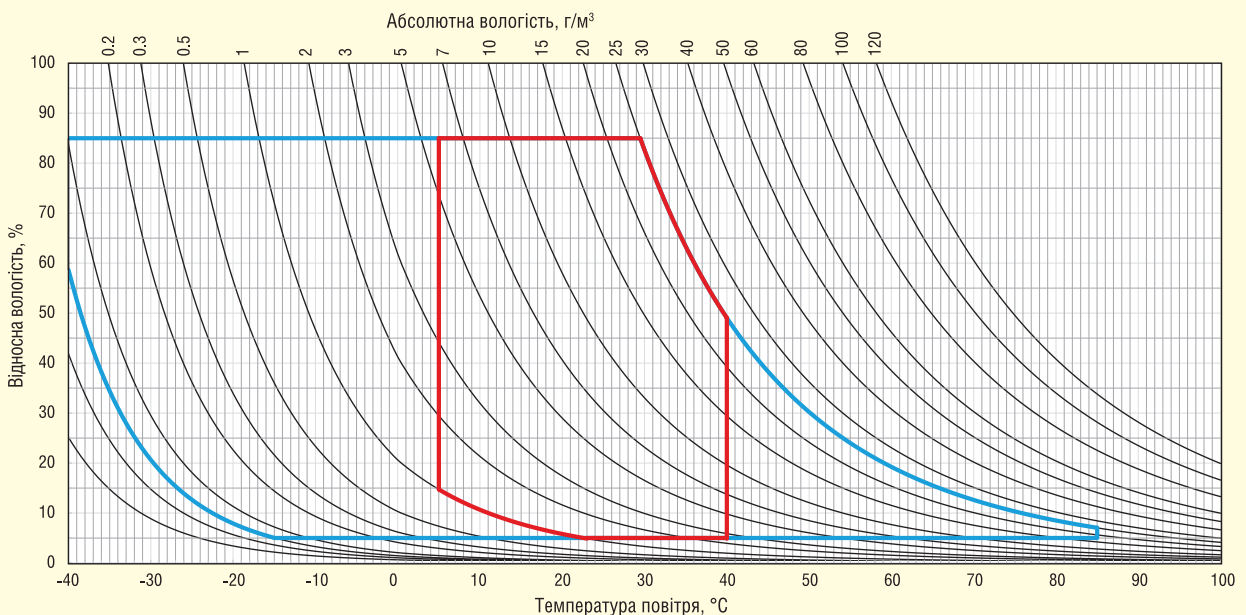


Рис. 5. Допустимі макросередовища для електронного обладнання відповідно до IEC 60721-3-3 клас 3K22 стандартний (виділено червоним кольором) і розширений (виділено синім кольором)

далеко від точки конденсації та/або меж кваліфікаційних тестів.

Практично будь-яке сучасне електронне обладнання призначене для експлуатації за ІЕС 60721-3-3, кліматичний клас 3К22 (раніше 3К3). Крім значень температури і тиску, клас 3К22 визначає допустимий діапазон RH 5–85%, при цьому утворення конденсату не допускається. Крім того, абсолютна вологість обмежена на рівні 25 г/м³. Тоді як стандартний клас 3К22 відповідає температурам +5...+40 °С, у специфікаціях сучасних силових модулів зазвичай зазначають більший діапазон (наприклад, -40...+85 °С), що створює розширену робочу зону, виділену синім кольором на рисунку 5. Відповідно, у технічній документації кліматичний клас вказується як «модифікований 3К22» або «3К22 з розширеним температурним діапазоном».

Вимірювання

Відносна вологість вимірюється безпосередньо за допомогою гігрометра. Сучасні електронні промислові прилади містять ємнісний або резистивний сенсор, який може бути відкалібрований з точністю до ±2% RH. Однак у некаліброваних або дешевих комерційних зразків похибка, як правило, вища за ±10%, тому необхідно бути обережним під час інтерпретації результатів. Портативні прилади зазвичай мають датчик температури і рекламуються як реєстратори температури/вологості або термогігрометри.

Оскільки на вологість усередині промислових шаф нерідко впливають зовнішні погодні чинники, рекоменду-

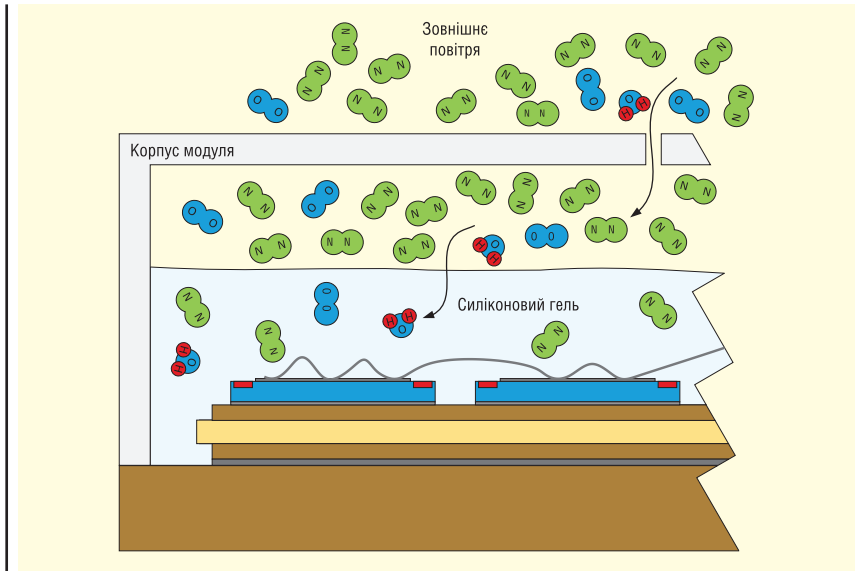


Рис. 6. Дифузія молекул води в силіконовому гелі

ється вимірювати як внутрішню, так і зовнішню відносну вологість упродовж днів або тижнів, щоб визначити вплив погодних умов і режимів експлуатації.

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ СИЛОВИХ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

Вологість

Більшість промислових силових напівпровідникових модулів має пластмасовий корпус, у якому встановлюють ізолюючу підкладку з чипами. Внутрішній об'єм заливається м'яким гелем на силіконовій основі (soft mould, або sil-gel) для поліпшення ізоляційних власти-

востей. Конструктивно такі модулі не є герметичними (і газонепроникними), тому атмосферні гази можуть проникнути в них через технологічні отвори, силові клеми тощо. Повітря потрапляє в м'які гелі за рахунок дифузії (рис. 6), молекули води поширюються в гелі так само, як і в повітрі, хоча і набагато повільніше (≈0.04 мм/с @ +18 °С, 1 мм/с @ +100 °С) [2]. У результаті з'являються такі негативні ефекти:

1. Зниження блокувочної напруги: коли температура тепловідведення зменшується, повітря, що дифундує всередині силікону, утримує менше вологи. Молекули води будуть накопичуватися на більш холодних поверхнях, термічно пов'язаних з радіатором, таких як підкладка, термінали і на-

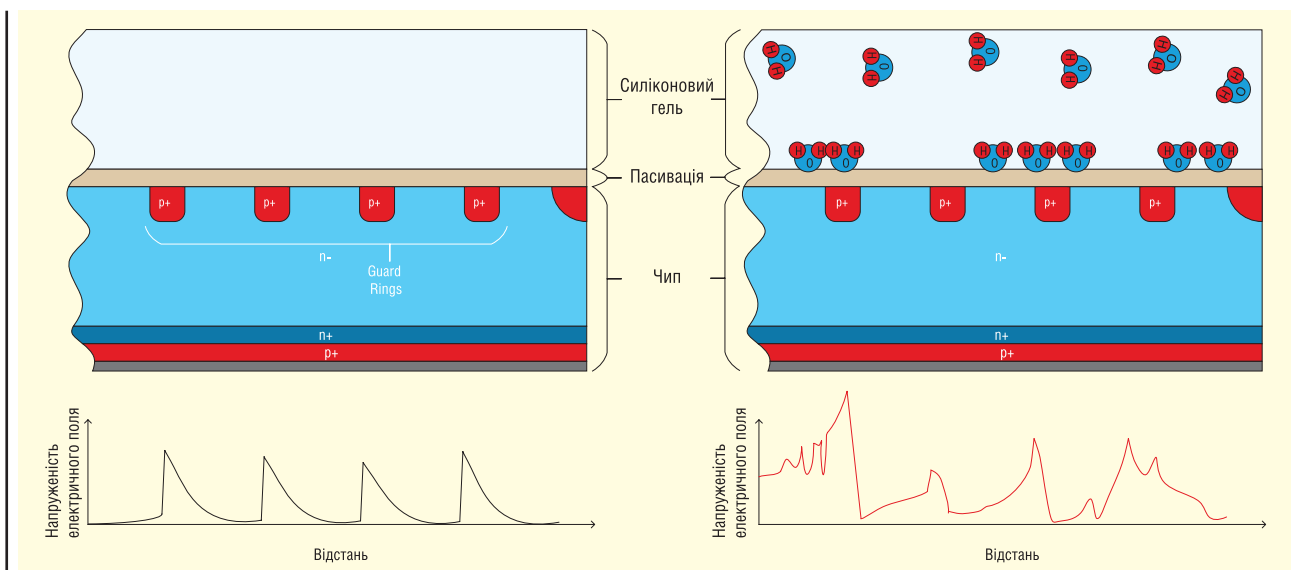


Рис. 7. Спотворення градієнта напруги в крайових областях чипа

півпровідникові кристали. Крім того, молекули води притягуються до заряджених поверхонь напівпровідників через їхню дипольну характеристику і опиняються в їхньому електричному полі (рис. 7). Це спричиняє спотворення ліній електричного поля в крайових областях напівпровідникових елементів, що може призвести до подальшого погіршення блокуючої здатності.

- Корозія кристалів: ефект корозії пасивувального шару напівпровідникових чипів добре відомий [7]. Вона відбувається за наявності прикладеної напруги в умовах вологості та в кінцевому підсумку призводить до пробію і пошкодження напівпровідника.

Корозія є одним із чинників тимчасового старіння, яке досліджується під час випробувань силових модулів на надійність. Раніше цей тест називався «High Humidity High Temperature Reverse Bias (H³TRB)» («Зворотний зсув за підвищеної вологості та температури») і проводився за напруги 80 В, незалежно від параметрів модуля. Використання перетворювачів потужності у вологому кліматі (наприклад, офшорні вітроенергетичні установки) у поєднанні зі зменшенням розмірів нових поколінь чипів задало посилення умов випробувань, які з 2018 року проводять за більш високих напруг (80% від номінальної). Відповідно, назва тесту змінилася на «High Voltage High Humidity High Temperature Reverse Bias (HVH³TRB)» («Зворотний зсув за високої напруги, високої вологості та високої температури»).

Подібні ефекти, як правило, призводять до катастрофічних наслідків, причому на основі характеру пошкодження буває дуже важко встановити, що саме вологість є першопричиною виходу з ладу. Зазначимо, що на воду, яка перебуває в рідкому стані, гель реагує зовсім по-іншому. Тести, проведені виробниками силіконового гелю, засвідчили, що під час його занурення в рідину рівень абсорбції дуже низький (<0.5%). Для виявлення аварійних ситуацій, пов'язаних із впливом вологості, необхідно аналізувати умови роботи системи в момент відмови. Перелічені далі ознаки можуть свідчити про наявність вологи:

- відмови за низького навантаження або його відсутності;
- відмови ланцюга, що перебуває під напругою, але без комутації (наприклад, гальмівний каскад, зарядний пристрій в ДБЖ, бустер у конвертері сонячної батареї);

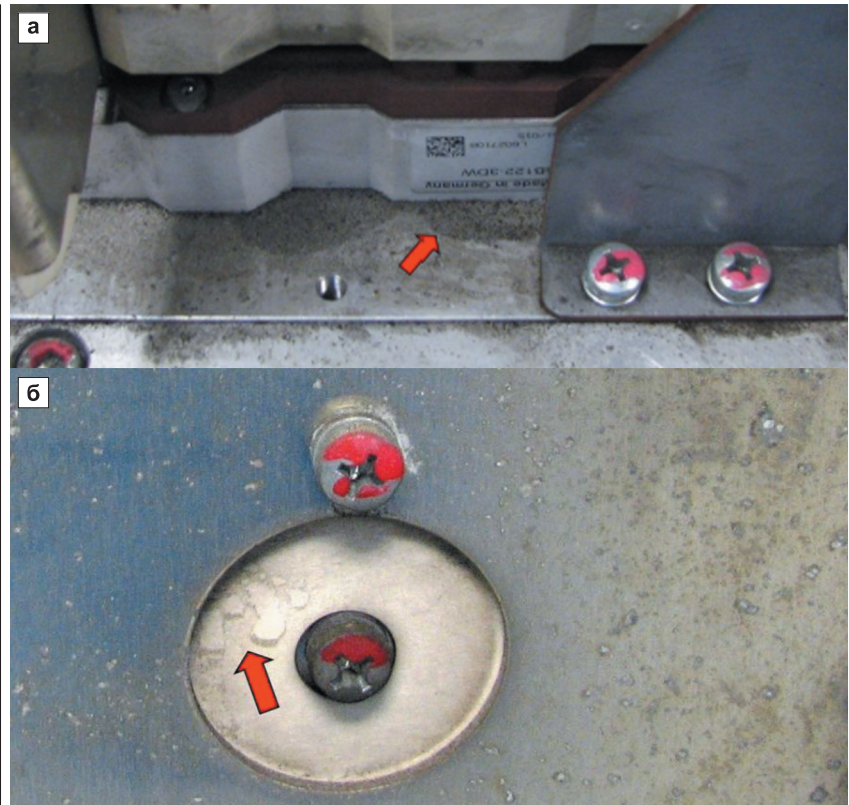


Рис. 8. Сліди присутності рідини на радіаторі модуля SKiiP (а); сліди присутності рідини на ізоляції DC-шини (б)

- відмови, що відбуваються вранці або ввечері;
- відмови, що виникають під час введення в експлуатацію або під час запуску після тривалого простою.

Конденсація

Якщо водяна пара конденсується і переходить у рідкий стан, то її вплив на електронні модулі стає більш очевидним. Наявність крапель води на радіаторі свідчить про те, що всередині силового модуля відбувається конденсація вологи (рис. 8 а). Найкраще контролювати наявність конденсату під час роботи, оскільки потім вода може випаруватися і жодних небезпечних ознак уже не буде.

Вплив рідини на відкриті провідники, наприклад ламіновані шини ланки постійного струму, різко знижує напругу ізоляції. Доказом того, що цей процес мав місце, є «водяні знаки», особливо помітні на брудних поверхнях (див. рис. 8).

Далі буде

Література:

- Арент Винтрих, Ульрих Николай, Вернер Турски, Тобиас Рейман. Пере-

вод и комментарии: Андрей Колпаков. О климатике, механике, космическом излучении и прочих полезных вещах // CHIP NEWS № 9, 2016. Пол Дрекседж, Йохим Ламп. Перевод и комментарии: Андрей Колпаков. О климатике, механике, космическом излучении и прочих полезных вещах. Часть 2. Воздействие влажности и конденсации на работу силовых электронных систем // CHIP NEWS № 1, 2017.

2. Wintrich A., Nicolai U., Tursky W., Reimann T. Application Manual Power Semiconductors. 2nd revised edition. ISLE, Verlag, 2015.

3. Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities — Stationary use at weather protected locations. IEC Standard 60721-3-3 ed. 2.2, 2002.

4. Buck A. L. New Equations for Computing Vapor Pressure and Enhancement Factor // Journal of Applied Meteorology. 1981. Vol. 20. No. 12.

5. Venting W. L. Gore & Associates, Inc. www.gore.com

6. Degrees of protection provided by enclosures (IP Code), IEC Standard 60529:1989+A1:1999+A2:2013, 2013.

7. Zorn C., Kaminski N. Temperature Humidity Bias (THB) Testing on IGBT Modules at High Bias Levels. CIPS, 2014. **CN**

НВП "ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД"

Офіційний представник Semikron в Україні

www.tsdrive.com.ua

SEMİKRON
innovation+service

*Діодні, тиристорні
та діодно-тиристорні
модулі SEMİKRON
від офіційного
представника
в Україні*



SKKL
SKMT
SKMD
SKNH
SKKE
SKET
SKKD
SKKH
SKKT

03057, Київ-57, пр. Перемоги 56, оф. 335

тел/факс (044) 458 4766

E-mail: sales@semikron.com.ua

www.semikron.com.ua

Підвищуючи швидкість: SiC-модулі Mitsubishi Electric

Екхард Таль (Eckhard Thal), Дзюндзі Ямада (Junji Yamada), Віктор Толстоп'ятов

Розвиток технологій в галузі SiC швидко просувається — завершується розробка кристалів на 6.5 кВ. У цій статті представлено огляд останніх досягнень компанії Mitsubishi Electric у сфері дослідження, розробок і застосування SiC-модулів. Особлива увага приділяється високовольним SiC-модулям.

SiC-ДОСЛІДЖЕННЯ В ЯПОНІЇ

Дослідження в галузі напівпровідників на основі SiC в Японії координуються організацією під назвою NEDO (New Energy and Industrial Development Organization — організація нових типів енергії та промислового розвитку). NEDO — найбільша японська R&D-організація, що координує розвиток передових стратегічних технологій у країні. Розробка силових модулів високої напруги з високою густиною потужності — один з найважливіших напрямків, і компанія Mitsubishi Electric тут ключовий гравець. У цій статті наведено кілька видатних досягнень у сфері SiC-технологій, підтримуваних NEDO.

SiC-MOSFET — ТРАНЗИСТОР ІЗ ВБУДОВАНИМ ДІОДОМ ШОТТКІ

Концепція вбудованого діода Шотткі (SBD — Schottky-Bargier-Diode) у польовий транзистор показана на рисунку 1.

З рисунка видно, що SiC-MOSFET-транзистор уже сам по собі має у своїй структурі паразитний діод. Однак використовувати його не рекомендується, оскільки біполярний струм призводить до збільшення так званих дефектів пакування в структурі транзистора, що веде до порушення його параметрів (зростання опору каналу). Щоб уникнути цього ефекту, використовується окремий кристал діода (рис. 1 а). Обидві структури, показані на рисунку 1, по суті, працюють на одному й тому самому принципі: доки падіння напруги в зовнішньому діоді менше, ніж напруга V_{pn} у MOSFET, і струм через паразитний діод не протікає.

Основна маса представлених зараз на ринку SiC-модулів побудована за принципом (а). Однак дослідження показують, що об'єднання SBD з MOSFET-транзистором в одному чипі (б) дає змогу домогтися набагато більшої густини потужності до появи струму в паразитному діоді, ніж у випадку з окремими чипами. Відповідно, активна площа кристала, необхідна для формування пари транзистор-діод, може бути істотно зменшена з використанням підходу (б).

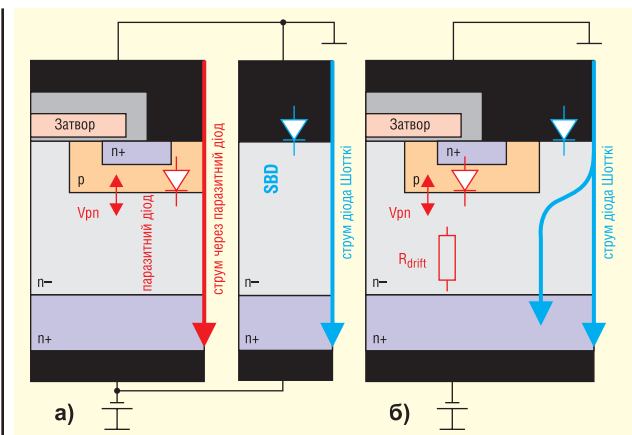


Рис. 1. Поперечний переріз SiC-кристалів: SiC-MOSFET із зовнішнім SiC-діодом (а); SiC-MOSFET із вбудованим SiC-діодом (б)

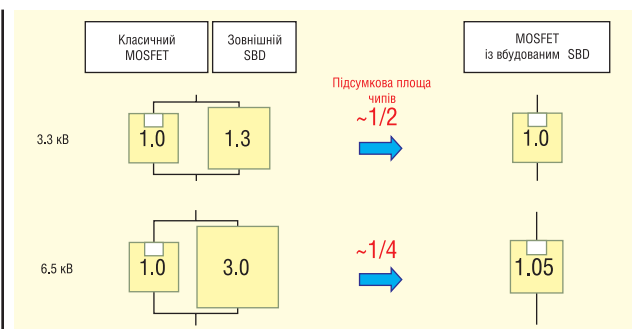


Рис. 2. Порівняння активної площі 3.3- і 6.5-кВ MOSFET SiC-чипів з окремим і з інтегрованим кристалом діода

Дослідження показують, що сумарна площа кристала з вбудованим діодом для напруги 3.3 кВ на 50% нижча, ніж у випадку з окремими чипами MOSFET і SBD. Для напруги 6.5 кВ ця різниця ще більша і досягає 75% (рис. 2). Таким чином, можна зробити висновок, що актуальність технології об'єднання SiC-чипа діода і транзистора в один кристал зростає з підвищенням напруги. Однак впровадження структури SBD у транзистор збільшує (погіршує) опір його каналу, але цей вплив несуттєвий (рис. 3). Характеристика прямого падіння в MOSFET SiC-транзисторі з вбудованим SBD показана на рисунку 4.

FULLSiC НАПІВМОСТОВИЙ МОДУЛЬ НА 6.5 КВ

Завдяки використанню технології поєднання карбід-кремнієвих SBD і MOSFET в одному кристалі нещодавно

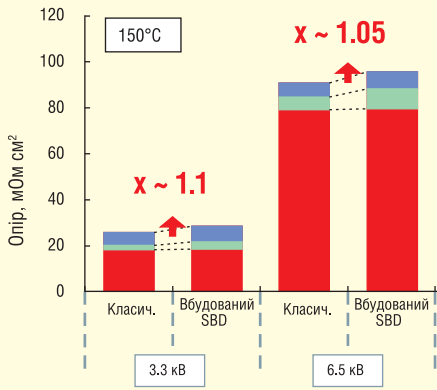


Рис. 3. Сумарний опір SiC-MOSFET-транзисторів на 3.3 і 6.5 кВ, що складається з опору каналу (червоний), опору дрейфу (зелений) та інших паразитних опорів (синій) за температури $T_j = +150^\circ\text{C}$

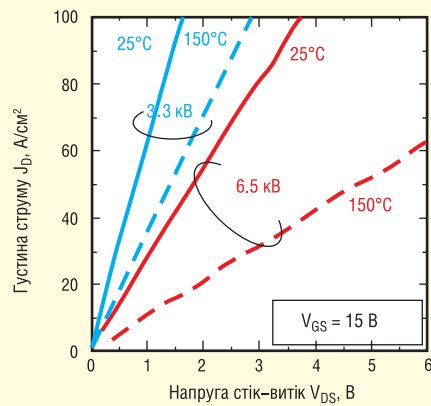


Рис. 4. Стокова характеристика зразків на 3.3 і 6.5 кВ за кімнатної температури (КТ) і $T_j = +150^\circ\text{C}$

дослідницьким науковим центром Mitsubishi Electric був анонсований модуль на 6.5 кВ з найвищим показником густини потужності у світі — 9.3 кВА/см³ (рис. 5). Якщо порівняти це значення з показником 5.1 кВА/см³, який мають аналогічні модулі на основі кремнію, стає очевидним величезний потенціал щодо зниження масогабаритних показників інверторів, який дає карбід кремнію.

Усі параметри продуктивності повного модуля на основі SiC на 6.5 кВ були виміряні в різних режимах. Модуль виконано в корпусі конструктиву HV100, а його внутрішня структура була оптимізована. Під час проектування модуля

використовувалася технологія 3D-моделювання електромагнітного поля всередині модуля, завдяки якій вдалося досягти максимально рівномірного розподілу струму між кристалами, а також низької паразитної індуктивності шин і низького випромінювання ЕМП. Зокрема, особливу увагу було приділено виключенню впливу ЕМП на ланцюги затвора за високих частот перемикання. На рисунку 6 показано симуляцію процесу увімкнення струму до і після оптимізації.

Виміряна осцилограма увімкнення струму за температури $T_j = +25$ і $+175^\circ\text{C}$ (рис. 7) показує, що швидкості перемикання верхнього (P) і нижнього (N) плеча практично рівні. Ба більше, не можна помітити суттєвих відмінностей між перемика-



Офіційний дистриб'ютор

BETTERFUSE
You build electronics, We safeguard them!





Захист від перевантаження по струму
(серія запобіжників, запобіжники SMD, відновлювані запобіжники)



Комплексний захист від перевантаження по струму і високій температурі
(серія BTU потужність 0.5, 1 і 2 Вт)



Захист від високої температури
(серія запобіжників та серія термостатів)



Акcesуари для запобіжників
(термінали, кліпси та тримачі запобіжників, утримачі панелей)



Захист від перенапруги
(супресори обмежувачі електростатичного заряду та напруги)

Altway Electronics, Inc.
5970 Unity Drive Suite E,
Norcross, GA 30071, USA
www.altwaygroup.com

Тел. 044-3-922-911
E-mail: sales.int@altwaygroup.com

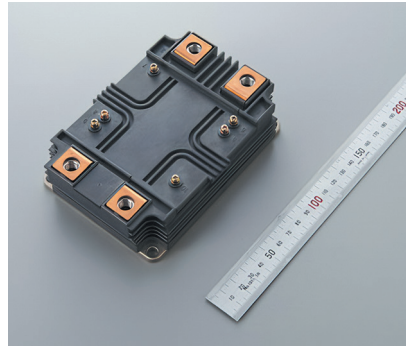


Рис. 5. Прототип FullSiC-модуля на 6.5 кВ

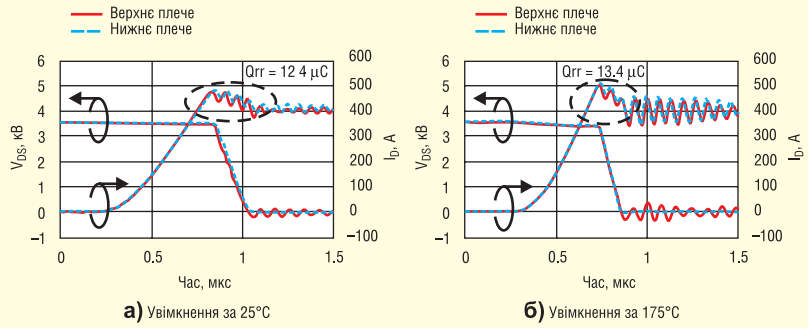


Рис. 7. Порівняння осцилограм увімкнення струму верхнього і нижнього плеча за різних температур

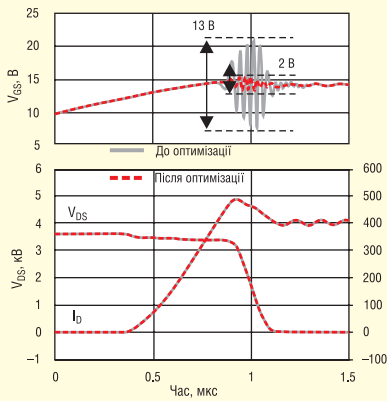


Рис. 6. Симуляція процесу увімкнення струму до і після оптимізації внутрішньої структури модуля

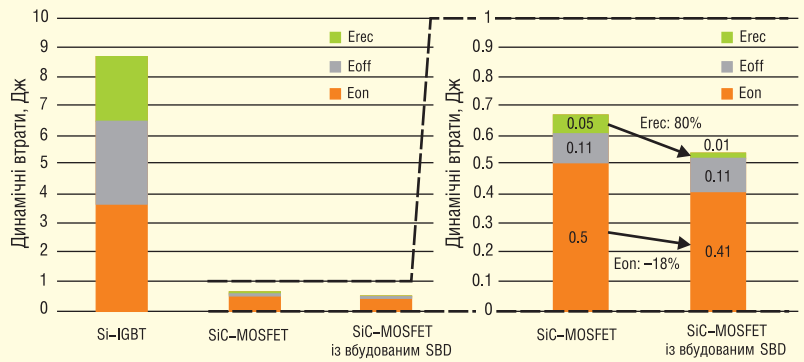


Рис. 8. Порівняння динамічних втрат у Si-IGBT ($T_j=+150\text{ }^\circ\text{C}$), SiC-MOSFET і SiC-MOSFET із вбудованим діодом ($T_j=+175\text{ }^\circ\text{C}$)

ням за температури +25 і +175 °С, що свідчить про уніполярні характеристики модуля.

Сумарна енергія перемикання SiC-MOSFET-транзистора з вбудованим діодом на 6.5 кВ становить менше 10% від значення класичного кремнієвого IGBT (рис. 8).

Таке істотне зниження динамічних втрат дає змогу підняти частоту роботи високовольтних інверторів до кількох кГц, тоді як класичні Si-модулі на 6.5 кВ не здатні працювати на таких частотах навіть у резонансному режимі (наприклад, у твердотільних трансформаторах). Підсумкове порівняння втрат для трьох типів модулів на частотах 0.5; 2; і 10 кГц показано на рисунку 9.

ПОЛІПШЕННЯ СТІЙКОСТІ SiC-MOSFET ДО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Одним із суттєвих недоліків сучасних MOSFET-транзисторів на основі SiC є їхня низька стійкість до струму короткого замикання. Одним зі шляхів підвищення допустимого часу КЗ (t_{sd}) є збільшення опору каналу

транзистора, однак це призведе також до зростання статичних втрат у кристалі. Принцип балансу між опором каналу та допустимим часом t_{sc} показано на рисунку 10.

У публікаціях компанія Mitsubishi Electric представила запатентовану структуру чипа, яка дає змогу поліпшити стійкість чипа до КЗ завдяки додатковій зоні з боку витку (рис. 11). З її допо-

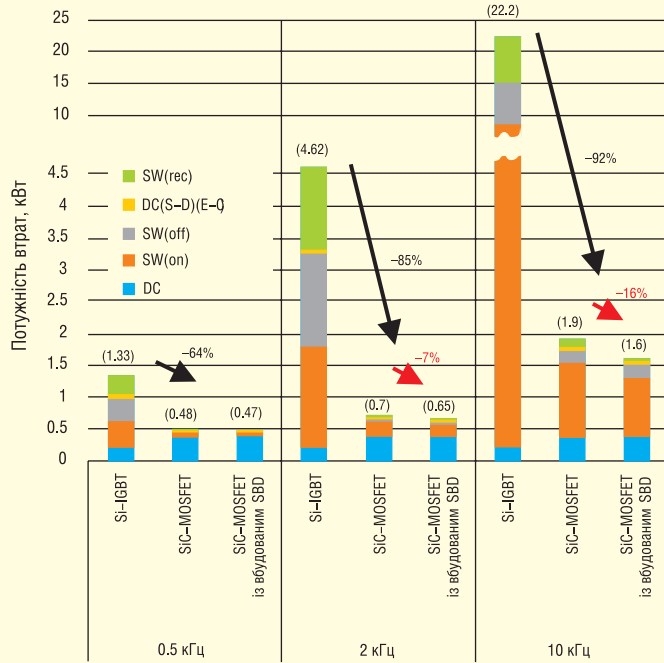


Рис. 9. Порівняння загальних втрат у модулях за типом Si-IGBT ($T_j=+150\text{ }^\circ\text{C}$), SiC-MOSFET і SiC-MOSFET із вбудованим діодом ($T_j=+175\text{ }^\circ\text{C}$)

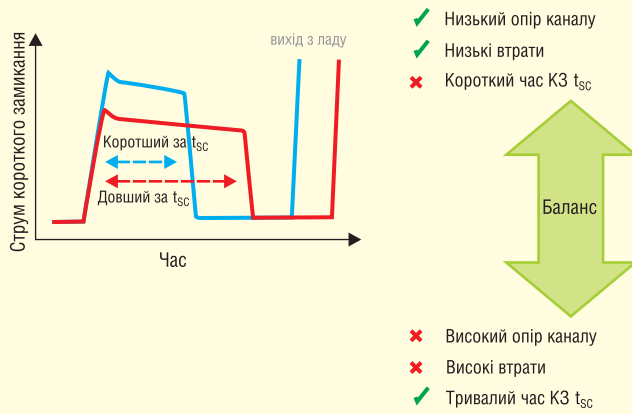


Рис. 10. Залежність між опором каналу і допустимим часом КЗ t_{sc}

могою контролюється послідовний опір витoku MOSFET-транзистора, а також знижується максимальний струм, що протікає через кристал за КЗ.

За допомогою цього підходу було досягнуто значення допустимого часу КЗ $t_{sc} = 8$ мкс (схоже з сучасними Si-IGBT) без істотного збільшення опору каналу транзистора. У прес-релізі компанії Mitsubishi Electric було показано, що дана SiC-структура дає змогу досягти найвищої ефективності серед усіх 1200-В силових транзисторів у світі з допустимим часом КЗ понад 8 мкс. На рисунку 12 показано порівняння параметрів опору і часу КЗ структури з класичною SiC-MOSFET. З графіка видно, що при значенні $t_{sc} = 8$ мкс опір каналу транзистора може бути знижено на 40%.

СИМУЛЯЦІЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ SiC-MOSFET-КРИСТАЛА

Під час розроблення й оптимізації внутрішньої структури чипа важливою є можливість математичного моделювання (симуляції) таких параметрів, як похідні напруги стік-смуґа dV_{DS}/dt , а також струму di_D/dt під час перемикавання транзистора. У роботі було запропоновано модель поведінки SiC-MOSFET-кристалa, що враховує внутрішні паразитні індуктивні та ємнісні складові. Використовуючи цю модель, стало можливим точно передбачення роботи SiC-чипів навіть в умовах теплового дисбалансу. На рисунку 13 показано виміряні осцилограми ввімкнення і вимкнення чипом SiC-MOSFET робо-

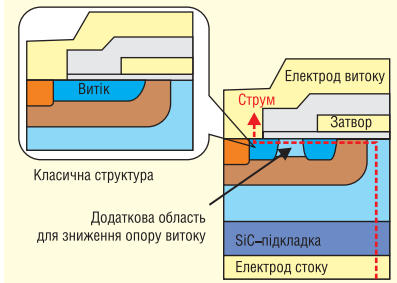


Рис. 11. Поперечний переріз SiC-MOSFET-кристалa

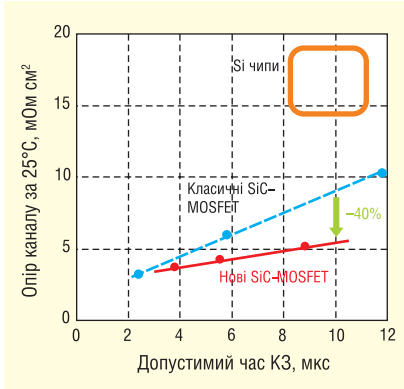


Рис. 12. Залежність опору каналу транзистора від допустимого часу КЗ ($T_j = +25^\circ\text{C}$)

чого струму в порівнянні з передбаченнями для моделі до і після її поліпшення.

FULLSiC НАПІВМОСТОВИЙ МОДУЛЬ НА 750 А/3300 В

Вперше цей модуль був представлений компанією Mitsubishi Electric на конференції в рамках виставки PCIM-Європа. Наразі модуль комерційно доступний і перебуває в масовому виробництві, його артикул: FMF750DC-66A. Для мінімізації внутрішньої індуктивності корпусу, а також для гарного розподілу струмів між паралельними кристалами модуль реалізовано в найсучаснішому конструктивному варіанті LV100 (рис. 14).

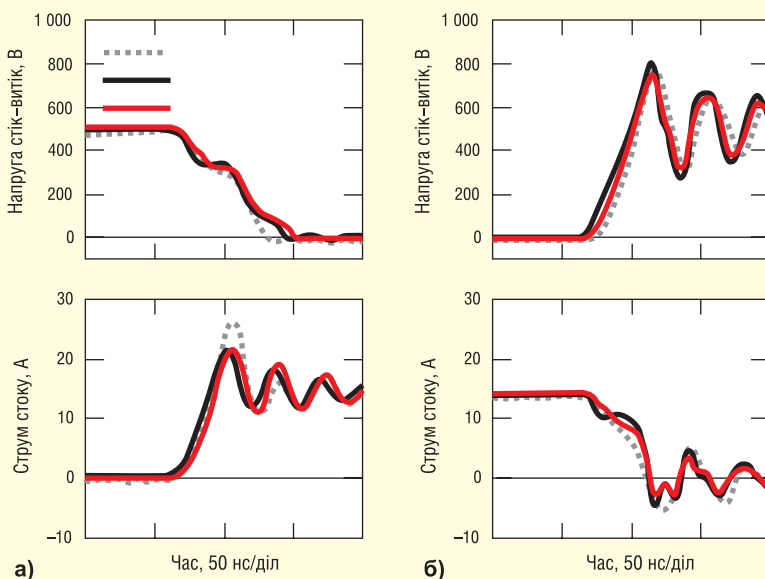


Рис. 13. Порівняння осцилограм перехідних процесів у 15-А/1200-В SiC-MOSFET-чипі з прогнозом для моделі під час увімкнення (а) і вимкнення (б) робочого струму

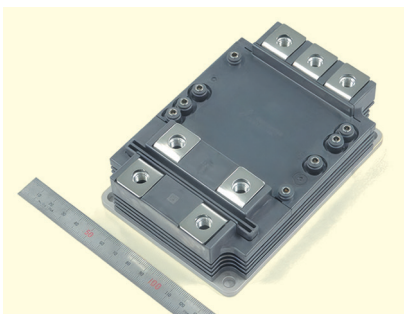


Рис. 14. Зовнішній вигляд модуля FMF750DC-66A

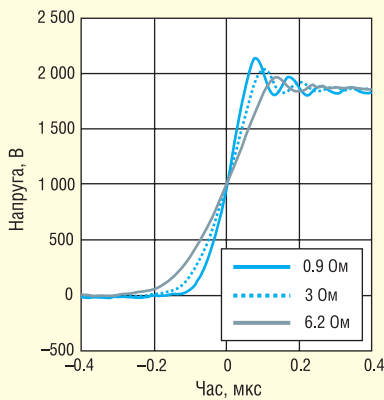


Рис. 15. Осцилограми напруги V_{DS} під час вимкнення робочого струму за різних опорів затвора ($V_{DD} = 1800$ В, $I_D = 750$ А, $T_j = 25$ °С, $R_{G(off)} = 0.9...6.2$ Ом)

Порівняно з класичними HVIGBT-модулями цей прилад надає низку можливостей щодо підвищення продуктивності інвертора:

- збільшення частоти ШІМ за збереження тих самих втрат (тієї самої системи охолодження), що й у сучасних Si-IGBT-модулів. Результати розрахунків показують, що з використанням модуля FMF750DC-66A за того самого вихідного струму частоту комутації транзисторів можна збільшити в 5–7 разів, якщо порівняти зі звичайними Si-модулями;
- зниження втрат (зростання ККД системи), завдяки якому можна зменшити розміри і масу перетворювача або підвищити загальну продуктивність системи (більший час автономної роботи, довший пройдений шлях тощо). Залежно від вимог, що висуваються під час використання, можливе також застосування комбінації обох чинників для підвищення продуктивності.

При створенні силових перетворювачів з використанням FullSiC транзисторних модулів неминуче постає питання ЕМС (електромагнітної сумісності) через їхню високу швидкість перемикання (порівняно з Si-модулями) і, особливо, високого dV_{DS}/dt . У роботі показано вплив температури, а також опору і напруги затвора на втрати при перемиканні модуля FMF750DC-66A. Осцилограми вимкнення транзистора і залежності параметра dV_{DS}/dt від опору затвора наведено на рисунках 15 і 16 відповідно. Криву енергії втрат залежно від швидкості зміни напруги dV_{DS}/dt показано на рисунку 17. З наведених даних видно, що SiC-MOSFET-кристали модуля FMF750DC-66A мають чудовий контроль швидкості перемикання за

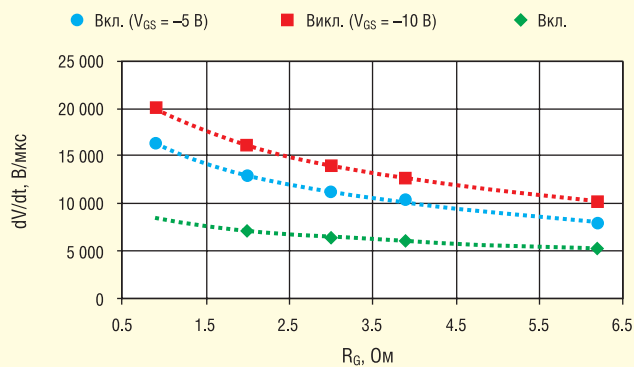


Рис. 16. Фронт напруги V_{DS} під час увімкнення і вимкнення транзистора за різних опорів R_G і напруг V_{GS} ($V_{DD} = 1800$ В, $I_D = 750$ А, $T_j = 25$ °С, $R_{G(off)} = 0.9...6.2$ Ом)

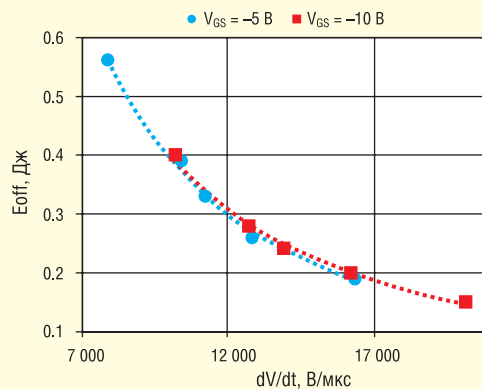


Рис. 17. Втрати під час вимкнення FMF750DC-66A залежно від dV_{DS}/dt

допомогою зміни опору затвора, що дає змогу знайти оптимальну точку балансу між динамічними втратами в модулі та рівнем ЕМВ, випромінюваних силовою частиною.

ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОТУЖНИХ ІНВЕРТОРІВ НА ОСНОВІ SiC-МОДУЛІВ У ЯПОНІЇ

Під час конференції в рамках міжнародної виставки IPEC (Ніігата, Японія) було докладно розказано про декілька успішних застосувань SiC-модулів компанії Mitsubishi Electric у Японії:

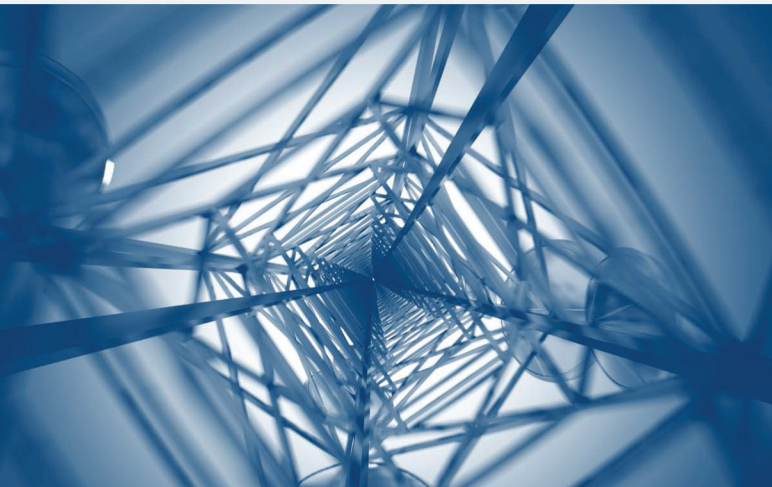
- Використання гібридних модулів 1200 А/1700 В у тяговому приводі трамвая з напругою у ланці постійного струму 600 В дало змогу знизити розміри інвертора на 40% порівняно з його Si-IGBT-аналогом.
- Після заміни IGBT-модулів на Full-SiC-модулі в модульному багаторівневому перетворювачі для високовольтних ліній постійного струму (HVDC) було отримано такі результати, як наведені в роботі: зниження втрат на 50%, зменшення розмірів на 21% і маси на 14%.

- Застосування SiC-модулів замість кремнієвих IGBT у фотоелектричному сонячному перетворювачі (PV) на 750 кВт дало змогу досягти ККД системи в 99%, що на 0.4% вище, ніж із класичними модулями.

ВИСНОВОК

Протягом останнього часу компанія Mitsubishi Electric зафіксувала кілька суттєвих досягнень у галузі розробки високовольтних кристалів на основі карбїду кремнію. 750-А/3300-В напівмостовий модуль FMF750DC-66A став комерційно доступний — надійшов у масове виробництво. Завдяки технології впровадження антипаралельного діода Шоттки в кристал SiC-MOSFET стало можливим зменшення сумарної активної площі чипа на 75% для класу пристроїв з напругою 6.5 кВ. Завдяки даній технології з FullSiC-модулями на 6.5 кВ вдалося досягти найвищої питомої густини потужності в 9.3 кВ.А/см³. Також кілька видатних результатів досягнуто в галузі застосування SiC-модулів на 1.7 і 3.3 кВ у Японії, що наочно демонструють перспективи використання високовольтних SiC для підвищення швидкості. **СН**

AMPLEON



Компанія Ampleon —
Ваш провідний глобальний партнер
в області радіочастотної енергетики
(RF Power)

Скористайтесь рішеннями RF Power від Ampleon для систем мовлення, промисловості, науки та медицини, аерокосмічної та оборонної промисловості, мобільного широкосмугового доступу, тощо



MASTEK

Авторизований дистриб'ютор
Ampleon в Україні

м. Київ, провулок Радищева, 3, оф. 307
тел. +38 (044) 451-60-80, моб. +38 (067) 919-51-15

info@mastek.com.ua
www.mastek.com.ua

Серія джерел живлення MPM MEAN WELL для медичного обладнання

У статті представлено джерела живлення MPM від MEAN WELL, а також описано вимоги, яким мають відповідати джерела живлення для медичного обладнання.

Медицина належить до числа тих галузей, де діють найжорсткіші нормативно-правові документи, з якими стикаються розробники та виробники електронних пристроїв. Це пов'язано з очевидним фактом: від правильної роботи таких пристроїв може залежати не тільки здоров'я, а й життя пацієнтів. Тому з роками було розроблено низку

стандартів, мета яких — забезпечення найвищої якості компонентів, що використовуються в обладнанні лікарень, лікарських кабінетів тощо (рис. 1).

Пропозиція компанії TME включає безліч продуктів, сертифікованих для використання в медичному обладнанні для закладів охорони здоров'я. Такою групою є, зокрема, джерела живлення

MEAN WELL MPM (рис. 2). Залежно від потужності випускаються серії 5–90 Вт. Ці рішення відповідають регламентам багатьох стандартів і водночас задовольняють потреби клієнтів, які шукають невеликі джерела енергії з відмінними характеристиками. Нещодавно пропозиція TME розширилася джерелами живлення MPM з підвищеною потужністю і багатьма ключовими для медичної галузі параметрами. Однак перш ніж ми розглянемо ці продукти, необхідно звернути увагу на правила, яких мають дотримуватися виробники електричного медичного обладнання в Європі та Північній Америці.



Рис. 1. В обладнанні лікарень, лікарських кабінетів використовуються компоненти найвищої якості



Рис. 2. Джерела живлення MPM від MEAN WELL для медичного обладнання

ВИМОГИ ДО ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Основним стандартом для медичного обладнання є стандарт IEC 60601-1. Нині діє його третя версія, яку — залежно від регіону світу — можна знайти під назвами: ANSI/AAMI ES 60601-1:2005 (США), CSA-C22.2 No. 60601-1:08 (Канада), EN60601-1:2005 (Європейський союз). У третій версії документа було введено відмінності між методами захисту пацієнтів — MOPP (Means of Patient Protection) і операторів — MOOP (Means of Operator Protection). Якщо існує ймовірність того, що пацієнт контактуватиме з даним пристроєм, то цей пристрій має відповідати вимогам MOPP щодо рівня ізоляції входу-виходу, фізичної відстані між вхідним і вихідним ланцюгами, а також ступеня ізоляції робочих поверхонь пристрою. Розрізняють два кола: вхідний (первинна обмотка трансформатора) і вихідний (вторинна обмотка).

Для них визначено, що:

- 1xMOPP — поодинокі ізоляція між вхідним і вихідним колами повинна становити не менше 1500 В AC, відстань між колами не повинна бути меншою за 4 мм для кіл, розділених ізолятором, і 2,5 мм — для кіл з повітряною ізоляцією між ними.
- 2xMOPP — подвійна ізоляція між вхідним і вихідним колами повинна становити не менше 4000 В AC,

відстань між колами не повинна бути меншою за 8 мм для кіл, розділених ізолятором, і 5 мм — для кіл з повітряною ізоляцією між ними.

Стандарт IEC 60601-1 також виділяє три типи медичного обладнання. Тип CF містить провідні поверхні, які контактують із серцем пацієнта (наприклад, датчики ЕКГ). Тип BF має електропровідні елементи, які короточасно або тривалий час торкаються тіла пацієнта. Тип В визначається як непровідні та заземлені компоненти.

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ МРМ

Джерела живлення МРМ у пропозиції ТМЕ мають потужність 45, 65 і 90 Вт і досягають ККД 93%. За відсутності навантаження споживана потужність не перевищує 0.1 Вт. Ці компоненти, залежно від моделі, забезпечують стабілізовану напругу 5, 12, 15, 24 або 48 В DC. Вони мають внутрішній захист від перевантажень, коротких замикань і зростання вихідної напруги. Відмінною рисою є їхня висока термостійкість — можна використовувати в середовищі з температурою $-30...+80^{\circ}\text{C}$. Також було встановлено, що вони стабільно функціонують на висоті до 4 000 м над рівнем моря, що важливо, наприклад, у разі використання медичного обладнання для гірничорядувальних робіт.

МРМ-45-12ST

Приклад джерела живлення МРМ-45 з розмірами $109 \times 52 \times 33.5$ мм. Цей продукт відповідає описаним вище вимогам, зокрема за рівнем ізоляції 2хМОРР, і стандартам для пристроїв, що контактують із тілом пацієнта (тип F). Він також має численні сертифікати для використання в медичних пристроях відповідно до стандартів UL, CUL, TUV, CB, EAC, CE.

Переглядаючи пропозицію джерел живлення МРМ, варто пам'ятати про прості правила маркування цих компонентів виробником. Символ продукту має такий вигляд: МРМ-[AA]-[BB][CC], де: [AA] — номінальна потужність джерела живлення; [BB] — його вихідна напруга у В DC; [CC] — набуває значення ST (версія, оснащена гвинтовими клемниками) або відсутня (це означає, що модель призначена для монтажу на друкованій платі).

Матеріал надано компанії
ТМЕ, www.tme.eu

CN




Tempo –
вимірювальна апаратура
для мереж LAN вже в ТМЕ



Electronic Components

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK

ДИСТРИБ'ЮТОР ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

Устронна 41, 93-350 Лодзь, Польща
тел. +48 42 645 54 44, export@tme.eu, tme.eu

tme.eu

tme.com

facebook.com/TME.eu
youtube.com/TMElectroniComponent
instagram.com/tme.eu

Деякі аспекти вибору джерела живлення для медичного обладнання

Євген Рабінович

Галузь медичного обладнання в розвинених країнах і так уже показувала стабільне зростання всі попередні десятиліття. Однак з огляду на події останнього часу медичне приладобудування приречене стати критично важливою галуззю промисловості по всій земній кулі. Виробництво апаратури КТ, МРТ, уніфікованих приладів дозування хімічних і медикаментозних агентів, ШВЛ, кардіологічного та діагностичного обладнання і навіть банальних моніторів медичного застосування стає невід'ємним елементом безпеки національної системи охорони здоров'я, зокрема і в нашій країні.

Як наслідок, зростає інтерес і потреба в електронних комплектуючих, що вбудовуються в кінцеве медичне обладнання та відповідають медичним стандартам. Невід'ємною частиною практично будь-якого медичного приладу є джерело живлення, яке не тільки забезпечує безвідмовне функціонування вузлів, компонентів і датчиків, а й захищає самого пацієнта від небезпечного впливу електричних кіл. Визначення параметрів і вибір джерел живлення для медичних застосувань є специфічним завданням, до якого необхідно підходити з належним розумінням і відповідальністю.

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Безсумнівно, як практично в будь-якій галузі електроніки, під час розроблення медичного обладнання існує тенденція, яка спрямована на те, щоб зробити його компактнішим, легшим, ефективнішим, надійнішим, а також більш конкурентоспроможним за вартістю. Але є пункт, який є головним серед усіх інших міркувань, — це безпека пацієнта та оператора.

У деяких випадках виникає спокуса вважати, що джерела живлення, розроблені та сертифіковані за стандартом EN60950-1 як безпечні для промисло-

вого устаткування, можуть однаковою мірою підходити і для використання в медичних цілях. У більшості випадків це не так, оскільки рівень ризику в обох випадках різний.





На здорову людину невеликі витоки струму практично не впливають, що допускає їх наявність у промисловому обладнанні. Але пацієнти в клініці часто перебувають в ослабленому стані, що виражається як у загальній опірності організму біологічним факторам,

так і у фізичному опорі електричному струму. Навіть невеликий витік струму може дуже несприятливо впливати на хворих, тому медичне обладнання має класифікацію за типом контакту з пацієнтом. Раніше за цим фактором класифікували саме медичне обладнання як єдине ціле, але сьогодні, завдяки еволюції медичних стандартів, класифікують окремі складові вузли медичного обладнання, або так звані частини, що контактують. У таблиці 1 наведено класифікацію частин, що контактують, їхні умовні позначення та приклади медичної апаратури, у якій вони використовуються.

КОРОТКО ПРО СТАНДАРТИ БЕЗПЕКИ МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Директиви, що стосуються медичного обладнання, залежать від сфери застосування, виду контакту з пацієнтом (оператором), а також від розта-

Таблиця 1. Класифікація та умовні позначення контактуючих частин медичного обладнання

Категорія медичного обладнання	Умовне позначення	Коротке визначення категорії обладнання	Приклади медичного обладнання
B (Body)		Частина, електричний струм якої хоча й може впливати на пацієнта, проте в рамках своєї робочої функції такого впливу не передбачається.	<ul style="list-style-type: none"> автоматизовані лікарські диспенсери (дозатори таблеток); автоматизовані ліжка; світильники в операційних
BF (Body Floating)		Виріб типу B з ізолюваною робочою частиною типу F, що може перебувати в нависомому фізичному контакті з тілом пацієнта в діагностичних або лікувальних цілях. Виріб не повинен бути з'єднаний із серцем пацієнта. Контакт із тілом пацієнта не завжди електричний.	<ul style="list-style-type: none"> апарати для гемодіалізу; електрохірургічні апарати; апарати УЗД
CF (Cardiac Floating)		Виріб може перебувати в нависомому фізичному контакті з тілом пацієнта. Відрізняється від виробу типу BF вищим ступенем захисту щодо допустимих струмів витоку. Може бути безпосередньо з'єднаний із серцем пацієнта.	<ul style="list-style-type: none"> електрохірургічні апарати; електрохірургічні роботи; апарати ЕКГ
BFD (CFD)		Обладнання типу BF або CF зі збільшеним захистом.	<ul style="list-style-type: none"> дефібрилятори

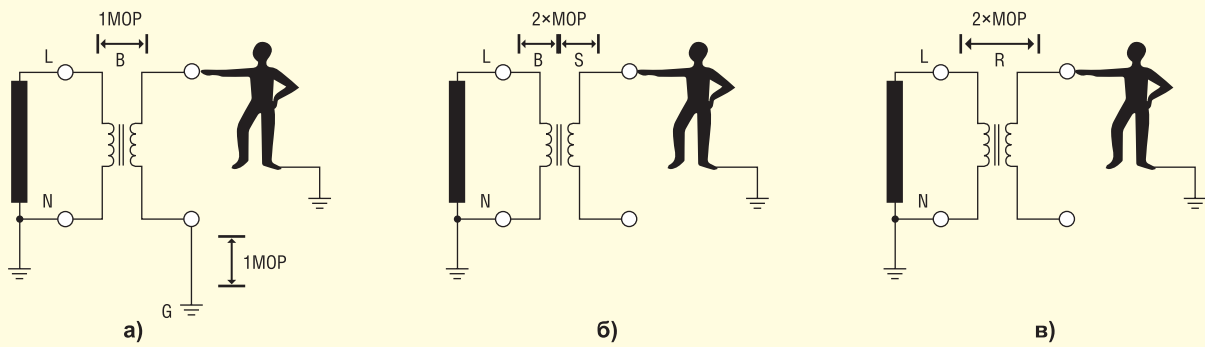


Рис. 1. Створення порогів безпеки електричного пристрою: $B = 1MOP$, $P = 1MOP$, $B + PE = 2MOP$ (а); $B = 1MOP$, $S = 1MOP$, $B + S = 2MOP$ (б); $R = 2MOP$ (в); B — Basic Insulation (ізоляція базового рівня); PE — Protective Earth (захисне заземлення); S — Supplementary Insulation (додаткова ізоляція); R — Reinforced Insulation (посилена ізоляція)

шування обладнання. Наприклад, IEC 60601-2-4 розглядає вимоги до медичних дефібриляторів. Але основним і опорним стандартом є IEC 60601-1. Національні та континентальні стандарти, такі як UL, CSA і EN, — це похідні від IEC (Міжнародна електротехнічна комісія, MEK).

За всю історію існування стандарту IEC 60601 до нього неодноразово вносили зміни. Початковий IEC 60601-1 (MEK 60601-1) для медичних приладів було опубліковано 1977 року. Друге видання, що вийшло 1988 року, було зосереджене на безпеці в безпосередній близькості від пацієнта. У 2005 році MEK випустила третє видання, яке відобразило зміну в самому підході розуміння бар'єрів безпеки (Means of Protection, MOP), розділяючи їх на бар'єри для операторів (MOOP) і бар'єри для пацієнтів (MOPP). Суттєву поправку до третього видання було представлено 2012 року (3-d Edition, Amendment 1, або Edition 3.1). Четверте видання, що побачило світ у 2014 році, торкнулося тільки вимог і випробувань з електромагнітних збурень (IEC 60601-1-2), більш детально розглядаючи ризики, пов'язані з електромагнітною сумісністю.

Розробка і тестування пристроїв для медичного застосування компанії TDK-Lambda сьогодні ведеться відповідно до останньої поправки до третього видання IEC 60601. Відповідність продукту третьому виданню IEC 60601-1 передбачає також створення «Процесу управління ризиками» і зберігання записів файлів згідно з директивою ISO 14971.

ФІЛОСОФІЯ ТА КРИТЕРІЇ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТА Й ОПЕРАТОРА

○ скільки проходження електричного струму є одним із вражаю-

чих чинників, а сила струму обернено пропорційна опорю, одним із обмежувальних заходів стає створення порогов високого імпедансу на шляху проходження струму від джерела електроенергії до людини. Таким порогом може бути ізоляція між первинною і вторинною частинами схеми. Друга стратегія безпеки — забезпечення паралельного контуру проходження струму зі значно меншим імпедансом порівняно з характеристикою людського тіла, тобто те, що ми звикли називати захисним заземленням. Ці заходи отримали назву «пороги безпеки», або MOP (Means of Protection). Дослівно стандарт визначає наступне: «Під час транспортування, зберігання, експлуатації відповідно до приписів виробника обладнання повинно забезпечити захист від травматичного випадку як у стандартному режимі, так і за умов одиночного збою». Тому достатній рівень безпеки забезпечується щонайменше двома порогоми безпеки ($2xMOP$) і відповідне обладнання повинно розроблятися згідно з цією стратегією. На рисунку 1 проілюстровано варіанти створення двох каскадів захисту.

Кожен поріг безпеки визначається спеціальними вимогами до їхньої реалізації — наприклад, мінімальний опір заземлювального провідника, матеріал

міжшарової ізоляції і товщина міжбмотувальних прокладок трансформатора. Крім того, стандарт визначає мінімальні вимоги до повітряних і поверхневих проміжків (creepages and air clearances) між компонентами під час проектування ізоляційного бар'єру і друкованої плати. Таблиця 2 дає нам дуже цікаву картину для розуміння.

По-перше, ми бачимо, що подвійний поріг безпеки диктує вдвічі жорсткіші вимоги до компонентних проміжків (creepages/clearances), що цілком логічно, враховуючи ізоляційні властивості різних середовищ. По-друге, вона відображає новий підхід останнього видання IEC 60601-1, відносячи частини кінцевої системи або до категорії MOOP (Means of Operator Protection), або до категорії MOPP (Means of Patient Protection), і, по-третє, показує, що вимоги до критеріїв ізоляції виробу залежать від того, у якому обладнанні його використовують та чи існує прямий контакт із пацієнтом. За його присутності (тобто для категорій BF або CF) запроваджуються вимоги до наявності додаткового порогу ізоляції між виходом і «землею».

Тому не є правильною думка про те, що якщо виріб, наприклад джерело живлення, сертифіковано за MEK 60601, то він повинен обов'язко-

Таблиця 2. Вимоги до параметрів ізоляційних бар'єрів медичного обладнання (для обладнання з універсальним входом або максимальним середньоквадратичним значенням вхідної напруги 264 В AC)

Категорія порога ізоляції	Параметр	Параметр ізоляція «вхід/вихід» ($2xMOP$)	Ізоляція «вхід/земля» ($1xMOP$)	Ізоляція «вихід/земля»	
				Категорія В	Категорія BF-CF
MOOP	Витримувана напруга ізоляції	3000 В AC	1500 В AC	500 В AC	500 В AC
	Поверхневий проміжок	5 мм	2.5 мм		
	Повітряний проміжок	4 мм	2 мм		
MOPP	Витримувана напруга ізоляції	4000 В AC	1500 В AC	500 В AC	1500 В AC
	Поверхневий проміжок	8 мм	4 мм		4 мм
	Повітряний проміжок	5 мм	2.5 мм		2.5 мм

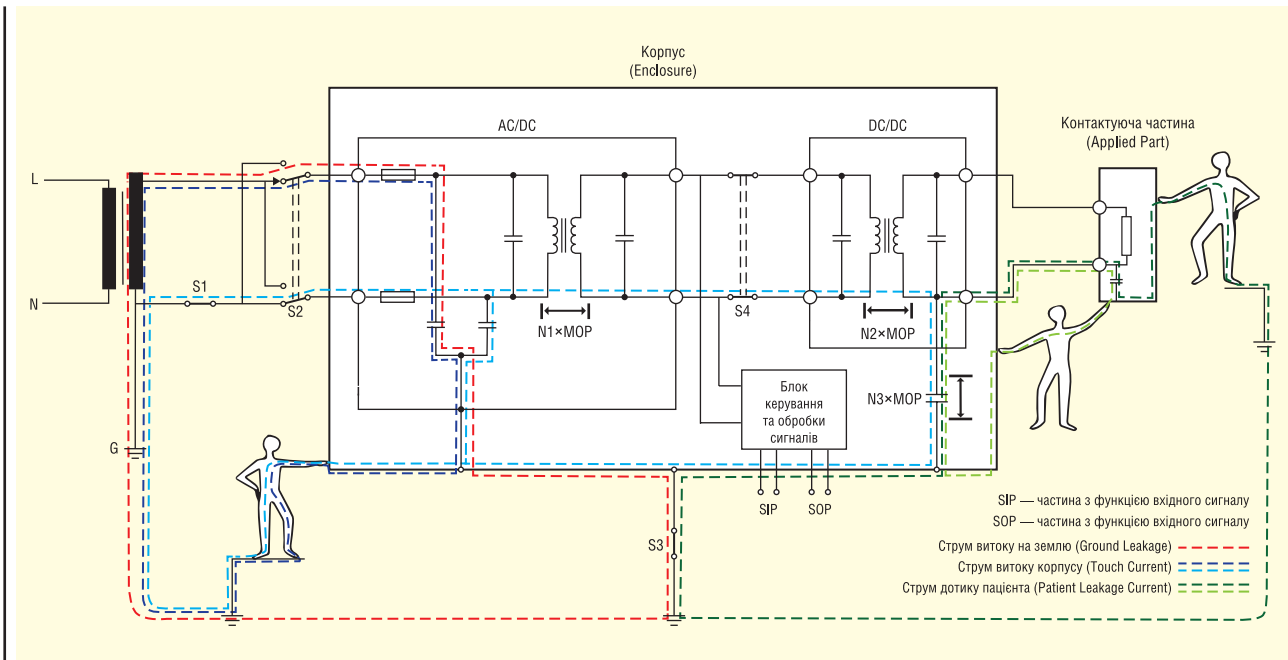


Рис. 2. Підвиди струмів витoku та порогі ізоляції на прикладі кінцевого медичного пристрою

во мати 4 000 В електроізоляційної міцності вхід/вихід. Якщо під час експлуатації прилад не передбачає контакту з пацієнтом, то його бар'єр ізоляції може визначитися як 2xMOOP, і тоді запропонована випробувальна напруга вхід/вихід становить 3 кВ. Важливо розуміти, що вимоги медичних стандартів стосуються кінцевого медичного пристрою, який має пройти всі випробування. Тому якщо кінцева система забезпечує додатковий поріг ізоляції, її комплектуючі можуть мати попередній рівень MOP.

Рисунок 2, на якому зображено окремі компоненти у складі кінцевого медичного пристрою, дає можливість змодельовати різні практичні ситуації. Як приклад припустимо, що дана система має категорію CF, яка вимагає 2xMOPP-ізоляцію «вхід/вихід» і додаткову ізоляцію 1xMOPP між виходом і «зем-

лею». Якщо джерело живлення AC/DC оснащено ізоляцією типу 2xMOPP, то мінімальні вимоги стандарту будуть виконані, навіть коли наступний за ним каскад DC/DC-конвертера не має ізоляційного бар'єру. Іншими словами, це може бути неізольований перетворювач, звісно ж, за умови, що створено бар'єр 1x MOPP між його виходом і захисною «землею» і в кінцевій системі дотримано всіх інших норм. У разі якщо каскад AC/DC спроектовано з одинарним порогом ізоляції або з бар'єром типу 2xMOOP, додатковий поріг може бути забезпечено додаванням ще одного трансформатора або завдяки ізолювальному порогові другого перетворювача — наприклад, за допомогою DC/DC-модуля серії PXC-M виробництва TDK-Lambda (рис. 3).

Даний перетворювач сертифікований за IEC 60601-1 з 2xMOPP-ізоляцією

«вхід/вихід», перевіреною на 5 000 В AC, і максимальним струмом витoku на землю 0.25 мкА. У разі якщо контактуюча частина категорії CF живиться від нього, виконання AC/DC стає неактуальним.

Слід сказати, що портфоліо медичних джерел живлення TDK-Lambda дуже різноманітне і, окрім DC/DC-конвертерів, представлено як серіями, оснащеними 2xMOOP з тестовим бар'єром ізоляції в 3 000 В AC (рис. 4), так і лінійками, що мають ізоляцію 2xMOPP/4 000 В AC (рис. 5).

Зрозуміло, не можна обійти увагою базове визначення медичних стандартів — «струм витoku». Інженери часто згадують цей термін, ми нерідко зустрічаємо його в специфікаціях. Його присутність (найчастіше небажана) викликана неідеальністю характеристик деталей ізоляції, а також електронних



Рис. 3. DC/DC-модуль серії PXC-M від TDK-Lambda з 2xMOPP-ізоляцією «вхід/вихід», перевіреною на 5 000 В AC



а)



б)

Рис. 4. Деякі джерела живлення медичного застосування виробництва TDK-Lambda з бар'єром ізоляції «вхід/вихід» класу 2xMOOP/3 000 В AC: серія NV-350 (а); серія HWS/ME (б)

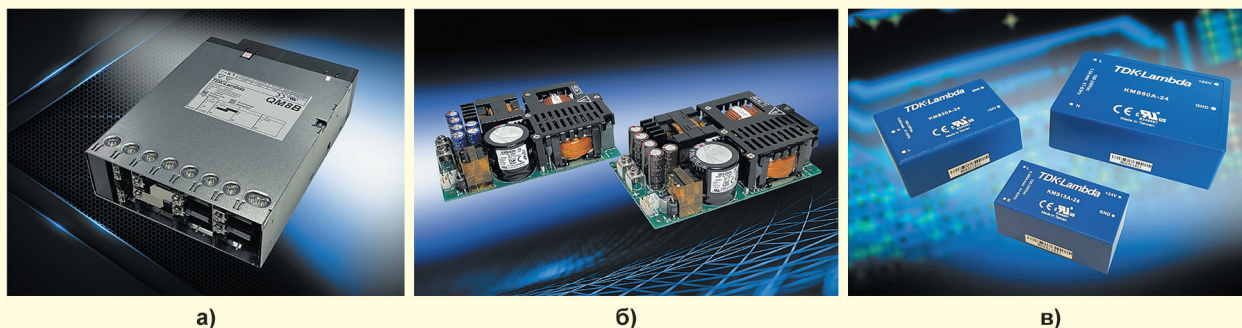


Рис. 5. Деякі джерела живлення медичного застосування TDK-Lambda з бар'єром ізоляції «вхід/вихід» 2хMOPP/4000 В АС: серія QM8 (а); серія CUS600 (б); серія KMS-A (в)

Таблиця 3. Вимоги до струмів витoku контактуючих частин медичного обладнання

Струм витoku	Категорія B		Категорія BF		Категорія CF	
	Нормальні умови	Одинарний збій	Нормальні умови	Одинарний збій	Нормальні умови	Одинарний збій
Струм витoku на землю	500 мкА	1 мА	500 мкА	1 мА	500 мкА	1 мА
Струм витoku через кожух	100 мкА	500 мкА	100 мкА	500 мкА	100 мкА	500 мкА
Струм витoku через пацієнта	100 мкА	500 мкА	100 мкА	500 мкА	10 мкА	50 мкА

компонентів, що складають ізоляційні бар'єри і фільтрувальні каскади.

Але важливо розуміти, що термін «струм витoku» не є однозначним поняттям. Він підрозділяється на три типи: струм витoku на «землю», іноді іменований струмом заземлювального провідника (Ground Leakage або Ground Conductor Current), струм витoku корпусу, або струм дотику (Enclosure Current або Touch Current), і струм дотику пацієнта (Patient Leakage Current).

За визначенням, струм витoku на «землю» — це струм, що тече від робочих частин схеми через ізоляційні бар'єри на «землю». Струм дотику — струм, що тече від частин корпусу, які унеможливають доступ пацієнта, через оператора або інше зовнішнє коло, окрім заземлювального провідника, на «землю» або іншу частину корпусу обладнання. Визначення струму дотику пацієнта дуже подібне до попереднього, але розглядається тільки для кінцевої системи загалом, тобто це струм, що тече від корпусу частини, що контактує, через пацієнта на «землю» або до корпусу іншої частини системи.

Ці визначення наочно демонструє вже знайомий рисунок 2. Тут види струмів витoku виділено різним кольором. Контури проходження струмів можуть бути дуже різними і залежать від компонентного набору, схематехніки, опору кіл, частоти сигналу, матеріалу корпусів і ще дуже багатьох причин, тому на рисунку вони позначені як можливий приклад.

Оскільки філософія безпеки будуватиметься на передбаченні аварійних ситуацій, струми витoku вимірюються не тільки в нормальному режимі роботи, а й у режимі збою (так званий Single Fault Condition). Наприклад, як зміниться струм витoku корпусу, якщо заземлювальний провідник обривається або розмикається лінія нейтралі? Для створення таких ситуацій у лабораторних схемах вимірювань передбачено перемикачі. На рисунку 2 вони позначені як S1, S2, S3. Поодинокий режим збою створюється відкриттям роз'єднувача S1 або S3, а нормальний робочий режим визначається їхнім замкнутим станом і будь-яким положенням перемикача S2, який створює переполуковку відних ліній. Стандарт IEC 60601-1 визначає норми для всіх видів струмів і категорій обладнання, з якими можна ознайомитися в таблиці 3. Оскільки обладнання спроектовано так, що джерело живлення ніколи не перебуває в прямому контакті з пацієнтом, під час його розроблення та випробувань вимірюється струм витoku на «землю» і струм дотику (струм витoku корпусу).

Під час вибору відповідних імпульсних джерел живлення є й багато інших проблематичних питань, зокрема вимоги щодо електромагнітної сумісності. Лікарняне електронне обладнання, як-от монітори, працює з сигналами дуже низького рівня і чутливіше до електромагнітних звад (EMI), ніж більшість приладів, що використовуються в промисловості, що також робить електро-

магнітну сумісність важливим фактором у медичних застосуваннях.

КОРОТКИЙ ВИСНОВОК І РЕКОМЕНДАЦІЯ

Отже, з одного боку, медичне обладнання — це дуже відповідальне застосування, пов'язане з безпекою пацієнтів і хворих, що накладає на технічних спеціалістів додаткову відповідальність під час роботи над медичними проектами. З іншого боку, дуже важливо і корисно розуміти, що вимоги розробників кінцевого медичного обладнання до комплектуючих далеко не завжди збігаються з вимогами самих медичних стандартів, які можуть дозволити використання приладів менш вимогливої категорії в багатьох кінцевих системах. У статті було розкрито поняття «медична електробезпека», описано основні прийоми її реалізації, частково висвітлено норми останнього видання стандарту IEC 60601-1. Сподіваємося, це дасть змогу читачеві більш упевнено знаходити розумний компроміс у життєвих реаліях і більш професійно обирати не лише джерела живлення, а й інші вузли для створення кінцевих медичних систем. Звісно ж, фахівці, що працюють у компанії TDK-Lambda, можуть допомогти підібрати джерело живлення за наявною специфікацією, а також дати інші поради та надати підтримку, щоб сприяти відповідності вашої системи медичним вимогам.

CN

Характеристики джерел живлення для медичної техніки

Джон Куїнлан (John Quinlan), провідний менеджер з управління продукцією, Murata

Параметри джерел живлення для медичної техніки повинні відповідати вимогам безпечних і економічних стандартів. У статті розглядаються деякі характеристики джерел живлення відповідно до загальноприйнятих стандартів.

ВСТУП

Зростання ринку компонентів для медичного обладнання відбувається в результаті вдосконалення технологій, старіння населення, що супроводжується зростанням кількості хронічних захворювань, а також збільшення частки хірургічного втручання. Прогнозується, що обсяг ринку, який становив 425.5 млрд дол. у 2018 р., до 2025 р. досягне 612.7 млрд дол. за середньорічного темпу зростання 5.4% [1]. Незважаючи на зростаючий попит на переносні пристрої з батарейним живленням, обладнанню багатьох видів, як і раніше, потрібне живлення від мережі змінного струму.

Як відомо, щодо джерел живлення, призначених для експлуатації в медичних установах, висуваються особливі вимоги, але відповідні стандарти не завжди чітко визначають, як забезпечити безпечно використання кінцевого виробу. Оскільки вибір джерела живлення на основі тільки етикетки з позначкою про відповідність медичному стандарту не завжди гарантує прийнятний рівень захисту під час експлуатації в будь-якому медичному закладі, необхідна оцінка фактичного функціонального призначення виробу.

МЕДИЧНІ СТАНДАРТИ ДЛЯ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Міжнародним стандартом, що встановлює загальні вимоги безпеки з урахуванням основних функціональних характеристик, є 4-та редакція IEC/

EN 60601-1. Великою мірою він схожий з американським стандартом ANSI/AAMI ES 60601-1, у якому є деякі поправки, що узгоджуються зі стандартами NFPA-99 і NFPA-70 Національної асоціації пожежного захисту США. Багато країн теж прийняли стандарт IEC з урахуванням місцевих особливостей експлуатації. Об'єднаний стандарт описує всі можливі випадки застосувань, починаючи з простих з'єднань електричних приладів і закінчуючи з'єднаннями з серцем у хірургічній операційній, а також із медичним обладнанням, що не контактує з пацієнтом; доступ до такого обладнання мають тільки кваліфіковані оператори.

Головна вимога до обладнання, до складу якого входить джерело живлення, полягає в запобіганні ураження пацієнтів і персоналу електричним струмом. Необхідно враховувати й інші фактори, до яких належить можливість контакту з гарячими поверхнями, рухомими частинами та гострими краями обладнання.

Крім того, обладнання має безпечно функціонувати навіть після поодинокі відмови: чи то відмови компонента, чи то через порушене з'єднання, чи то відмови медичного приладу системи. Новіші версії цього медичного стандарту вимагають проводити оцінку ризиків використання обладнання в певних застосуваннях згідно з міжнародним стандартом ISO 14971, зобов'язуючи розробників враховувати виникнення цих ризиків під час експлуатації обладнання.

РИЗИК УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

Відповідно до медичних стандартів, для запобігання ураження електричним струмом джерела живлення повинні оснащуватися захисними засобами (measures of protection, MOP). З цією метою визначають вимоги до фізичного розділення ізолювальних бар'єрів і схеми заземлення (див. рис. 1). Застосовуються засоби захисту оператора (Mean of Operator Protection, MOOP) і пацієнта (Mean of Patient Protection, MOPP).

Параметр MOPP (Mean of Patient Protection) відповідає допустимим зна-

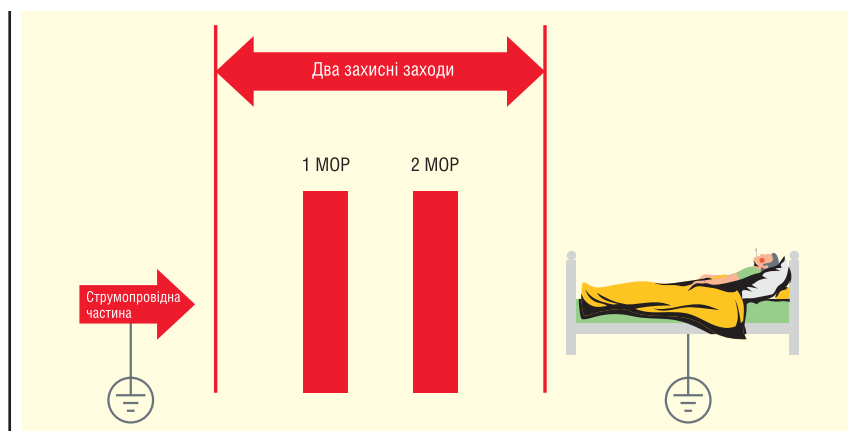


Рис. 1. Для безпечної експлуатації медичного обладнання необхідно застосувати щонайменше два захисні заходи

ченням ізоляційного проміжку та довжини шляху витoku під час контакту пацієнта з медичним обладнанням. Вимоги МООР діють в умовах, коли контакт пацієнта з обладнанням малоімовірний (наприклад, під час експлуатації обладнання в лабораторії). Параметр МООР (Mean of Operator Protection) відповідає допустимим значенням ізоляційного проміжку і довжини шляху витoku під час контакту оператора з медичним обладнанням згідно зі стандартом EN 60950-1. Вимоги МОПР жорсткіші за МООР і діють за наявності контакту пацієнта з обладнанням або його високої ймовірності.

У середовищі, що оточує пацієнта, використовується обладнання таких типів:

- робочі частини типу В (Body): заземлений прилад, контакт із тілом пацієнта з лікувальною або профілактичною метою не передбачений;
- робочі частини типу ВF (Body Floating): прилад має контакт із тілом пацієнта з лікувальною, профілактичною або діагностичною метою. Потенціал з'єднання «плаває» щодо землі;
- робочі частини типу CF (Cardiac Floating): прилад має контакт із внутрішніми органами пацієнта аж до прямого електричного з'єднання.

Категорії МОР визначають довжину шляху витoku та ізоляційний проміжок між струмопровідною та доступними частинами в устаткуванні. Прилади, в яких здійснюється контакт із тілом пацієнта, завжди належать до категорії 2хМОПР. Типи з'єднання з пацієнтом В, ВF і CF визначають струм витoku, який може проходити через тіло, на різних максимальних рівнях, які визначають за нормальних умов експлуатації та в умовах одиначної відмови.

Отже, під час вибору джерел живлення для медичного застосування необхідно враховувати параметри, що впливають на безпеку і знижують ризик ураження електричним струмом пацієнта: величину струму витoku, клас ізоляції, електричну міцність ізоляції, відповідність МОПР (або МООР).

СПЕЦИФІКАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ

Джерела живлення, що відповідають вимогам медичних стандартів, як правило, належать до категорії 2хМОПР, тобто призначені для використання в оточуючому пацієнта середовищі або в робочому середовищі оператора медичного обладнання.

Оскільки вимоги до значень ізоляційного проміжку збільшують залежність від висоти, починаючи з 2000 м у разі використання засобів захисту МООР і 3000 м — у разі МОПР, на експлуатацію джерел живлення накладається обмеження за висотою, яке відповідає номінальному значенню МОР. Оскільки у світі є вісім столиць, розташованих на висоті понад 2000 м (серед них — Мехіко з населенням понад 12 млн осіб), джерела живлення, які відповідають вимозі до мінімального ізоляційного проміжку з урахуванням висоти і вважаються придатними для експлуатації в медичному обладнанні, насправді не забезпечують належного рівня безпеки оператора на таких висотах.

Довжина шляху витoku і величина ізоляційного проміжку також залежать від ступеня забрудненості та категорії перенапруги живильної мережі, відповідно. Ці параметри добре контролюються в типовому середовищі, що оточує пацієнта. Проте в стандартах передбачаються дещо більші значення довжини шляху витoku для захисту оператора з урахуванням перехідних процесів напруги мережі живлення.

Фізичне відділення пацієнта від джерел небезпечної напруги знижує ризик ураження струмом тільки частково. Необхідно також врахувати паразитну ємність між струмопровідними елементами та схемою з'єднання з пацієнтом, а також ємність між струмопровідними частинами та землею в джерелі живлення, через які виникають струми витoku на частотах напруги мережі, що небажано та навіть небезпечно в умовах відмови (див. рис. 2).

Допустимі рівні залежать від виконання приладу: робочих частин В, ВF, CF, нормальних умов та умов одиначної відмови. Струми можуть текти від медичного приладу в тіло пацієнта і на землю, від медичного приладу через

тіло на другий прилад і на землю, а також між медичними приладами. Потенційно небезпечна умова виникає під час використання джерела живлення Class I, у якого металевий заземлений корпус (див. рис. 2), а між струмопровідними частинами, нейтраллю та корпусом встановлено протизавадні конденсатори (для придушення електромагнітних завад).

У разі виникнення одиначної відмови в неізольованому заземлювальному проводі джерела живлення потенціал корпусу «плаває» при з'єднанні через протизавадні конденсатори з мережею змінного струму. Якщо заземлений пацієнт торкається корпусу, величина струму через його тіло обмежена ємністю. Щоб запобігти ризику ураження струмом, допустиме відхилення ємності не повинно перевищувати того значення, за якого величина струму витoku стає більшою, ніж зазначена в спеціфікації за максимально допустимою напругою мережі. За нормальних умов можливий струм витoku через пацієнта на землю від джерела живлення, обмежений величиною паразитної ємності, яка зазвичай є малою, і не перевищує 10 мкА в разі робочих частин типу CF з найсуворішими вимогами. У разі порушення лінії заземлення граничне значення становить 500 мкА для робочих частин типів В, ВF і 50 мкА — у разі CF, що задає верхнє граничне значення сумарної ємності. При цьому в розрахунок береться струм витoku одного модуля джерела живлення з одиначною відмовою. Значення 500 мкА (типи В і ВF) подвоюється до 1 мА для сумарного струму витoku від декількох робочих частин з усіма вхідними та вихідними каналами витoku.

Якщо джерело живлення жорстко закріплене в обладнанні та експлуатується належним чином так, що ймовірність порушення з'єднання дуже

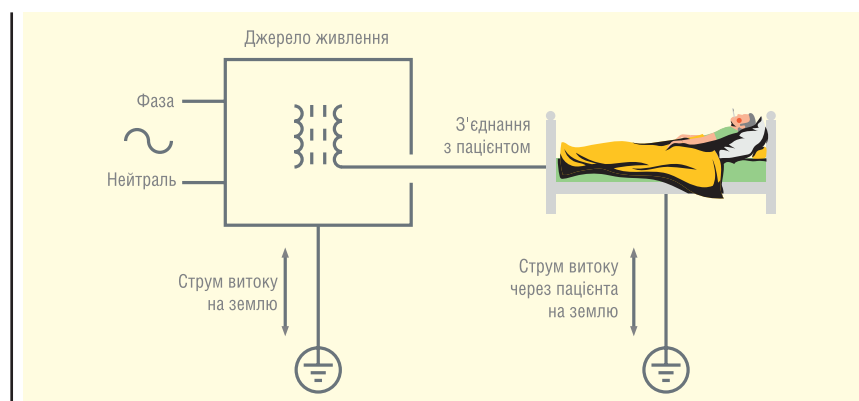


Рис. 2. Можливі шляхи струмів витoku

мала, порогові значення за струмом витоку збільшуються, а місткості внутрішніх конденсаторів, встановлених між фазою, нейтраллю та землею, можуть бути більшими, щоб забезпечити хорошу заводо захищеність. У джерел живлення Class II відсутній канал витоку на землю, але вони мають відповідати вимогам щодо порогового значення струму дотику до доступних металевих частин обладнання.

МЕРЕЖНИЙ ВХІД І НЕЙТРАЛЬ МАЮТЬ ОСНАЩУВАТИСЯ ЗАПОБІЖНИКАМИ

Входи джерел живлення для медичних застосувань мають оснащуватися запобіжниками. Велика ймовірність того, що з'єднання нейтралі та лінії живлення можуть бути переплутані. У цьому разі одного запобіжника недостатньо для нормального заземлення нейтральної лінії. З цієї причини запобіжники встановлюються і у фазному, і в нульовому проводі. Запобіжники, встановлені в живильній і нейтральній лініях, гарантують вимкнення мережі в разі внутрішнього короткого замикання. Проблема в тому, що під час КЗ між внутрішньою лінією і нейтраллю спрацьовує тільки запобіжник у нейтралі, і прилад не функціонує, але на нього, як і раніше, подається небезпечна напруга. Медичні стандарти також визначають вимикальну здатність запобіжників — величину струму замикання, за якого відбувається безпечно розмикання ланцюга, що не супроводжується руйнуванням корпусу запобіжника або появою безперервної дуги.

ПРАКТИЧНИЙ ПРИКЛАД: МЕДИЧНЕ ЛІЖКО

На рисунку 3 показано приклад розміщення медичного обладнання — ліжка пацієнта. Такі ліжка часто оснащуються чутливими електронними медичними приладами для контролю життєдіяльності пацієнта. Саме ліжко обладнане сервоприводами для зміни положення пацієнта. Усе медичне обладнання в цьому випадку вважається доступним для пацієнта і має відповідати вимогам безпеки 2xMOPP. Джерела живлення сервоприводів ліжка мають забезпечити витік струму не більше 500 мкА. Зазвичай потужність, яку споживають сервоприводи, становить кілька сотень Вт; водночас пусковий струм



Рис. 3. Сучасні лікарняні ліжка оснащені електронікою, електродвигунами і сервоприводами



Рис. 4. Джерело живлення PQU650 від Murata з медичним сертифікатом

може вдвічі перевищувати номінальний робочий струм, а струмовий захист блока живлення не повинен спрацьовувати від пускового струму. У джерелі живлення небажано використовувати вентилятори, оскільки вони породжують додатковий шум і знижують комфорт пацієнта.

На рисунку 4 показано імпульсне джерело живлення PQU650 компанії Murata, яке відповідає згаданим вимогам. Цей виріб, що пройшов сертифікацію ANSI/AAMI ES 60601-1, забезпечує ізоляцію між входом і виходом на рівні 2xMOPP. Джерело живлення призначене для експлуатації на висоті до 5000 м, а рівень захисту між входом і землею становить 1xMOPP.

Номінальна потужність цього компактного джерела живлення розміром 6x4 дюйма з конвекційним охолодженням становить 450 Вт до 50 °C (300 Вт — до 70 °C) і 650 Вт — у разі використання повітряного охолодження. Пікова потужність під час запуску електроприво-

дів: 800 Вт; струм витоку на землю за нормальних умов (макс.): 400 мкА, що дає змогу використовувати цей модуль у з'єднаннях із пацієнтом за типом В. ККД джерела живлення: понад 95%; вихідна напруга регулюється в межах $\pm 15\%$; сертифікати: IEC 62368-1; застосування: промислове обладнання, ІТ, аудіо/відеосистеми. Електрична міцність ізоляції: 1500 В АС між виходами і землею.

Випускається також модифікований модуль із вихідною напругою 54 В, призначений для використання як джерело живлення PoE. Модуль PQU650 являє собою лише один виріб із широкої низки джерел живлення для медичних застосувань від компанії Murata, яка є лідером галузі з випуску стандартних і замовних виробів із високою густиною потужності.

Література:

1. Key Market Insights // www.fortunebusinessinsights.com

MORNSUN®



AC/DC Converter · DC/DC Converter · Transceiver Module · Isolation Amplifier

IGBT Driver · LED Driver · EMC Auxiliary Device

MORNSUN®

MORE THAN RELIABILITY

Офіційні поставки в Україні від компанії «НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС»



EUROCOM COMPONENTS

www.eurocom-c.com
sales@eic.com.ua
+38 044 33 44 575

Проектування швидкодіючих 350-кВт зарядних пристроїв

Прадіп Чаттерджи (Pradip Chatterjee), Infineon Technologies

Робочі групи з розроблення стандартів визначили всі характеристики зарядних пристроїв великої потужності (НПС), починаючи з області робочих режимів, послідовності заряджання і закінчуючи роз'ємами. У Європі та США зацікавлені учасники ринку створили консорціум CharIN на основі комбінованої системи заряджання (CCS). В Японії та Китаї з'явилися альтернативні асоціації CHAdeMO і GB/T, відповідно. Деякі автовиробники також зайнялися розробкою фірмових зарядних пристроїв. У цьому сегменті ринку чітко простежується попит на модульні рішення, які і розглядаються в статті.

ВСТУП

Як відомо, автовласники не відчувають проблем із заправкою автомобілів паливом — з цією метою на трасах можна знайти чимало АЗС. Інша річ, якщо йдеться про електромобілі з акумуляторними батареями: далеко не всі АЗС оснащені відповідним обладнанням для заряджання. З цієї причини діапазон їх застосування вкрай обмежений.

Електромобіль, припаркований біля будинку його власника, може повільно зарядитися за ніч. Крім того, у багатьох великих містах і населених пунктах почали з'являтися стоянки з обладнанням для заряджання електромобілів, що дає змогу зарядити машину, поки її власник робить покупки в магазині. З цілком зрозумілих причин потрібно, щоб час такого заряджання був якомога меншим. Побутова 22-кВт система для заряджання змінним струмом забезпечує заряд, що дає змогу електромобілю проїхати 200 км за 120 хв. Для заряджання електромобіля постійним струмом за сім хвилин потрібна 350-кВт станція.

Автовиробники добре розуміють, що для вирішення цього завдання необхідний модульний підхід. Зарядні модулі можуть оснащуватися стандартними корпусами і радіаторами для охолодження, а роз'єми, кабелі та силові електронні пристрої повинні ви-

биратися відповідно до специфікацій цільового ринку.

ВАРІАНТИ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ

Пунктам заряджання на основі НПС-пристроїв потрібна виділена інфраструктура з низькою або середньою напругою живлення. Очікується, що насамперед відповідне обладнання з'явиться на станціях придорожного сервісу, а також на головних магістралях міжміського сполучення. Змінний струм у пунктах заряджання надходить на ізолюючий трансформатор і у вторинному ланцюзі перетворюється на постійний струм.

Найбільш поширеним рішенням у таких випадках є дві вторинні обмотки, одна з яких з'єднана за схемою Δ , а друга — за схемою Y . Ці фазозсувні трансформатори послідовно або паралельно встановлюють разом із багатofазними випрямлячами, даючи змогу зменшити гармонійні складові на вході. У таких схемах без трансформатора не обійтися через необхідність придушення гармонійних складових, навіть якщо гальванічна розв'язка здійснюється за допомогою певної топології DC/DC-каскаду. На цій стадії проектування слід вирішити,

яку стандартну шину використовувати — змінного чи постійного струму.

У разі вибору шини змінного струму з вторинної сторони трансформатора напруга живлення подається на випрямні AC/DC-каскади і далі — на DC/DC-перетворювачі, що спрощує схему зарядного пристрою. Однак при цьому збільшується кількість AC/DC-каскадів і, відповідно, вартість рішення в результаті використання додаткових фільтрів, керуючих і вимірювальних ланцюгів. Наразі стала не обов'язковою підтримка функцій V2G (Vehicle-to-Grid) і V2B (Vehicle-to-Building), які забезпечують повернення енергії, що надійшла в електромобіль, до загальної електричної мережі. Однак якщо ця підтримка знову стане обов'язковою, будуть потрібні додаткові витрати, і ускладняться відповідні рішення.

Вибір стандартної шини постійного струму передбачає використання AC/DC-каскаду для генерації вихідної напруги живлення постійного струму для всіх DC/DC-перетворювачів. У багатьох випадках таке рішення є кращим, оскільки воно дає змогу зменшити кількість компонентів і вартість, а також підвищити загальну ефективність. Якщо все-таки доведеться повернутися до підтримки функцій V2G і V2B, то такий перехід буде простішим. Шина постійного струму легше інтегрується в інші енергомережі, наприклад у локальні батарейні або фотоелектричні системи. Нарешті, поточні стандарти, що діють відносно зарядних пристроїв постійного струму, підтримують централізовані зарядні станції, що працюють як активний зовнішній вхідний каскад для декількох зарядних пристроїв. Головний недолік цього високопотужного каскаду полягає в солідних масогабаритних показниках.

У парках зарядного обладнання потужністю 2–3 МВт, як правило, використовується стандартна шина постійного струму, для формування

якої використовуються 6–8 потужних DC/DC-перетворювачів.

ВИПРЯМНІ АС/DC-КАСКАДИ

Сучасні силові ключі в комбінації з високопродуктивними мікроконтролерами (МК) і сигнальними процесорами (DSP) можна використовувати для побудови високоефективних випрямних АС/DC-ланцюгів. У результаті з електромережі надходить синусоїдальний струм, що забезпечує малі гармонійні спотворення (THDi ≤5%), а також незалежне керування активною та реактивною потужністю за умови ефективного швидкодієвого контуру керування. Робота за коефіцієнта потужності, що дорівнює одиниці, виключає споживання реактивної потужності з електромережі. Крім того, використання високопродук-

тивного МК дає змогу відносно просто реалізувати силовий каскад, що пере-дає потужність не тільки від мережі в навантаження, а й у зворотному напрямку.

Однією з найбільш широко використовуваних топологій є схема дворівневого перетворювача напруги (Two-Level Voltage Source Converter, 2L-VSC). Ця топологія складається з шести транзисторів IGBT або SiC MOSFET, що перемикаються, в комбінації з конденсатором в якості ланки постійного струму для генерації вихідної напруги, що перевищує вхідну фазну напругу. Крім того, такий активний випрямляч підтримує двоспрямований потік енергії та забезпечує повністю настроюваний коефіцієнт потужності. Комутаційні ланцюги можуть використовувати широтно-імпульсну або просторово-векторну модуляції.

Цей функціонал легко реалізується на основі одного 1200-В модуля CoolSiC MOSFET FS45MR12W1M1_B11 (див. рис. 1). До його складу входять шість ключів у корпусі EasyPACK 1B з малою індуктивністю та інтегрований датчик температури з негативним температурним коефіцієнтом. Пропонуються також напівмостові рішення, наприклад FF11MR12W1M1_B11 у корпусі EasyDUAL 1B. Рішення на основі цих компонентів забезпечують потужність у діапазоні 60–100 кВт на частотах комутації 25–45 кГц.

За відсутності необхідності використовувати двоспрямований потік найчастіше вибирають трифазний трирівневий випрямляч типу Vienna. Йому потрібні тільки три активні ключі для побудови здвоєного підвищувального коректора коефіцієнта потужності (ККП). При порушенні функціонування

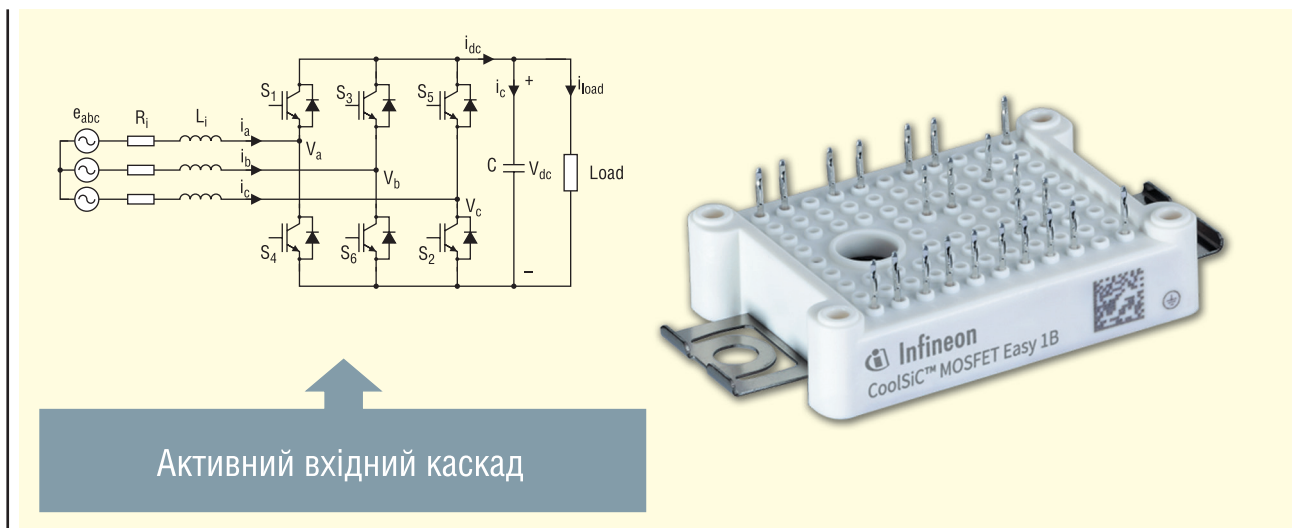


Рис. 1. Активний вхідний каскад легко реалізується за допомогою одного 1200-В модуля CoolSiC MOSFET

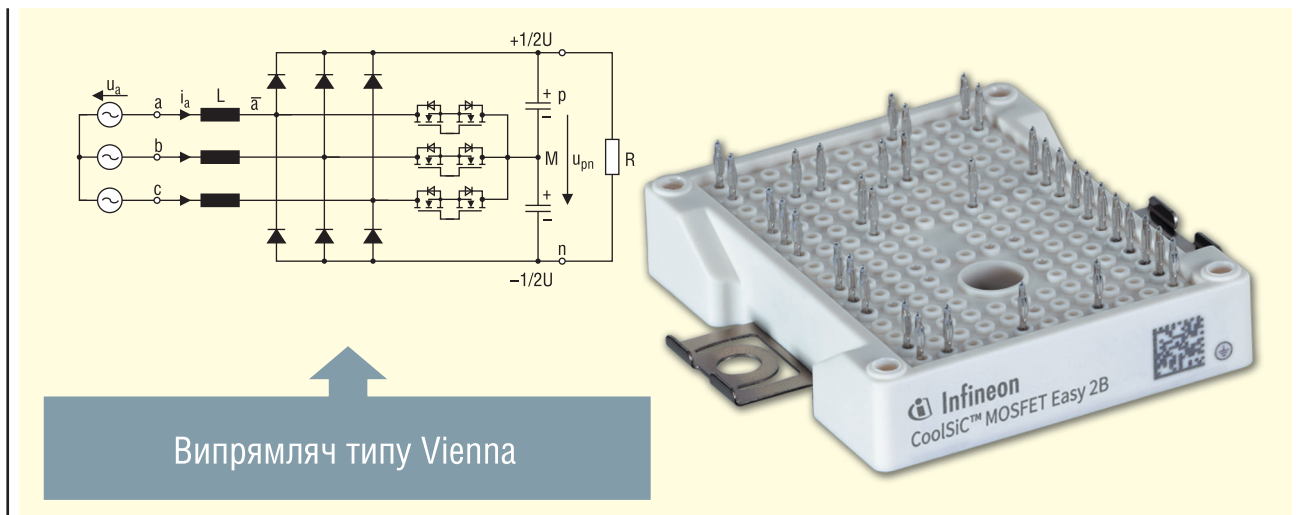


Рис. 2. Напівмостові модулі F3L15MR12W2M1_B69 у корпусах Easy 2B для реалізації високоефективного випрямляча типу Vienna

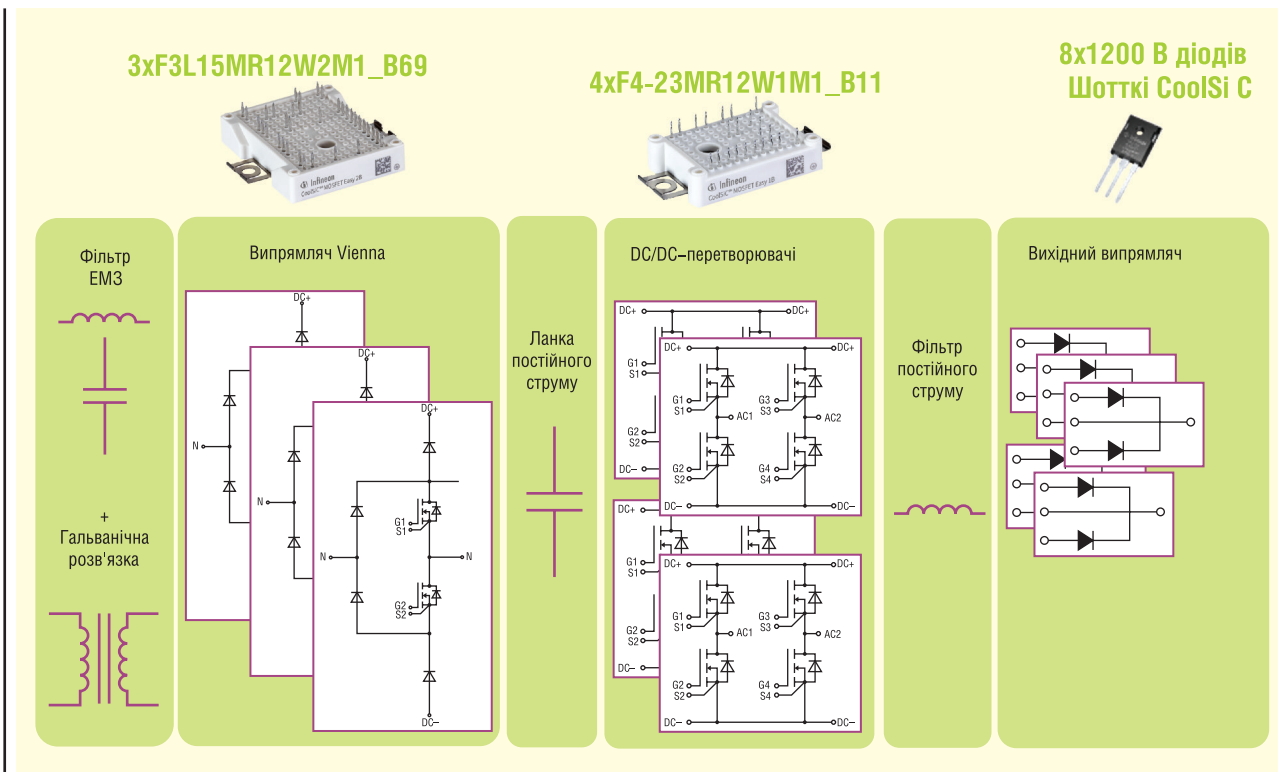


Рис. 3. Для реалізації високоєфективного 60-кВт рішення використовуються фазні модулі випрямляча типу Vienna у корпусі Easy 2B

Таблиця 1. Варіанти використання модулів у схемі рисунку 3					
Каскад	Комутаційна частота	Пристрої	Виріб	Номер виробу	Кількість, шт.
AC/DC-перетворення	40 кГц		1200-B CoolSiC Easy 2B	F3L15MR12W2M1_B69	3
		IC драйвера	EiceDRIVER 1 ED	1EDI40H12AH	6
DC/DC-перетворення	120–140 кГц		1200-B CoolSiC Easy 1B	F4-23MR12W1M1_B11	4
			1200-B діод CoolSiC	IDW40G120C5B	5
		IC драйвера	EiceDRIVER 1 EDI	1EDI60H12AH	16
Мікроконтролерний			4x ШІМ-таймери ХМС 400	ХМС4400-F100K512 BA	2

керуючого ланцюга випрямляч захищений від короткого замикання вихідного або вхідного каскаду і працює навіть за втрати однієї вхідної фази. У збірках таких схем можуть застосовуватися дискретні компоненти, але у високопотужних застосуваннях найчастіше затребувані інтегральні силові модулі.

Випрямляч типу Vienna із симетричним підвищувальним ККП можна реалізувати за допомогою SiC-модулів, наприклад F3L15MR12W2M1_B69 у корпусах Easy 2B (див. рис. 2).

Кожен модуль складається з двох 1200-В швидкодіючих випрямних діодів, двох 1600-В повільних випрямних діодів і двох 1200-В 15-мОм SiC MOSFET. Три корпуси Easy 2B можна об'єднати в одну компактну конструкцію з високим струмом і малими втратами (див. рис. 3).

У таблиці 1 наведено варіанти використання модулів у схемі на рисунку 3.

ЗАРЯДЖАННЯ ПОСТІЙНОЮ НАПРУГОЮ ЗІ ЗМІННОЮ ВЕЛИЧИНОЮ

У специфікації CharIn для зарядних пристроїв постійного струму встановлено діапазон вихідної напруги 200–920 В, струм живлення (макс.) — 500 А, потужності — 350 кВт. Для розв'язання цієї проблеми можна скористатися низкою топологій DC/DC-перетворювача, зокрема ізольованих і неізольованих.

До будь-якої з обраних топологій висувається кілька ключових вимог. Вони стосуються фізичного розміру, загальної вартості та захисту від ЕМЗ, а також забезпечення комутації за нульової напруги або струму (ZVS/ZCS), максимальної ефективності та роботи за високої потужності. Нарешті, щоб уникнути перегріву батареї, необхідно, щоб пульсації напруги і струму на виході були малими.

Топології з використанням високо-частотного ізолюючого трансформатора,

наприклад, схема повновагового резонансного LLC-перетворювача, забезпечує високу ефективність на резонансній частоті. Ці схеми також досить компактні завдяки використанню ключів у ZVS-режимі в первинному ланцюзі та діодів у ZCS-режимі у вторинному. На жаль, підтримка широкого діапазону вихідної напруги дуже ускладнює розробку зарядних пристроїв з використанням цього методу.

Оскільки гальванічна розв'язка забезпечується мережним трансформатором, за вихідної потужності понад 100 кВт можна використовувати неізольований понижувально-підвищувальний перетворювач. У багатофазній конфігурації таке перетворення здійснюється з ефективністю до 98.5%. При цьому також значно зменшуються пульсації струму завдяки зміщенню фаз імпульсів напруги.

Модульна конструкція дає змогу легко адаптувати розміри та робочі па-

раметри рішення, зокрема вимоги до вихідної потужності, продуктивності або фізичних розмірів.

ОХОЛОДЖЕННЯ

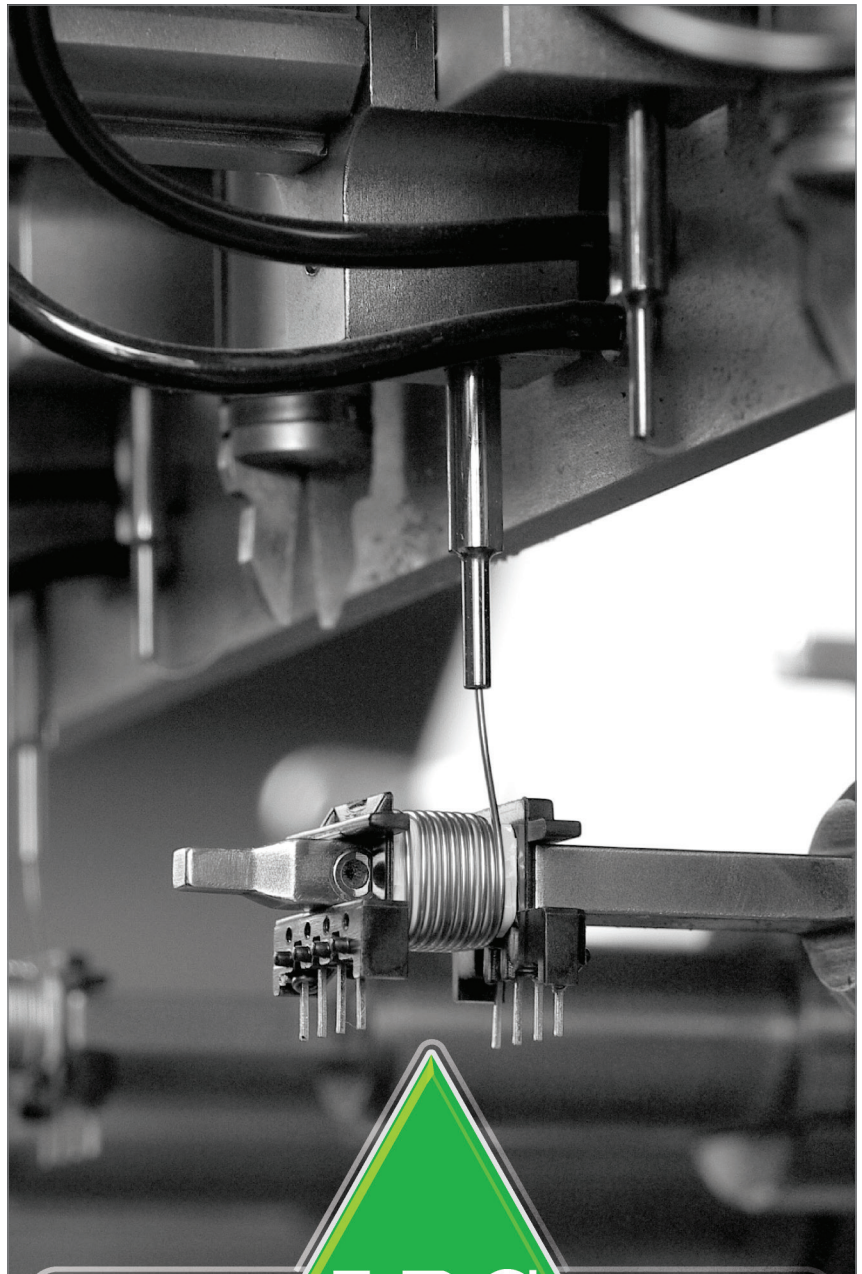
Незважаючи на досить високі ККД сучасних силових перетворювачів, падіння ефективності на 1% еквівалентно розсіюванню 3.5 кВт у вигляді тепла, коли швидкодіючий зарядний пристрій працює на повній потужності. Через один тільки кабель виникають додаткові втрати величиною 100 Вт/м. Для охолодження НРС-пристроїв недостатньо примусового повітряного охолодження. Наразі не тільки силовій електроніці, а й роз'ємам, і кабелю потрібне рідинне охолодження.

Використання рідких теплоносіїв пов'язане з такими проблемами, як пожежонебезпека, деградація, корозія і токсичність. Наразі найпоширенішим теплоносієм вважається суміш води і гліколю, за допомогою якої охолоджуються кабель і роз'єми. До числа діелектричних охолоджувачів належить, наприклад, 3M Novac, який використовується в НРС-пристроях від ІТТ Cannon. Охолоджувальна система з'єднується з окремим або розташованим у ній теплообмінником залежно від конфігурації парку зарядних пристроїв.

ВИСНОВКИ

Попит на електромобілі на акумуляторних батареях залежить певною мірою від наявної зарядної інфраструктури. Деякі проблеми можна вирішити шляхом розвитку наявних мереж зарядних станцій. Водночас потрібні інвестиції в розробку швидкодіючих високопотужних зарядних пристроїв постійного струму, які, зокрема, дадуть змогу забути про тривоги автовласників, пов'язані з обмеженою тривалістю поїздки на електромобілі. Рідинне охолодження стане невід'ємною частиною стратегії з розсіювання тепла. При цьому потрібно, щоб використовувалися високоефективні схемні рішення і компоненти, які забезпечать легку інтеграцію в механічні системи для відведення тепла.

Карбідокремнієві пристрої, до яких відносяться діоди і ключі, складуть основу майбутніх рішень, починаючи з випрямних каскадів і закінчуючи топологіями DC/DC-перетворювачів для заряджання батарей. **CN**



**ТОВ «АДС ТІМ» – ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ ЗАВДАННЯМ**

www.adcgr.com
www.adc-team.com

**тел. +38 044 206 22 52
моб. +38 067 249 77 58
+38 050 464 22 52**

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



ТОВ "АДС ТІМ"
Україна, 03680, м. Київ
пров. Радищева, буд. 3
+38 (044) 361-46-78, 206-22-52
+38 (067) 249-77-58, (050) 464-22-52
zapros@adcgr.com www.adcgr.com

ТОВ Аіронікс КОМПОНЕНТС



тел.: +38 044 384-17-55
+38 044 501-07-29
+38 044 501-80-09
info.aironics@gmail.com

- електронні компоненти
- друковані плати
- виготовлення дослідних зразків приладів
- контрактне виробництво
- перетворювачі частоти до 11 кВт (Україна) до 220 кВт (Китай)

м. Київ, вул. О. Довженка, 3
www.aironics.com.ua
www.aironics.prom.ua



Altway Electronics, Inc
5970 Unity Drive Suite E,
Norcross, GA 30071, USA
www.altwaygroup.com

ОПЕРАТИВНІ ПОСТАВКИ
ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

Тел. 044-3-922-911
E-mail: sales.int@altwaygroup.com



ТОВ «НВП АСТЕРА»

директор ТЕРЕЙКОВСЬКИЙ
Артем Семенович

Ферритові осердя,
аксесуари, індуктивні елементи

61072, Україна, Харків, вул. Тобольська 42 оф. 222
тел.: 057-757-2859, факс: 057-728-1808
050-323-3763, 067-575-4440, 068-616-7777
http://www.ferrite.com.ua E-mail: ferrite@ukr.net

SONISON Amphenol LTW TE DARKCO OSRAM SAMSUNG MORNSUN

- Електронні компоненти
- Світлодіодне освітлення
- Друковані плати
- Контрактне виробництво



bis_electronics @BISelectronic bis@bis-el.kiev.ua | bis-el.com
+38 (044) 490-35-99

VD MAIS

ДИСТРИБ'ЮЩА +
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

03061, Київ,
вул. Михайла Донця, 6
тел.: +380 (44) 201 02 02
info@vdmails.ua
www.vdmails.ua

- електронні компоненти
- електромеханічні компоненти
- промислова автоматизація
- вимірювальні прилади
- обладнання та матеріали для виробництва електроніки
- друковані плати
- контрактне виробництво

VD MAIS

Контрактне
виробництво
електроніки
(за стандартом IPC-A-610)



- автоматизований монтаж SMD-компонентів (до 2.5 млн на добу)
- автоматизована селективна пайка компонентів, що монтуються у отвори
- монтаж прототипів друкованих плат
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- виготовлення дослідних зразків виробів
- дрібносерійне та серійне виробництво
- більш ніж 10-річний досвід контрактного виробництва
- гарантія якості продукції

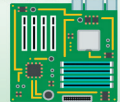
Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 та ISO 13485:2016.

Ціни – оптимальні

Україна, 03061, Київ, вул. Михайла Донця, 6
тел./факс: (044) 201-0202, (057) 719-6718,
(0562) 319-128, (032) 245-5478, (048) 734-1954,
info@vdmails.ua; www.vdmails.ua

ВЕРІКОМ КОМПОНЕНТС

- Виробництво друкованих плат від 1 шт
- Контрактне виробництво
- Власний склад електронних компонентів
- Покриття плат лаком і компаундами
- Відповідаємо вимогам стандарту ISO 9001:2015



Україна, м. Київ
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114
URL: www.verikom.kiev.ua



тел./факс: (+380) 44-501-9335
(+380) 67-508-0229
E-mail: sales@temys.kiev.ua

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

CHIP NEWS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,
просп. Відрадний, 10

(044) 490 74 99
(044) 490 74 30
info@chipnews.com.ua
www.chipnews.com.ua

WINTEX (044) 5036112
(067) 2983455
Професійний ремонт (050) 2665517

- Електронні компоненти
- Модулі та датчики для розробників електроніки
- Модулі для ремонту ТВ, комп'ютерів, планшетів, комп'ютерів
- Роз'єми та конектори
- Розробка елементів альтернативної енергетики
- Ремонт усіх видів електроніки та побутової техніки



03150, Київ, вул. Велика Васильківська, 80

www.wintex.com.ua

ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод "Радар"»
ТОВ «НВЦ друкованих плат»

Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатшарових 3^{го}–5^{го} класів складності;
- жорсткоконучих друкованих плат, гнучких кабелів;
- друкованих плат на металі (алюміній, мідь).

Швидко виготовлення (від 3-х днів).
Висока якість. Оптиміальне співвідношення ціна/якість.
Послуги по монтажу плат.

03680, м. Київ, вул. Предславинська, 35
тел.: (044) 592-5467, 528-2068, 528-3656 <http://plata.com.ua>
order@plata.com.ua

Gamma радіокомпоненти

ГАММА УКРАЇНА

(056) 745-46-65, (0562) 36-07-92
(044) 494-35-72, (044) 223-84-63

www.microchip.ua sale@microchip.ua

Науково-Впроваджувальна Фірма "Гранато"

Тел / факс 044-453-44-04, 453-44-06
E-mail: granat@granato.kiev.ua, office@granato.kiev.ua
http://www.granato.com.ua, http://www.multiport.com.ua
м. Київ, вул. Вацлава Гавела, 8, для листів: 03067, а/с 63, НВФ Гранато

СИСТЕМИ ВІДБРАЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕЛЕКОНФЕРЕНЦІЙ,
МУЛЬТИПОРТОВІ ПЛАТИ, ЕЛЕКТРОННІ ГОДИННИКИ, КОНТРОЛЕРИ

Інформаційні транспортні системи
Розробка та виготовлення на основі електромеханічних та світлодіодних індикаторів.
Бортові комп'ютери, передні, бокові, задні, внутрішні табло, аудіоінформатори.

GRAND Electronic група компаній

Прямі поставки від виробника

FLUKE Biomedical, AEB Group, ALEXANDER ELECTRIC, JET

Комплексні поставки електронних комплектуючих

- Автоматика
- Датчики
- Джерела живлення
- Компоненти і модулі СВЧ
- Мікросхеми
- Рознімачі
- Реле
- Системи бездротового зв'язку
- Системи відображення інформації
- Хімічні джерела струму

38 (044) 239-96-06
38 (044) 498-01-68

www.grandelectronic.com
office@grandelectronic.com

Бульвар Вацлава Гавела, 8
м. Київ, 03124

DACPOL **ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА АВТОМАТИКИ**

діоди, тиристори, триаки, IPM, IGBT;
давачі струму та напруги LEM;
запобіжники BUSSMANN;
конденсатори електролітичні ВНС, плівкові, високовольтні;
резистори середньої та великої потужності;
напівпровідникові, електромеханічні реле;
вентилятори радіальні та центробіжні;
обладнання для шафів;
кінцеві вимикачі, давачі тиску, рівня, вологості;
світлові та звукові сигналізатори;
UF та IR промислові лампи PHILIPS.

02090, м. Київ, вул. Сновська, 20
E-mail: kiev@dacpol.ua, www.dacpol.ua
T./ф: (+380 44) 501 93 44, GSM: (+380 50) 447 39 12

PHOENIX CONTACT

phoenixcontact.ua

Незалежний постачальник електронних компонентів

EVOCOM www.evocom.ua

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталозі

www.evocom.ua email: info@evocom.ua
тел. (044) 520-19-13

Промислові комп'ютери та монітори, модулі вводу виводу

ekzot.com.ua

ask@ekzot.com.ua
Київ, М. Донця, 6, оф. 102 Б
+38 (050) 807-97-62
+38 (068) 972-95-70

ЕКЗОТ

Etal

ДРУКОВАНІ ПЛАТИ
Виробництво одно-, дво-, багатшарових друкованих плат, плат на алюмінієвій основі з технологічними показниками відповідно до вимог міжнародного стандарту IPC-A-600

Мембранні клавіатури
– мембранні клавіатурні панелі
– лицеві і накладні панелі

www.pcbetal.com

ТОВ «РСВ-ЕТАЛ»
28000, Кіровоградська обл., м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:
Тел.: +38 (066) 872-60-65
e-mail: pcb@etal.ua

Ціни знижено

EUROCOM COMPONENTS

дистрибуція електронних компонентів контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське
вул. Пономарьова, 7

www.eurocom-c.com Тел. +38 044 33 44 575
E-mail: info@eurocom-c.com

ik
Mi**Інтегральні Комплексні Системи**

Контрактне виробництво електроніки

+38 (050) 469-12-07 info@incos.kiev.ua www.incos.kiev.ua

Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 111

Радіодеталі зі складу – 35 000 найменувань!

Усе для розробки,
ремонту та виробництва
електроніки!Від резистора до мікропроцесора, радіомонтажний
інструмент та вимірювальні прилади, підбір аналогів
та консультації.

www.ims.kh.ua

тел.: (057) 732 04 50, 732 01 76


e-mail: imskharkov@gmail.com

(073) 757 25 21 (22, 23)



ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"
Корпуса пластикові. Клавіатура плівкова.
Кабельно-провідникова продукція.

[044].599.7550 [044].503.3323 KORPUS.KIEV@GMAIL.COM
ICO#: 268-782-777
03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А korus.kiev.ua



м. Київ, пров. Радищева, 3, офіс 307
тел. +38 (044) 451-60-80 info@mastek.com.ua
моб. +38 (067) 919-51-15 www.mastek.com.ua

Авторизований дистриб'ютор
NXP, STMicroelectronics, AMPELON, WeEn в Україні

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

CHIP NEWS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,
просп. Відрадянний, 10

(044) 490 74 99

(044) 490 74 30

info@chipnews.com.ua

www.chipnews.com.ua



Електронні компоненти
Електронні компоненти
провідних світових виробників
зі складу в Києві та на замовлення
Інформаційна та технічна підтримка

- 03113, Україна, м. Київ
вул. Шутова 9, офіс 211
- Тел. (044) 495-21-09, 490-91-59
Факс: (044) 495-21-10
E-mail: imrad@imrad.kiev.ua
www.imrad.com.ua

we who are not as others

Телефон:
044 501 90 90Web:
info@cogito.com.ua


**КОМПАНІЯ
СК-ТЕХНО**
контрактне виробництво

- контрактне виробництво
- друковані плати
- монтаж
- комплектація

http://spcb.com.ua
e-mail: info@spcb.com.ua
тел./факс: (044) 369-53-67

http://melsys.com.ua



- контрактне виробництво електроніки
- монтаж і виготовлення друкованих плат
- виготовлення трафаретів

ТОВ "Мелсис"

Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204

info@melsys.com.ua

+38 044 578 18 15

+38 096 926 70 69

+38 063 435 68 10

Microdis Electronics GmbH
Rheinauer Straße 1
68766 Hockenheim
Germany**MICRODIS**Роман Прокопєць
Менеджер з продажуДистриб'ютор
електронних
компонентів

М +380 67 475 81 86

Roman.Prokopets@microdis.net

www.microdis.net

Партнерство в електроніці

МИКРО ПРИБОР

03142, м. Київ, вул. Кржижановського, 4, офіс 101
 Тел.: 044 392-93-86, Факс: 044 392-93-87
 www.micropribor.com.ua sales@micropribor.com.ua

ОПТОВИЙ ПРОДАЖ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

U'S MICROS

Польща | 30-198 Краків | вулиця Е. Годлевського 38
 тел. | WhatsApp | Telegram | VIBER | IMO: +48 601 480 223
 тел. +48 12 636 95 66 ext. 146 SKYPE: pavlogrd

www.otladka.com.ua

- Автоматизований SMD монтаж друкованих плат
- Фрезерування панелей, корпусів та пластику
- 3D-друк

ФОП Сергій Р.Б.

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97

Pcb24 — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одна- та двошарових друкованих плат

За 24 години виготовимо Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів

ТОВ «Крейтив Лоджікс»
www.pcb24.com.ua
 info@pcb24.com.ua
 pcbprint24@gmail.com
 068 614 38 28

PCBA

КОНТРАКТНИЙ ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ ПІД ЗАМОВЛЕННЯ

+38 044 338 97 73
 info@pcba.com.ua
 pcba.com.ua

PHOENIX CONTACT

phoenixcontact.ua

PCBTUT

Зручний онлайн РСВ-калькулятор мінімальне замовлення - 5 шт.

Постачання:
 - друковані плати FR-4;
 - алюмінієві друковані плати;
 - трафарети для паяльної пасты;
 - паяльна паста;
 - припії.

Сайт: **pcbtut.com**
 e-mail: **pcbtut@pcbtut.com**
 +38 (067) 674 99 14

вбудовані процесорні плати

COMexpress
 Qseven
 PC-104
 ETX

ПРОКСИС

промислові комп'ютери та системи

www.proxis.ua
 +380(44)4675977
 +380(44)5995977

RADIODETALI

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

КУПУЙ ВИГІДНО

radiodetali.com.ua

РАДІОМАГ

МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків
 Дніпро Одеса

www.rcscomponents.kiev.ua
 +38(044)299-77-55 sales@radiomag.com.ua

- мікросхеми
- транзистори
- діоди і діодні містки
- GSM, GPS, GPRS
- паяльне обладнання
- вимірювальне обладнання
- блоки живлення
- рознімачі
- інструмент
- пасивні компоненти
- батареї та акумулятори та багато іншого



RAINBOW TECHNOLOGIES

Rainbow Technologies – офіційний дистриб'ютор і постачальник в Україні:

MICROCHIP, MAXIM, INFINEON, WINBOND, ALTERA, SAMSUNG (LED), LEDIL, VISHAY, ANALOG DEVICES, TEXAS INSTRUMENTS

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46
Тел./факс: +38 (044) 290-41-69, 290-41-82
e-mail: cov@rainbow.com.ua




TOB "РИЧЕЛ"

Поставки електронних компонентів
Асортимент зі складу та технічна підтримка

вул. Семена Скляренка, 9, оф. 401
04073, м. Київ
info@rekkon.kiev.ua
http://rekkon.kiev.ua

тел.: +38 (044) 490-92-50
факс: +38 (044) 494-27-08




Committed to excellence
CONSULT | COMPONENTS | LOGISTICS | QUALITY

Wilhelm Fleischhauer
Country Manager
Phone: +49 7231 801 1403
Mail: Wilhelm.Fleischhauer@rutronik.com

Михайло Єлізаров
представник в Україні
Тел. +038 (050) 312 01 07
Mail: Mykhaylo.Yelizarov@rutronik.com

- Напівпровідники
- Пасивні компоненти
- Електромеханіка та кабельні рішення
- Дисплеї та монітори
- Промислові комп'ютери
- Рішення по DDR | SSD
- Бездротові технології



Євгеній Рахно
технічна підтримка
моб. +38 (050) 14-00-345

evgenij.rakhno@simcom.com

МП "РЕМІКС"
www.remix.com.ua
Офіційний дистриб'ютор в Україні

FineTek, Venanzetti Vibrazioni, Nivelco

Пропонує датчики рівня рідин та сипучих матеріалів, датчики тиску, різноманітні регулятори, панель метри, пневмо та електровібратори

Тел/факс +38 04563 99-760, 99-926, 99-775

Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.

Ріттал ТОВ · вул. Київська, 6В, 08132, Вишневе, Київська обл.
Тел.: +380 (44) 536 99 44 · Факс: +380 (44) 536 99 45
E-mail: office@rittal.com.ua
www.rittal.com.ua

ENCLOSURES POWER DISTRIBUTION CLIMATE CONTROL IT INFRASTRUCTURE SOFTWARE & SERVICES

FRIEDHELM LOH GROUP



TOB "СЕМІСВІТ"

вул. Б. Хмельницького, 16-22, оф. 504-Г
01601, м. Київ, Україна
тел./факс: +380 44 586-2580
www.semisvit.com.ua
info@semisvit.com.ua

Електронні компоненти зі всього світу.
Створюйте з нами!

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ ТА КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

SMD UKRAINE

03057, м. Київ, вул. Желябова, 2-А, корп. 7, кім. 303

тел.: (044) 223-12-42
(073) 705-70-05
(096) 705-70-05

info@smdua.in.ua www.smdua.in.ua

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

CHIP NEWS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ, просп. Відрадянний, 10

(044) 490 74 99
(044) 490 74 30
info@chipnews.com.ua
www.chipnews.com.ua

SOFTPROM
VALUE ADDED IT DISTRIBUTOR

Дистриб'ютор Altium в Україні
www.softprom.com/ua/vendor/altium
altium@softprom.com

Altium Designer

ТОB "Софтпром Солощиця"

НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД
ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Діоди та містки, діодні, тиристорні, IGBT модулі, силові напівпровідники (SEMİKRON), конденсатори косинусні, імпульсні, моторні (ELECTRONICON)
Продаж, ремонт перетворювачів частоти, пристроїв плавного пуску (DANFOSS)

Для пошти: 04211, Київ-211, а/с 141
 Тел./факс: (044) 458-47-66, 456-19-57
 E-mail: tsdrive@ukr.net, Web: www.tsdrive.com.ua

Електронні компоненти Рознімачі З'єднувачі

ТЕХПРОГРЕСС
www.tpss.com.ua

ТОВ «КП «Техпрогрес»
 04070, м. Київ,
 вул. Ігорівська, 8/10-А, оф. 38
(044) 461-91-00

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK

понад **800**
 ПРОВІДНИХ ВИРОБНИКІВ

понад **160 000**
 ПРОДУКТІВ

- ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ
- ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
- ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИБАДИ
- ПРОМИСЛОВА АВТОМАТИКА
- ІНСТРУМЕНТИ

tme.eu

Łódź, Poland, +48 42 645 54 44, export@tme.eu

TMS PROJECT

Контрактне виробництво
 Сертифіковано ISO9001
 Постачання електронних компонентів

Україна, Київ
 вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114
 тел./факс: (044) 501-9335
 URL: www.tmsproject.com.ua
 E-mail: sales@temys.kiev.ua

ELFA DISTRELEC
 ПОСТАВКИ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ
 ЗІ СКЛАДУ У ЄВРОПІ.

ТОК ЕЛЕКТРОНІКС
 ОФІЦІЙНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ

04080, м. Київ
 вул. Вікентія Хвойки, 18/14
 склад 10/8

e-mail:
 ula@tok-el.com
 oksana@tok-el.com

Тел. +38 066 781 66 11
 +38 093 896 40 88

PHOENIX CONTACT

phoenixcontact.ua

Trafaret

Полімерні трафарети для SMD монтажу

www.trafaret.net.ua
 e-mail: order@trafaret.net.ua
 тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76

ФІЛУР ЕЛЕКТРИК

Електронні компоненти
 Електротехнічна продукція
 Технологічне обладнання, інструмент, матеріали

1-й пов., вул. Попудренка, 22/14, м. Київ
 тел. 044 495 75 75, моб. 068 496 75 75

www.filur.net
 office@filur.net

People · Power · Partnership

HARTING
 Pushing Performance

HARTING
 Polska
 Sp. z o.o.

Kateryna Bodaratska
 Business Manager

ul. Duńska 11 · 54-427 Wrocław, Polska · kateryna.bodaratska@HARTING.com
 ☎ +48 (71) 352 81 71 int. 9 · mobile +48 607 078 277 · www.HARTING.com

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИБАДИ

ЮНІТЕСТ
 ТЕХНІКА

ТОВ "ЮНІТЕСТ"
 вул. Олеся Гончара, 6
 04053, м. Київ, Україна
 тел: +38 (044) 272-60-94
 тел./факс: +38 (044) 272-60-95
 e-mail: web@unitest.com
 http://www.unitest.com

KEYSIGHT TECHNOLOGIES
 Авторизований дистриб'ютор

АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ
 продаж · навчання · сервіс



РОЗМІРИ РЕКЛАМНИХ БЛОКІВ

1 сторінка (200×270 мм)*
 2/3 сторінки (112×240 мм)
 1/2 сторінки (170×120/83.5×240 мм)
 1/3 сторінки (54×240/112×120/170×80 мм)
 1/4 сторінки (112×100 мм)
 1/6 сторінки (54×120/112×60/127×55 мм)
 «Візитка» (80×40 мм)

* Для усунення неточностей при обрізанні, розмір реклами, яка подається, повинен бути 210×280 мм (дообрізний формат з урахуванням «вильотів» по 5 мм з кожного боку, які краще заповнити основним фоном реклами). Значимі символи (текст, логотип та інші елементи оформлення, які гарантовано не повинні потрапити під обрізку) не повинні підходити до краю сторінки менш ніж на 10 мм (післяобрізний формат сторінки 200×270 мм).

Редакція журналу «CHIP NEWS» приймає до розміщення тільки повнокольорові рекламні блоки, розміри яких повинні в точності відповідати розмірам, наведеним у таблиці.

Текст реклами повинен бути виключно українською мовою.

ЦІНА ПЕРЕДПЛАТИ НА 2022 рік

звичайна	550 грн
для студентів і бібліотек	450 грн

* ПДВ не обкладається.

ПРИ ОФОРМЛЕННІ ПЕРЕДПЛАТИ НА ЖУРНАЛ ЧЕРЕЗ РЕДАКЦІЮ, ПОЧИНАЮЧИ З БУДЬ-ЯКОГО НОМЕРА, НЕОБХІДНО:

переказати на вказаний нижче розрахунковий рахунок ТОВ «Булавія-Посад л.т.д.» суму, згідно з ціною на передплату.

Для **фізичних осіб** обов'язково передати факсом (044) 490-74-99 або на email: peredplata@chipnews.com.ua, або вислати поштою на адресу редакції заповнений талон чи копію платіжного доручення, або іншого документа, який підтверджує оплату.

Банківські реквізити:

р/р № UA403510050000026008572392300 в ПАТ «УкрСиббанк», м. Київ МФО 351005, код по ЄДРПОУ 21500793, ІПН 215007926586

Отримувач: ТОВ «Булавія-Посад л.т.д.»

Призначення платежу: Передплата на журнал «CHIP NEWS»

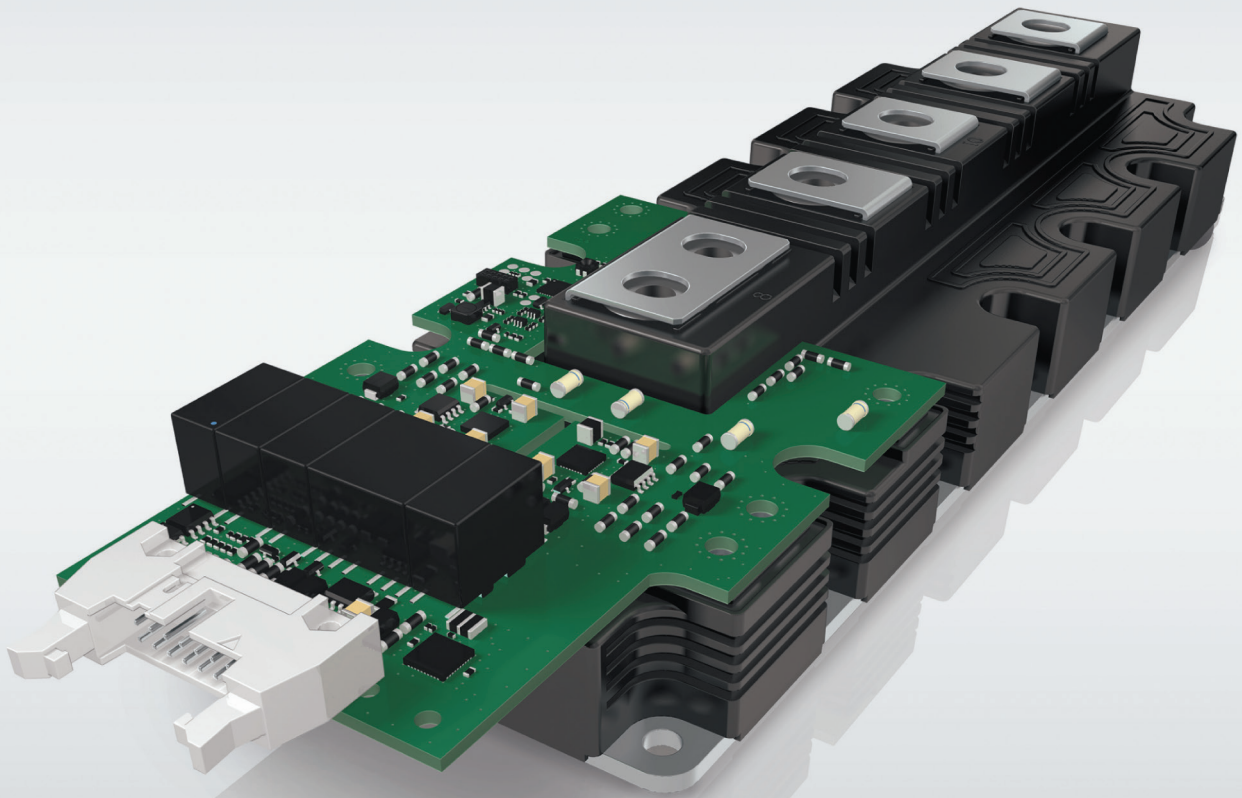
Тут також вкажіть точну поштову адресу (**індекс обов'язково**), телефон, П.І.Б. особи, відповідальної за передплату.

ВИМОГИ ДО РЕКЛАМНИХ І АВТОРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Рекламні матеріали приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМΥК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель СМΥК. **Всі шрифти обов'язково повинні бути переведені в криві.**

Авторські матеріали. Текст статті приймається в форматі «.doc» (Microsoft Word). Всі рисунки повинні бути підготовлені **тільки в форматах «.eps»**, фотографії — в форматі **«.tif» (300 dpi)**, кольорова модель — **СМΥК** і надані окремими файлами. Кожний рисунок повинен мати підписувачий підпис і посилання на нього в статті. Якщо в статті є таблиці, то кожна таблиця повинна мати назву, посилання на неї в статті і надаватись в форматах «*.doc» або «*.xls».

Нове покоління модулів SEMITRANS 10 і цифрових драйверів SKYPER PRIME



Діапазон потужностей 500 кВт–1,5 МВт

Модулі IGBT в стандартному промисловому корпусі

Висока стійкість до термоцикування

Цифровий драйвер із наднизьким рівнем джиттеру та вихідним струмом 50 А

Два ізольованих канали передачі сигналів сенсорів з ШІМ-модуляцією

Волоконно-оптичний інтерфейс (опціонально)



Моторні
приводи



Альтернативні
джерела енергії



Перетворювачі
потужності



Електротранспорт

www.semikron.com

shop.semikron.com



Унікальні ПЛІС за технологією flash-based

PolarFire

- базовий розмір 28 нм
- від 100К до 500К логічних елементів
- програмний процесор RISC-V
- від 8 до 24 модулів SerDes по 12,7 Гбіт/с
- 2 модулі PCIe Gen.2
- унікальний форм-фактор:
 - 11x11 мм для щільності 100К
 - 11x14 мм для щільності 200К
 - 16x16 мм для щільності 300К



Igloo2 та SmartFusion2

- базовий розмір 65 нм
- від 5К до 150К логічних елементів
- програмний процесор RISC-V
- апаратний процесор Cortex-M3
- до 16 модулів SerDes по 5 Гбіт/с
- до 4 модулів PCIe



Igloo та ProASIC3

- базовий розмір 130 нм
- від 100 до 30К логічних елементів
- програмний процесор Cortex-M1
- корпуси від 3x3 мм
- впровадження в літаках:
 - Airbus A350
 - Boeing 787
 - Lockheed Martin F-35



Чому?

- мінімальне енергоспоживання – на 50% менше, ніж конкурентні ПЛІС
- стійкість до збоїв конфігурації
- відсутність зовнішньої завантажувальної flash-пам'яті
- миттєва готовність до роботи після включення
- найменші розміри корпусів
- запобігання викраденню та клонуванню IP-ядер
- анти-тамперінг
- багата спадщина у цивільній та військовій авіації



Rainbow Technologies • www.rainbow.com.ua

04112, Україна, м. Київ, вул. Дегтярівська, 62, оф. 46

Тел./факс: +38 (044) 290 41 69, 290 41 82

ted@rainbow.com.ua