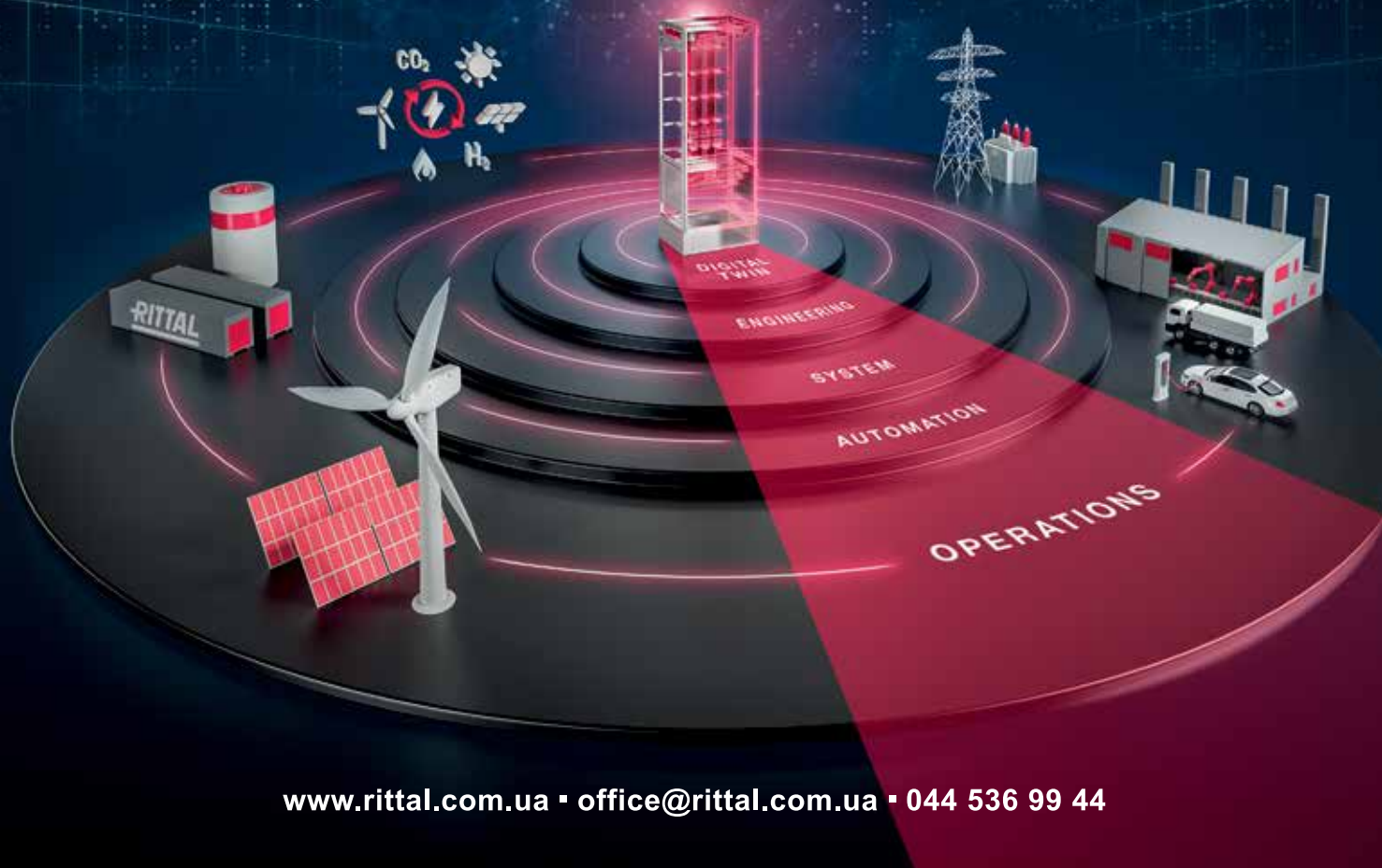


CHIP NEWS

Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



www.rittal.com.ua • office@rittal.com.ua • 044 536 99 44

- Паяти треба правильно ... стор. 12
- Структури шарів плати ... стор. 24
- Станція керування БПЛА ... стор. 30

- Антена для GNSS-приймача ... стор. 33
- Збільшення потужності на 25% ... стор. 46
- Випробування систем РЛС, РЕБ ... стор. 61

- 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



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

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)

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 160 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 WLCSP	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

№ 04 (224), 2023 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.uaРедакційна колегія:
Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,
Кунчак Н. К., Кураєв П. П.,
Макаренко В. В., Мовчанюк А. В.,
Першин М. О., Поліщук С. Й.,
Рентюк В. К., Стецюк Л. В.,
Файер О. М., Шевченко В. Л.Адреса редакції:
03061, Київ,
просп. Відрадний, 10E-mail: info@chipnews.com.ua
http://www.chipnews.com.ua© «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

НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Володимир Ханейчук (Хапоу)

П'яти потрібно так, щоб не «відвалилось»! 12

Зв'язок мережею Ethernet: як використовувати
платформу Arduino в мережах IoT і IIoT 18

Сімейство тактових генераторів MicroClock
компанії Renesas 20

ПРОЄКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Закарайа Петерсон (Zachariah Peterson)

Рекомендації щодо формування структури шарів
під час проєктування високошвидкісних плат 24

ВБУДОВАНІ СИСТЕМИ

AAEON UP 7000 — потужна альтернатива x86
для Raspberry Pi 4 SBC із процесором Intel N50/N97/N100 26

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Запитання й відповіді щодо систем
накопичення енергії 28

СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

Наземна станція керування БПЛА від Winmate 30

АНТЕНИ

Алекс Нгі (Alex Ngi)

Оптимальний вибір антени для GNSS-приймача 33

ПЛІС

Роберт Перкел (Robert Perkel)

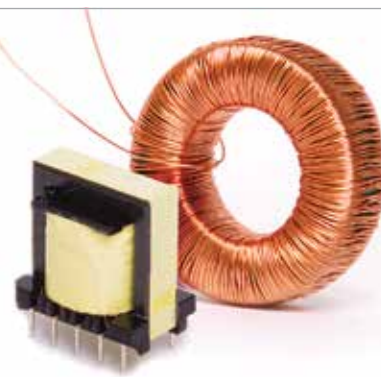
Тонка грань між продуктивністю та енергоспоживанням 36

www.adcgr.com

ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ
АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ
ЗАВДАННЯМ



ТОВ «АДС ТІМ»
Україна, м. Київ, 3, оф. 307
пров. Ю. Матушняка, 3, оф. 307



тел. +38 044 206 22 52
моб. +38 067 249 77 58
+38 050 464 22 52

ПАМ'ЯТЬ

Картка пам'яті iShield Archive для захисту
конфіденційної інформації 40

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ

Дотримання стандартів EMC у продукції
TRACO POWER 41

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

Девід Бак (David Buck)
Вибір джерела живлення для роботи з трифазною
вхідною напругою 44

СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler)
Адаптований переклад українською
та технічне редагування: Володимир Павловський
Інтегрований силовий модуль забезпечує тепер
на 25 % більше потужності 46

Володимир Кондратьєв
Паралельне включення MOSFET
у лінійних схемах 52

Метью Фетадо (Matthew Feutado),
Деніел Мартін (Daniel Martin),
Переклад: Євген Карташов, Валерія Смирнова
Компактний і легкий тяговий інвертор
потужністю 600 кВт
на SiC MOSFET-модулях Wolfspeed 56

ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Адаптований переклад українською
та технічне редагування: Віктор Бутирін
Випробування систем РЛС, радіоелектронної
боротьби (РЕБ) і радіотехнічної розвідки (РТР):
загальні проблеми випробувань.
Рекомендації щодо застосування 61

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Володимир Рентюк
Короткий путівник бездротовими технологіями
«Інтернету речей».
Частина 1. Мережі, шлюзи, хмари та протоколи 70

ДРАЙВЕРИ

Махеш Фальке (Mahesh Phalke)
Розуміння та використання драйверів для роботи
без операційної системи та драйверів платформи 76

ДАТЧИКИ

Сергій Гладишев
Безконтактне вимірювання температури 82

ВІЗИТКИ 85

ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА 90

FLUX-OFF 05

Видаляч залишків флюсу для друкованих плат



- Аерозоль
400мл

Ефективно очищає від:

- жиру
- бруду
- паяльних масел
- формувальних сумішей
- найстійкіших відкладень флюсу

URETHANE 71

Поліуретанове вологозахисне покриття прозоре



Рідина 1/5л



Аерозоль
400мл



Надзвичайна стійкість до:

- лугів
- розчинників
- хімічних речовин
- розведених кислот

PLASTIC 70

Акрилове вологозахисне покриття прозоре



Рідина 1/5л



Аерозоль
400мл



Захищає від агресивного середовища:

- солі
- вологи
- кислот
- теплового навантаження



www.filur.net

(068) 496-75-75

e-mail: shop@filur.net

м. Київ, вул. Гетьмана Павла
Полуботка 22/14



Cleaning Solutions & Services



ВИРОБЛЕНО В НІМЕЧЧИНІ

Новини світу електронних компонентів

НОВИЙ 32-РОЗРЯДНИЙ МІКРОКОНТРОЛЕР З ВБУДОВАНИМ АПАРАТНИМ МОДУЛЕМ БЕЗПЕКИ

Розробники промислових та споживчих додатків повинні розглянути можливість впровадження функцій безпеки в свої пристрої під час процесу розробки, оскільки загрози безпеки розвиваються і стають все більш витонченими. Щоб дозволити розробникам легко інтегрувати функції безпеки в свої додатки, компанія **Microchip Technology** оголосила про випуск нового сімейства 32-розрядних мікроконтролерів PIC32CZ CA з процесором Arm Cortex-M7 з тактовою частотою 300 МГц, інтегрованим апаратним модулем безпеки (HSM), а також широким спектром можливостей підключення та флеш-пам'яті для додаткової гнучкості.

Нове сімейство пристроїв PIC32CZ CA включає PIC32CZ CA90 з HSM або PIC32CZ CA80 без вбудованого HSM. HSM в PIC32CZ CA90 — це монолітне рішення, яке забезпечує розширений захист для промислових і побутових додатків. HSM працює як захищена підсистема з окремим мікроконтролером на борту, який запускає мікропрограму і функції безпеки, включаючи апаратне захищене завантаження, зберігання ключів, криптографічне прискорення, генератор істинних випадкових чисел і багато іншого.

Для продуктів, які потребують додаткової безпеки, на

PIC32CZ CA90 доступна функція заводського налаштування, після завершення якої клієнти отримують попередньо налаштовані пристрої, готові до розгортання. Trust Platform Development Suite від Microchip — це внутрішній інструмент безпечного забезпечення, який забезпечує безпечний канал постачання в масштабах або в умовах дрібносерійного виробництва.

«Мікроконтролери PIC32CZ CA полегшують нашим клієнтам впровадження вбудованих функцій безпеки в свої розробки, — сказав Род Дрейк (Rod Drake), корпоративний віце-президент підрозділу MCU32 компанії Microchip. — Це надзвичайно універсальні мікроконтролери з можливістю заводського налаштування для дрібносерійного виробництва та іншими конфігураціями, що налаштовуються, такими як підключення та пам'ять, щоб відповідати різним вимогам».

Мікроконтролери PIC32CZ CA можна конфігурувати за допомогою широкого спектру варіантів підключення, включаючи USART/UART, I²C, SPI, CAN FD, високошвидкісний USB і гігабітний Ethernet. Опція Ethernet включає в себе Audio Video Bridging (AVB) і Precision Time Protocol (PTP) на основі стандарту IEEE 1588. Ці пристрої масштабуються за допомогою 2, 4 або 8 МБ вбудованої флеш-пам'яті, 1 МБ SRAM і коду корекції помилок (ECC) для захисту від пошкодження даних.

Пристрої PIC32CZ CA — це новітні 32-розрядні мікроконтро-

лери, які поповнили широке портфоліо сімейств PIC32 і SAM, що забезпечують високу продуктивність, функціональні можливості і безліч функцій для налаштування і створення інноваційних продуктів.

Пристрої PIC32CZ CA підтримуються платами PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra Development Board, PIC32CZ CA80 Curiosity Ultra Development Board та MPLAB[®] Harmony v3 для тестування, програмування та налагодження на етапі проектування.

www.microchip.com

РОЗШИРЕННЯ ЕКОСИСТЕМИ РОЗРОБКИ З КОМПІЛЯТОРОМ MPLAB[®] XC-DSC

Зі стрімким зростанням ринків промислових та автономних транспортних засобів постійно зростає попит на програмні інструменти, які дозволяють швидше та ефективніше кодувати та налагоджувати програми керування в режимі реального часу. Щоб краще обслуговувати розробників, які використовують контролери цифрових сигналів (DSC) dsPIC[®], які часто застосовуються в системах управління в реальному часі, компанія **Microchip Technology** випустила компілятор MPLAB[®] XC-DSC Compiler.

Останнє доповнення до лінійки компіляторів Microchip, MPLAB XC-DSC, оптимізовано, щоб дозволити розробникам писати і налагоджувати ефек-

тивний, високопродуктивний код для dsPIC DSC з більшою легкістю і ефективністю. dsPIC DSC поєднують в собі високу продуктивність цифрового сигнального процесора (DSP) з простотою стандартного мікроконтролера (MCU), щоб задовольнити вимоги критично важливих за часом вбудованих додатків.

Ліцензія MPLAB XC-DSC compiler PRO відкриває доступ до оптимізацій, які дозволяють розробникам мінімізувати розмір коду, генерувати швидший код, знизити вимоги до пам'яті і енергоспоживання і отримати доступ до повного потенціалу ЦОС-проектів. На відміну від традиційних варіантів ліцензування, Microchip пропонує доступ до програмного забезпечення для кожного проекту або за потреби, що знижує вартість і підвищує гнучкість.

Компілятори MPLAB XC забезпечують підтримку операційних систем Linux[®], macOS[®] і Windows[®], що дозволяє розробникам використовувати обрану ними платформу для розробки вбудованих систем.

www.microchip.com

РІШЕННЯ ДЛЯ АКТИВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ (АЕС) НА 800 ГБІТ/С

Розвиток генеративних технологій AI та AI/ML стимулює попит на більш високошвидкісні з'єднання і, в свою чергу, поштовх до підключення на швидкості 800 Гбіт/с у внутрішніх мережах центрів обробки даних та додатках. Це можна оптимально вирішити за допомогою активних електричних кабелів (АЕС), але виробникам доводиться долати численні перешкоди при проектуванні та розробці. Щоб вирішити цю проблему, компанія **Microchip Technology** оголосила про прискорену розробку кабельних продуктів АЕС з подвійною щільністю (QSFP-DD) і з подвійною щільністю (OSFP) за допомогою свого ретаймера META-DX2C 800G. Ретаймер підтримується комплексним рішенням для розробки продуктів АЕС на 800 Гбіт/с, включаючи апаратний еталонний проект і пов-

www.chipnews.com.ua

K206

Електронні компоненти

Все для виробництва та ремонту зі складу та на замовлення

www.k206.net

+38 096 77-99-665



ний пакет програмного забезпечення Common Management Interface Specification (CMIS) для мінімізації ресурсів, необхідних виробникам кабелів для розробки. «Найновіший і найкомпактніший представник нашого сімейства Ethernet PHY META-DX2C використовує унікальний асортимент мікроконтролерів та інших ключових компонентів Microchip, щоб забезпечити повний еталонний дизайн, який прискорює розробку продуктів АЕС, зменшує інвестиції в ресурси та спрощує управління ланцюгом поставок, — сказав Махер Фахмі (Maher Fahmi), віце-президент підрозділу зв'язку компанії Microchip. — Ретаймер META-DX2C забезпечує з'єднання АЕС для мереж високої щільності, необхідних для застосування у додатках штучного інтелекту.

У ретаймері META-DX2C використовуються високопродуктивні SerDes 112 Гбіт/с з великим радіусом дії, які можуть підтримувати до 40 дБ, що дозволяє створювати більш тонкі та довгі АЕС, які мають вирішальне значення для побудови щільної гіперскалерної інфраструктури. Крім того, Microchip пропонує

повністю перевірену еталонну апаратну схему карт з лопатевими картами та програмний пакет, який реалізує програмне забезпечення CMIS в 32-розрядному мікроконтролері PIC32 від Microchip. Компактний ретаймер META-DX2C від Microchip також може вирішити подібні проблеми з підключенням у високопродуктивних комутаторах і маршрутизаторах центрів обробки даних, де висока щільність і швидкість передачі даних створюють проблеми з цілісністю сигналу.

«Генеративний ШІ значною мірою впливає на те, як будується інфраструктура центрів обробки даних, і на кількість необхідних мережевих підключень, — говорить Алан Векель, співзасновник і аналітик компанії 650 Group, що займається дослідженням ринку. — Щоб вирішити цю проблему, гіперскейлери потребують рішень з дуже високою пропускну здатністю, а також низьким енергоспоживанням і низькою вартістю. Ми бачимо перехід на активні електричні кабелі як оптимальне рішення для цієї проблеми. Ретаймер META-DX2C 800G АЕС компанії Microchip відповідає цій тенденції і є типом

рішення, необхідного для забезпечення зростання в цій галузі».

Рішення META-DX2C 800G АЕС від Microchip підтримується базовою конструкцією плати, яка включає в себе ретаймер META-DX2C, мікроконтролер PIC32, генератори, стабілізатор і лінійний стабілізатор напруги — все від Microchip. Наявність цих елементів у одного постачальника може спростити управління ланцюгом поставок клієнта. Комплект для розробки програмного забезпечення підтримує специфікацію CMIS 5.2.

www.microchip.com

АС/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З КОНДУКЦІЙНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Три серії нових АС/DC-перетворювачів з кондукційним охолодженням потужністю від 130 до 500 Вт з посиленою ізоляцією 4250 В змінного струму. Новинка від **TRACO POWER** спрямована на підвищенні ефективності систем з кондуктивним охолодженням, оскільки забезпечує чудову

температурну поведінку при встановленні на металевому шасі або плиті. Таким чином ТСІ може видавати до 100% максимальної вихідної потужності без застосування вентилятора.

Високий ККД до 94% дозволяє серії ТСІ працювати в діапазоні температур від -30 до +50 °С без зниження номінальних характеристик і досягати температури до +80 °С зі зниженням навантаження або примусовим охолодженням. Вони відповідають вимогам OVC III, можуть працювати на висоті до 5000 м, а також мають активну корекцію коефіцієнта потужності.

www.tracopower.com

МІНІАТЮРНЕ ФОТОРЕЛЕ ДЛЯ КОМУТАЦІЇ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ

Компанія **Toshiba Electronics Europe** випустила нове фотореле, спеціально розроблене для зниження втрат, що вносяться, і придушення загасання потужності високочастотних сигналів. Новий прилад призначений для



Нові блоки живлення потужністю 120–600 Вт з функцією ДБЖ

- Вихідні напруги 13.8, 27.6, 41.5 та 55.2 В з можливістю регулювання в межах -20%...+5% (основний канал СН1)
- Вбудований зарядний пристрій та схема ДБЖ
- Контроль робочих станів (сигнали TTL): АС ОК; батарея відключена, заряд 100% або повний розряд; невірна полярність батареї
- Функції вкл/викл вхідної напруги та батареї
- Примусовий режим ДБЖ для обслуговування батареї
- Захист від реверсного підключення батареї (без пошкоджень)
- Діапазон робочих температур від -20 до +60°C
- Розробка відповідно до стандарту GB17945
- 3 роки гарантії
- Доступна ціна та короткий термін виробництва!

Компанія SEA — офіційний дистриб'ютор MEAN WELL на території України



SEA | ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
тел./факс: +38 044 330-00-88
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

використання в застосуваннях для тестування напівпровідників, включно з високошвидкісними тестерами для запам'ятовувальних і логічних пристроїв або зондовими платами.

Завдяки оптимізованій конструкції корпусу нового фотореле TLP3475W знижено значення його паразитної ємності та індуктивності, що дало змогу зменшити внесені втрати сигналів у діапазоні частот 20 ГГц. Це забезпечує півтораразове покращення характеристик порівняно з наявним пристроєм TLP3475S.

Струм, необхідний для керування світлодіодом, становить менше ніж 3.0 мА, а типовий опір увімкненого реле дорівнює 1.1 Ом. Напруга ізоляції перевищує 300 В з.к.з., а вихідна ємність становить менше 20 пФ, завдяки чому час перемикання знаходиться в межах 2 мс. Реле має один нормально розімкнутий контакт.

www.toshiba.eu

**МОДЕЛІ СЕРІЇ PPC-300
«ВСЕ В ОДНОМУ»
З ПРОЦЕСОРАМИ INTEL®
СЕРІЇ N**

Компанія **Advantech** анонсувала випуск панельних ПК PPC-315W ADL-N і PPC-318W ADL-N. Ці два пристрої з процесорами Intel® N-Series є частиною лінійки Advantech All-in-One PPC.

Advantech PPC-315W і 318W з процесорами Intel® N-Series — це серія високопродуктивних, ультратонких панельних ПК, призначених для різних областей застосування. Завдяки 15.6"/18.5" FHD ПК-дисплею та процесорам Intel® N-Series з низьким енергоспоживанням кожен пристрій забезпечує потужні обчислення в компактному корпусі без вентиляторів. PPC-315W/318W вирізняється довговічністю та функціональністю: передня панель із класом захисту IP66, емнісний сенсорний екран із підтримкою технології multi-touch, корпус із литого алюмінієвого сплаву та основні порти вводу/виводу. Він сумісний із програмним забезпеченням Windows і Linux, що робить його універсальним рішенням для різних промислових застосувань. Крім того, висока продуктивність PPC-315W і 318W з процесорами Intel® N-Series робить їх ідеальними для обробки й керування великими масивами даних у потужних додатках. Завдяки своїм передовим

функціям і можливостям серія PPC-300 являє собою майбутнє систем HMI (людино-машинного інтерфейсу), забезпечуючи всі переваги Індустрії 4.0.

Процесори Intel® серії N — це високоефективні та продуктивні CPU, які підходять для широкого спектра продуктів з людино-машинним інтерфейсом. Для досягнення високої швидкості та ефективності роботи використовуються передові технології виробництва, а низьке енергоспоживання і компактний дизайн роблять його ідеальним для використання в панельних ПК, таких як PPC-315W і PPC-318W. Завдяки здатності справлятися з широким спектром робочих навантажень, поєднання процесорів Intel® серії N у складі панельних ПК Advantech — це потужний вибір для будь-якої програми.

PPC-315W і 318W оснащені потужними процесорами та використовують оптимізований механічний тепловий дизайн, який добре працює в компактних системах без вентиляторів. Ці системи також використовують технологію M.2 для швидкого збирання, обробки та оцифрування даних у різних промислових додатках. Поєднання передових процесорів Intel® N-Series та інноваційних технологій Advantech робить PPC-315W і 318W ідеальними для одночасної роботи кількох вимогливих додатків.

Для адаптації до різних сценаріїв використання PPC-315W і PPC-318W мають міцний корпус з алюмінієвого сплаву та покращений захист від електромагнітних завод, що відповідає стандартам IEC 60601-1-2. Крім того, ці пристрої мають широкий діапазон робочих температур від -20 до 60 °C (від -4 до 140 °F) і клас захисту від пилу, олії та води IP66. Ці характеристики роблять PPC-315W/318W із процесорами Intel® N-Series ідеальними для використання в різних складних умовах.

PPC-315W і 318W оснащені основними входами/виходами для зручності інтеграції та обслуговування, включно з двома портами GbE LAN (до 2.5 Гбіт/с), двома послідовними портами, чотирма портами USB і портом HDMI. Крім того, підтримка Wi-Fi M.2 2230 забезпечує ефективне бездротове підключення. Ці характеристики роблять PPC-315W/318W ідеальним рішенням для цілої низки застосувань.

www.advantech.com

**ХВИЛЯ ОНОВЛЕНЬ
У 2023 РОЦІ**

Компанія **Advantech** оголосила про хвилю оновлень у 2023 році. Широкий спектр продукції Advantech, включно з промисловими материнськими платами ATX, повнорозмірними одноплатними комп'ютерами PICMG 1.3 (SBC), модульними та компактними ПК, буде оновлено до найновіших процесорів Intel® Core™ i9/i7/i5/i3 13-го покоління до 24 ядер та 32 потоків, що значно підвищить продуктивність обчислень. Ці системи є ідеальним оновленням інтелектуальних систем автоматизації виробництва та машин, машинного зору, транспорту та граничних додатків штучного інтелекту.

Процесори Intel® Core™ 13-го покоління мають високопродуктивну гібридну архітектуру, яка об'єднує до восьми високопродуктивних ядер (P-ядер), що покращують консолідацію робочого навантаження і до шістнадцяти ефективних ядер (E-ядер), що покращують керування фоновими процесами та багатозадачність. Це підвищить продуктивність до 1.04 раза в однопотоковому режимі та до 1.34 раза вищу в багатопотоковому режимі, якщо порівняти з процесорами Intel® Core™ 12-го покоління. Крім того, серія процесорів Intel® Core™ 13-го покоління підтримує модулі пам'яті до DDR5-5600 (або DDR4-3200), що призводить до значного збільшення пропускної здатності. Крім того, оновлення ліній PCIe 5.0/4.0 і більше розширює можливості розширення платформи та здатність підтримувати велику кількість одночасних додатків.

Модернізовані материнські плати ATX серії AIMB-788 і AIMB-708 із процесорами Intel® Core™/Pentium®/Celeron® LGA1700 13-го покоління обладнані 7 слотами розширення PCIe/PCI (включно з 1 слотом PCIe x16 Gen 4, та до 3 роз'ємів PCIe x4 Gen 3), M.2 (NVMe) та пам'яті DDR4-3200. Вони пропонують вищу обчислювальну продуктивність, розширюваність і економічну ефективність, що задовольняє широкому спектру додатків у сфері промислової автоматизації та відеоспостереження, які потребують постійної плавної модернізації, довгострокової підтримки, перевіреної надійності та суворого контролю ревізій. Оновлення також включає PCE-5133 і PCE-5033, ці повнорозмірні одноплатні комп'ютери

PICMG 1.3 оснащені декількома об'єднаними платами, різноманітними пристроями вводу/виводу і різними слотами розширення, які забезпечують неперевершену гнучкість і продуктивність.

Це оновлення також поширюється на MIC-770 V3, IPC-320 і PCE-2133/2033. MIC-770 V3 — це вбудований модульний ПК із високою продуктивністю, модульною та безвентиляторною конструкцією, який ідеально підходить для розгортання у важких промислових умовах. IPC-320 — абсолютний новий вид компактних ПК з новітніми процесорами Intel® Core™ 113-го покоління. Ці системи призначені для центральних диспетчерських пунктів на підстанціях і в системах промислової автоматизації, що вимагають промислового дизайну, підтримки довговічності і низького рівня шуму (34 дБ).

PCE-2133 і PCE-2033 — компактні материнські плати в комплекті з ультратонкими шасі серії IPC-200 (IPC-220/240/242), призначені для машинного зору та управління рухом у виробничтві обладнання та напівпровідниковій промисловості.

Ці оновлені продукти підтримують різні операційні системи та програмні платформи Advantech WISE-DeviceOn і WISE-Cloud.

www.advantech.com

**БЕЗПЕЧНА ТА ЕФЕКТИВНА
ЛІТІЙ-МЕТАЛЕВА БАТАРЕЯ**

Поширення мобільних телефонів, ноутбуків та іншої портативної електроніки стало можливим завдяки появі досить емних і надійних літій-іонних батарей. Однак для потреб електричного транспорту і накопичувачів енергії сонячних і вітрових станцій цієї технології може виявитися недостатньо. Теоретично їм на зміну можуть прийти літій-металеві батареї — якщо вони перестануть вибухати. Дослідники з Університету Чикаго знайшли обхідний шлях, що дає змогу обійти багаторічну проблему вибухонебезпечності літій-металевих батарей.

Традиційні літій-металеві батареї містять електроліт із розплавлених солей літію. Цей розчин, а не самі солі, спричиняють ризик загоряння — вони леткі та вибухонебезпечні. У спробах убезпечити цей вид батарей вчені пробували різні способи, від зміни конфігурації солей до різних типів розчинів. Батареї з твердотіли-

ми неорганічними електролітами ставали безпечнішими, а з рідкими електролітами — потужнішими. Рішенням стало застосування неорганічних розплавів солей для створення енергоємної, безпечної батареї, пише Science Daily.

«Ми розробили негорючу, нелетючу безпечну систему, яка може підвищити густину енергії вдвічі, як порівняти з літій-іонними батареями», — заявив професор Чібузе Аманчкву, керівник дослідницького проекту.

Новий підхід ставить під питання структуру самого електроліту. Цього разу вчені отримали електроліт, не розчиняючи солі, а розплавивши їх. Для цього їм довелося отримати новий вид солей, які плавляться за нижчої температури — близько 45 градусів Цельсія. У результаті вийшла батарея, що працює безпечно при 80–100 градусах.

Команда продовжує працювати над складом солей, розраховуючи ще більше знизити температуру плавлення. Їхня мета — отримати досить потужну батарею, яка буде безпечно працювати за кімнатної температури.

www.sciencedaily.com

ЧИП ДЛЯ РОБОТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Американський IT-гігант IBM нещодавно представив характеристики свого нового чипа NorthPole. Вважається, що цей чип здатний подолати «вузьке місце фон Неймана», що є основною проблемою більшості сучасних процесорів. Чип вирізняється не тільки підвищеною продуктивністю, а й чудовою енергоефективністю. У 2014 році IBM представила процесор TrueNorth, натхненний людським мозком. Відтоді компанія подвоїла зусилля, щоб створити NorthPole, який може похвалитися неперевершеною продуктивністю. Як і його попередник, він заснований на нейронних мережах, кожна обчислювальна одиниця (нейрон) яких являє собою багат шарову структуру. Перший шар отримує вихідні дані (пікселі), потім середні шари обробляють цю інформацію, після чого вихідний шар видає кінцевий результат. Згідно з дослідженням, опублікованим у журналі Science, новий процесор претендує на те, щоб бути набагато швидшим за інші чипи, представлені нині на ринку, особли-

во в розпізнаванні зображень. Стверджується, що його швидкість у чотири тисячі разів вища, ніж у TrueNorth. Також стверджується, що NorthPole у 25 разів більш енергоефективний.

Своєю швидкодією IBM NorthPole зобов'язаний своїй архітектурі, в якій об'єднані обчислювальний блок і блок пам'яті (RAM). У більшості комп'ютерних архітектур ці два компоненти являють собою два окремі елементи, причому пам'ять часто є зовнішньою. Це означає, що кожного разу, коли процесору потрібна інформація, він повинен звернутися до пам'яті і дочекатися її надходження, перш ніж продовжити обчислення. Цей час передачі даних, як правило, уповільнює процес обробки. Цей час очікування відомий як «вузьке місце фон Неймана», назване так на честь математика і піонера комп'ютерної техніки Джона фон Неймана. Щоб обійти цю проблему, компанія NorthPole фізично об'єднала два компоненти. Чип складається з 256 обчислювальних блоків, кожен з яких містить свій блок пам'яті. Нова архітектура означає, що кожне обчислювальне ядро може легко отримати доступ до будь-якого

блоку пам'яті на чипі, незалежно від того, знаходиться він поблизу чи далеко. Під час випробувань дослідникам вдалося продемонструвати, що така оптимізація дала змогу процесору швидше запускати систему штучного інтелекту для розпізнавання зображень. Швидкість була в 22 рази вищою, ніж у інших процесорів. NorthPole навіть ефективніший, ніж новітні чипи NVIDIA. Крім швидкодії, чип IBM вирізняється енергоефективністю. В інших процесорах безперервний потік даних між пам'яттю і процесором споживає енергію. NorthPole, об'єднуючи ці два процеси, мінімізує цю необхідність, тим самим знижуючи енергоспоживання.

Чип NorthPole володіє величезним потенціалом для застосувань, що вимагають високошвидкісних обчислень, зокрема для таких пристроїв, як автономні транспортні засоби, безпека та ефективність яких залежить від швидкого опрацювання інформації. Однак у кожній технології є свої межі. Даний процесор IBM, незважаючи на свої досягнення, не підходить для деяких застосувань, зокрема для навчання штучного інтелекту. Його можли-



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

вості обмежені виконанням раніше навчених нейронних мереж. Більш того, коли мова йде про управління великими моделями, він може зіткнутися з труднощами. Проте команда IBM налаштована оптимістично і передбачає можливість об'єднання декількох чипів NorthPole для роботи з такими великими моделями.

www.science.org

НОВИЙ СУПЕРАТОМНИЙ НАПІВПРОВІДНИК

Дослідники Колумбійського університету відкрили новий напівпровідник Re6Se8Cl2 , що перевершує можливість традиційного кремнію. Цей суператомний матеріал має унікальні властивості, зокрема, дає змогу частинкам рухатися без розсіювання, що відкриває шлях до створення набагато швидших електронних пристроїв. Однак, незважаючи на його потенціал, висока вартість деяких його компонентів перешкоджає його комерційному застосуванню. Напівпровідники, зокрема кремній, лежать в основі наших комп'ютерів, смартфонів та інших електронних пристроїв. Однак вони мають свої обмеження. Одним з основних обмежень є втрата енергії у вигляді тепла, зумовлена розсіюванням електронних частинок. Атомна структура будь-якого матеріалу відрізняється, створюючи квантові частинки, які називаються фононами. Вони спричиняють розсіювання частинки — електронів або електронно-дірчастих пар, які називаються екситами, — які переносять енергію та інформацію електронними пристроями за нанометри та фемтосекунди. Це означає, що передача інформації має граничну швидкість. Нещодавно група хіміків із Колумбійського університету під керівництвом Джека Туягера та професора Мілана Делора відкрила потенційно революційний напівпровідник — суператомний матеріал Re6Se8Cl2 . Він може по-новому визначити стандарти швидкості та ефективності в цій галузі. Відповідна дослідницька робота опублікована в журналі Science.

Напівпровідники, такі як кремній, необхідні для передачі інформації в наших електронних пристроях. Однак Re6Se8Cl2 демонструє іншу динаміку. Замість того щоб розсіюватися під час

контакту з фононами, екситони в цьому матеріалі фактично зв'язуються з фононами, утворюючи нові квазічастинки, які називаються акустичними екситон-поляронами. Хоча полярони зустрічаються в багатьох матеріалах, ті, що присутні в Re6Se8Cl2 , мають особливу властивість. Вони здатні рухатися, не зустрічаючи перешкод у мікроскопічних масштабах, що обумовлює відсутність дисперсії. Ця властивість має величезне значення, оскільки дає змогу передавати інформацію більш плавно і швидко. Під час проведених випробувань екситон-полярони продемонстрували швидкість електронів у кремнії, долаючи мікрометричні відстані за рекордно короткий час. З огляду на те, що полярони можуть існувати близько 11 наносекунд, команда вважає, що полярон-екситони можуть долати понад 25 мікрометрів за один раз. Більш того, оскільки ці квазічастинки керовані світлом, а не електричним струмом і тригером, швидкість обробки даних у теоретичних пристроях може досягати фемтосекунд, що на шість порядків повільніше, ніж наносекунда, яка досягається в сучасній гігерцовій електроніці. І все це за кімнатної температури. Мілан Делор (Milan Delor) з Колумбійського університету, який також є співавтором дослідження, стверджує в прес-релізі: «З погляду перенесення енергії Re6Se8Cl2 є кращим із відомих нам напівпровідників, принаймні, дос». Re6Se8Cl2 — результат співпраці з Ксав'є Роем, лабораторія якого спеціалізується на створенні суператомів. Ці структури цікаві тим, що вони об'єднують кілька атомів у єдине ціле, яке за своєю поведінкою нагадує окремих атом, але з посиленнями або зміненими властивостями. Початковою метою введення Re6Se8Cl2 в лабораторію не було служити світу напівпровідників. Насправді Джек Туягер просто хотів оцінити здатність лабораторних мікроскопів візуалізувати цей матеріал. Однак під час випробувань команда спостерігала несподіване явище: матеріал демонстрував безпрецедентну швидкість зміщення частинки.

Кремній високо цінується як напівпровідник, оскільки через нього швидко проходять електрони. Однак ці електрони часто гальмуються численними перешкодами. Re6Se8Cl2 , навпаки, працює по-іншому. Його екси-

тони рухаються повільно, але ця повільність дозволяє їм ефективно зв'язуватися з акустичними фононами. Квазічастинки, що утворюються, хоча й «важкі», але рухаються неухильно, як черепаха. Цей безперервний рух в кінцевому підсумку дозволяє акустичним фононам-екситами в Re6Se8Cl2 обігнати швидкість електронів у кремнії. За всієї своєї перспективності Re6Se8Cl2 стикається з певними труднощами. На думку авторів, мікросхеми на основі цього матеріалу не побачать світ ще кілька років. Фахівці витратили десятиліття на освоєння виробництва кремнієвих чипів, а використання нового матеріалу означає початок роботи з нуля. Крім того, реній, один із його елементів, є одним із найрідкісніших і найдорожчих на Землі. Тому мікросхеми на основі Re6Se8Cl2 можуть бути розроблені для спеціальних цілей, наприклад, для аерокосмічної галузі або квантових обчислень.

www.science.org

ПЕРЕВАГИ ШАФ RITTAL З НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

Іноді навіть шафи повинні елегантно виблискувати, хоча в промисловості рідко йдеться про красу, але завжди про функціональність. Призначення шаф захищати чутливі електричні компоненти та контролери навіть за несприятливих умов. Rittal зарекомендував себе як експерт з виготовлення стандартних компактних шаф з їх міцним порошковим покриттям, а тепер він презентує нові версії корпусів AX та KX з нержавіючої сталі. Гладкий матеріал витримує навіть вплив хімічних речовин, солоні води або надзвичайно високого рівня вологості та розширює різноманітність систем Rittal.

При переобладнанні корпусів з нержавіючої сталі AX та KX проєктувальники та користувачі можуть скористатися системою шаф Rittal для складних умов, які вимагають більш міцного матеріалу. Компактні корпуси мають запатентовану систему кріплення. Це означає, що разом із направляючими для внутрішнього монтажу вони повторюють встановлений системний крок 25 мм, такий же, як і в системах великих шаф VX25. Завдяки цій унікальній запатентованій системі компактні корпуси AX підготовлені для всіх типів конфігурацій і переобладнань.

Системні компоненти та аксесуари, від дверних вимикачів до кабельних каналів і затискних планок до світильників, легко, швидко і безпечно встановлюються на рейки без свердління. Завдяки заздалегідь визначеному простору між рейками можна також використовувати системні аксесуари, такі як перфоровані секції, рейки для затискання кабелів або опорні рейки від системи корпусів VX25.

Нова конструкція також спрощує зоземлення завдяки автоматичному вирівнюванню потенціалів для AX і KX з нержавіючої сталі. Наприклад, у KX бічні частини були оптимізовані для підключення зоземлення. Щоб ще краще використовувати глибину клемних коробок KX, монтажну рейку можна встановити безпосередньо на задній панелі. Новинкою в портфоліо KX з нержавіючої сталі є також закриті корпуси E-Vox з дверцятами. Як в серії AX, так і в серії KX, перфорація задньої панелі з практичною розміткою отворів також прискорює настінний монтаж.

Нові системні шафи з нержавіючої сталі повністю готові до оптимізованих за допомогою цифрових технологій процесів у виробництві щитів і розподільчих пристроїв — процесів, які користуються високим попитом у часи ускладнення систем і дефіциту кваліфікованих працівників.

Усі дані доступні в Eplan, щоб після мехатронного планування та проєктування можна було безперешкодно встановити відповідне обладнання.

Цифровий двійник шафи, створений у програмі Eplan, містить усі дані, необхідні для автоматичної обробки щитів і розподільчих пристроїв, наприклад, для вирізання за допомогою лазерних центрів Perforex LC 3D. Цифровий застосунок ePocket робить дані плану електропроводки доступними під час експлуатації системи. За допомогою безкоштовного онлайн конфігуратора Rittal RiPanel можна також легко підібрати шафи та комплектуючі.

www.rittal.com

НОВІ ФІЛЬТРУЮЧІ ВЕНІЛЯТОРИ BLUE E+ ВІД RITTAL — ЕКОНОМІЧНО ЕФЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ У ШАФАХ

Спека рідко буває бажаним гостем у шафі. Відповідно,

для забезпечення безперебійної роботи встановлених компонентів дуже важливо відводити небажане тепло і уникати подальшого нагрівання, де це можливо. Це завдання часто покладається на фільтруючі вентилятори — варіант охолодження, який, принаймні в минулому, не користувався належною повагою та пошаною. Компанія **Rittal** пропонує нове покоління фільтруючих вентиляторів Blue e+ з функцією аварійного охолодження та багатьма іншими інноваційними характеристиками, спрямованими на розумний клімат-контроль.

Фільтруючі вентилятори є популярним і економічно ефективним рішенням там, де для регулювання температури в шафі можна використовувати повітря з навколишнього середовища. Тому вони також є найпоширенішим вибором для контролю мікроклімату в шафах. Завдяки функції аварійного охолодження новий фільтруючий вентилятор Blue e+ активно реагує на несподіване підвищення температури. Це захищає компоненти від перегріву і, в найгіршому випадку, дозволяє уникнути витрат, пов'язаних із зупинкою всієї системи.

Попереднє покоління фільтруючих вентиляторів Rittal вже було розроблено для монтажу та обслуговування без використання інструментів, але відповідні механічні компоненти тепер повністю перероблені. Затискні гачки для монтажу установки та механізм відкривання для заміни фільтрів тепер функціонують ще зручніше. Збережено такі перевірені функції, як проста зміна напрямку повітряного потоку та гнучке розташування підключення до електромережі. Подальші зміни стосуються загального дизайну Rittal: ламелі решітки тепер розташовані вертикально. Слід зазначити, що всі ці зміни було зроблено без впливу на ступінь захисту.

Фільтруючі вентилятори Blue e+ доступні в п'яти розмірах, що охоплюють вісім класів продуктивності від 20 м³/год до 1160 м³/год. Моделі AC/DC відповідають усім основним вимогам, тоді як для застосувань, що висувають особливі вимоги до електромагнітного екранування корпусів, доступний варіант EMC. Технологія EC дозволяє регулювати швидкість і контролювати роботу вентилятора за допомогою аналогового інтерфейсу. Регулювання температури

адаптується до фактичних умов — розумна функція, яка економить енергію і подовжує термін служби. Нове покоління продовжує цю тенденцію і пропонує додаткові переваги, такі як широкий діапазон вхідної напруги (100–240 В) та інтерфейс ModBus для моніторингу, керування та сигналізації.

Інтегровані через інтерфейс Rittal IoT фільтруючі вентилятори передають інформацію про стан, використання потужності, час роботи та енергоспоживання. Якщо поруч стоять кілька шаф, то можна точно визначити джерело критичного перегріву та відповідний фільтруючий вентилятор. Як тільки температура перевищує порогове значення тривоги, оператор отримує відповідне повідомлення, а фільтруючий вентилятор активує функцію аварійного охолодження. Збільшення швидкості обертання вентилятора і, отже, витрати повітря затримує можливе перегрівання. Фільтруючий вентилятор повертається до нормального режиму роботи, як тільки температура знову опускається нижче порогового значення. На додаток до експлуатаційної безпеки, нове покоління забезпечує ще довший термін служби.

Функція автоматичного очищення фільтра видає частинки пилу з фільтра кілька разів на день. Оператори також можуть визначити віртуальний період експлуатації як основу для відображення часу, що залишився до наступної заміни фільтра — подібно до показника рівня палива в автомобілі. Це полегшує планування технічного обслуговування на вимогу, що додатково економить час і витрати.

Що стосується основного завдання фільтруючого вентилятора, а саме максимального затримання частинки при одночасному проходженні якомога більшої кількості повітря, то за допомогою гофрованих фільтрів Rittal встановлює нові стандарти. Завдяки гофруванню площа поверхні збільшується в шість разів, пропускна здатність збільшується на 40%, а інтервали між технічним обслуговуванням можуть бути подвоєні або навіть потроєні, в залежності від застосування. Разом всі ці характеристики нового покоління фільтруючих вентиляторів Blue e+ підіймають рівень клімат-контролю в шафах на новий рівень.

www.rittal.com

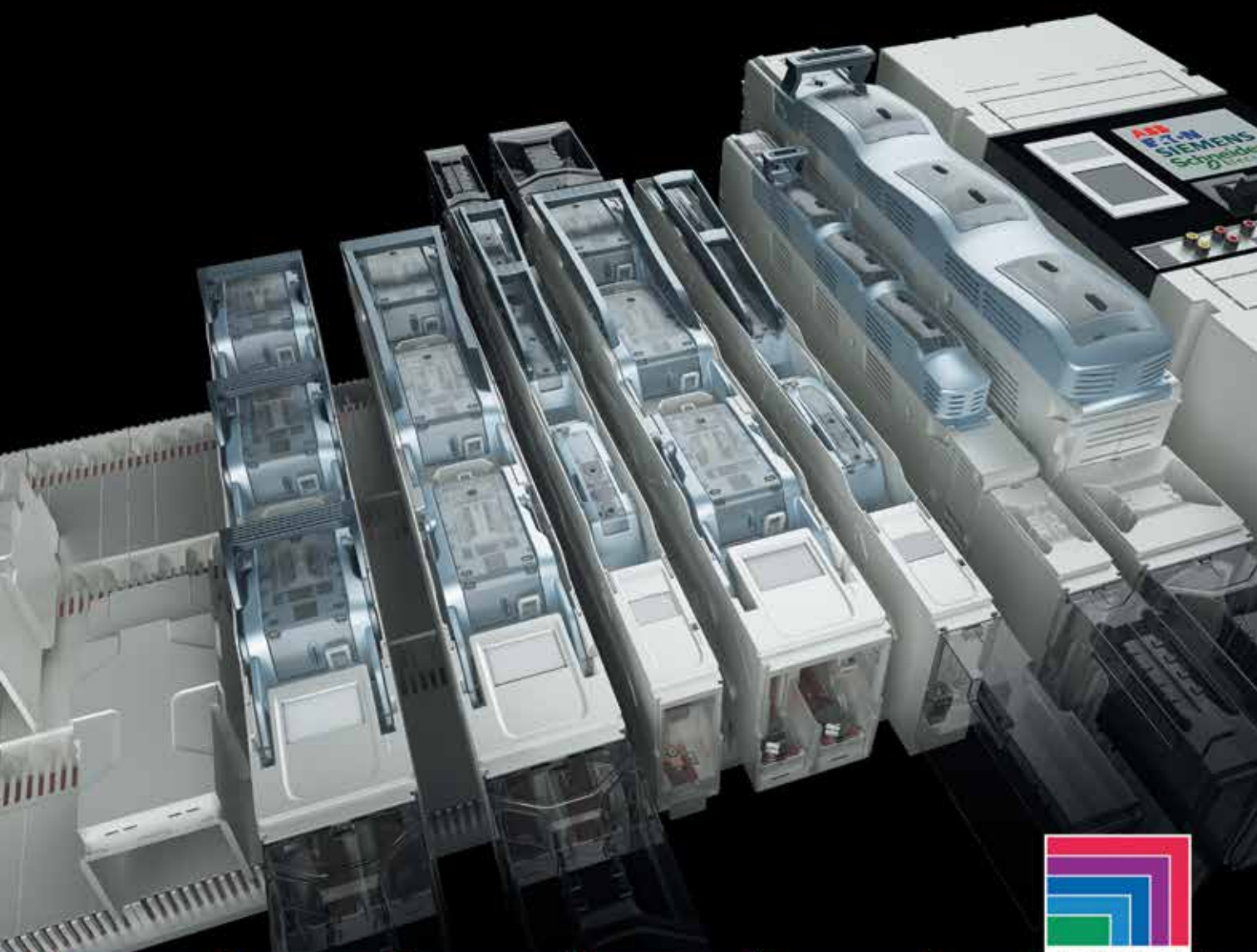
IMRAD
електронні компоненти

м. Київ, вул. Шутова 9А, офіс 211
тел. +38(044) 490-21-95, 490-21-96
imrad@imrad.kiev.ua
www.imrad.com.ua

Широкий асортимент сучасних електронних компонентів, інструментів та витратних матеріалів зі складу в Києві та на замовлення. Зручно, швидко, якісно.

Шинна система Rittal

VX25 Ri4Power 185 Compact



ENCLOSURES

POWER DISTRIBUTION

CLIMATE CONTROL

IT INFRASTRUCTURE

SOFTWARE & SERVICES

FRIEDHELM LOH GROUP



Що ми пропонуємо

- Комплексне рішення для централізованого, компактного електропостачання та розподілу електроенергії
- Номінальна напруга до 690 В
- Номінальний струм до 2100 А
- Захист від короткого замикання до 50 кА
- Міжосьова відстань між шинами 185 мм
- Повний захист від дотику до IP2XB (захист від дотику пальцями) з нашого портфоліо систем
- Точно підігнані з'єднувачі та адаптери для компонентів для перевіреного, безпечного з'єднання при високих струмах
- Запобіжники для будь-яких ситуацій
- Дозвіл UL




Які переваги ви отримуєте

- Збирайте, встановлюйте та модернізуйте системи без свердління або зняття кришок
- Змінний контакт на шинах, з самого початку захищений від небезпеки дотику, не потребує свердління
- Підходить для всіх стандартних захисних пристроїв і комутаційних апаратів, доступних на ринку в даний час
- Екранування шин, інтегроване в секцію кришки для запобігання випадковому виникненню електричної дуги
- Зручне для користувача планування, створення та перевірка проекту за допомогою конфігуратора Rittal Power Engineering

Перейти на сайт та дізнатись більше

rittal.com

 office@rittal.com.ua

 044 536 99 44



З урахуванням фінансових аспектів і вимог чинного стандарту IEC 61 439, шинна система VX25 Ri4Power 185 Compact з міжосьовою відстанню 185 мм ідеально підходить для конфігурації компактною, безпечною системою розподілу електроенергії.

Перевірене рішення від Rittal, що складається з шафи та шинопроводу. VX25, як стандартний корпус, ідеально підходить для промислових умов застосування, що вимагають високого рівня захисту електричного та електронного обладнання. Встановлення робочого обладнання в низьковольтних розподільчих пристроях відповідає стандарту IEC 61 439 та підтверджується документально перевіркою проекту.



Паяти потрібно так, щоб не «відвалилось»!

Володимир Ханейчук (Ханю), InCreandi Team
E-mail: xanoy.v@gmail.com

Багато спілкуючись зі своїми колегами в спеціалізованих Телеграм-каналах, я зрозумів, що, на жаль, у багатьох з базовими навичками та поняттям, як взагалі правильно паяти і що це за «звір» такий, той процес паяння, трішки, як кажуть «біда».

В Україні йде війна. І одним з ефективних інструментів знищення ворога є FPV дрони (від англ. *First Person View*, скор. *FPV* — вид від першої особи). Я їх беру для прикладу як досить вже відомі нам всім пристрої. Але підходи, що наведені в статті, використовуються і для інших пристроїв, які збираються з готових електронних модулів і матеріалів (двигуни, провідники, антени тощо). В технологічних процесах при збірці FPV дронів активно використовується паяння і без нього дрона не збереш.

Дана стаття складається не з порад і пропозицій, а з жорстких настанов, яких необхідно дотримуватись. Також надана інформація про прилади та матеріали (рис. 1), які треба мати, якщо ви вирішили зайнятись паянням.

Ворога потрібно знищувати ефективно, тому і паяти потрібно ефективно — що б не «відвалилось»!

ПАЯЛЬНИК

У вас повинно бути щонайменше два паяльника:

- один малої потужності — 30–60 Вт (я використовую «AOYUE Int 936A»), для паяння електронних компонентів невеликого розміру, SMD компонентів, тонких провідників;
- другий повинен мати потужність не менш ніж 80 Вт (я використовую «PACE ST 50 with TD100»).

Чому? Тому що, наприклад, при паянні провідників двигуна FPV-дрона

чи провідників акумулятора до плати контролера, при доторканні жалом до холодного мідного контакту (провід + плата), зразу йде відбір тепла від жала, і чим товщий провід, тим швидше йде відбір тепла від жала. Також силові контакти на платі контролера, з'єднанні з внутрішніми полігонами «землі», без жодних термобар'єрів — це ще один потужний споживач тепла. І щоб вийшло якісне паяння, треба якомога швидше компенсувати втрату жалом тепла. Паяльник малої потужності з цим не впорається. Якісне паяння в цьому випадку можна зробити тільки паяльником великої потужності.

Нагрівач паяльника обов'язково повинен мати PID регулятор — паяльники, нагрівач яких під'єднується напряму до мережі 220 В — НЕ ПІДХОДЯТЬ!!! USB паяльники — теж «в топку» (є деякі екземпляри USB паяльників, які можуть видати необхідну потужність, але це рідкість).

Дуже важливо, щоб термодатчик в паяльнику знаходився якомога ближче до місця паяння — це зменшить інерційність нагріву жала.

Не використовуйте підробки та паяльники з «прибамбасами» (підсвітка, регулятор на ручці паяльника тощо). Ручка паяльника (сам інструмент з жалом) повинна бути зручною у використанні, легкою, негабаритною і яку за потреби можна замінити (див. рис. 2).

В Україні зараз є дуже великий асортимент паяльного обладнання, вибрати є з чого, і тому, будь ласка, не економте. Ціна якісного паяльника малої потужності стартує від 1 500 грн — це паяльники таких фірм, як «AOYUE», «YIHUA». Ціна потужного паяльника, стартує від 3 000 грн («AOYUE»).

Якщо у вас велике серійне виробництво, то слід придбати паяльники таких фірм, як «PACE», «WELLER» або «ERSA», цінник на такі паяльні станції перевищує \$400, але вони того варті!



Рис. 11. Прилади та матеріали, необхідні для процесу паяння, щоб не «відвалилось»



Рис. 2. Приклад паяльника із зручною ручкою, яку можна замінити

Не купуйте «2 в 1», тобто станцію, яка об'єднує в собі паяльник і фен. Залиште це для хлопців, які ремонтують мобільні телефони. Паяльник окремо, фен (якщо він потрібен, а я вам скажу «одеською», що він «таки обов'язково потрібен») — окремо.

І не плутайте, будь ласка, «потужність» з «максимальною температурою» паяльника. Паяльник з невеликою потужністю може легко розігрітись до 450 °С, але він буде довго прогрівати місце паяння з великим відбором тепла, і йому не вистачить потужності. Потужний паяльник дуже швидко розігріє таке місце паяння.

ЖАЛА

Тут все погано, і неоднозначно — їх дуже багато, вони різні й за формою і по якості та за ціною.

Форм-фактор жала диктує паяльник, який ви купили (TS100, 900M-T тощо).

Робоча поверхня жала (хвиля, скошений циліндр, ніж тощо, див. рис. 3) вибирається під конкретну задачу і, на жаль, з досвіду кожного. Тут можу сказати, що робоча поверхня типу «хвиля» або «скошений циліндр» підходить для більшості випадків.

Площа робочої поверхні жала теж вибирається під задачу — чим більший відбір тепла в місці паяння, тим більша повинна бути робоча площа жала.



Рис. 3. Жала з різними типами робочих поверхонь

Жало (тип робочої поверхні, матеріал) — це такий компонент, до якого звикаєш, підлаштовуєшся, тому до вибору жала треба підійти дуже відповідально.

Є декілька вимог, яким повинно відповідати якісне жало:

- ефективна передача тепла від нагрівача до місця паяння;
- воно повинно «набирати» припій (припій повинен прилипати до робочої поверхні);
- «перегрів» жала не призведе до виходу з ладу робочої поверхні жала.

Перепробував купу жал для свого паяльника (малої потужності) і зупинився на жалах з чистої міді.

Жала з чистої міді — ідеальний варіант для паяння тому що:

- мають максимальну тепловіддачу;
- добре набирають припій;
- робочу поверхню жала можна зробити будь-якої форми за допомогою надфіля. Зачищати жало бажано «на холодну». Після зачистки занурити жало у флюс, щоб робоча поверхня не окислилась при нагріванні.

Але у жала з чистої міді є й вагомий недолік:

- припій роз'їдає мідь — в народі це називається «жало вигоріло». Його постійно треба зачищати. На серійному виробництві це не припустимо, бо дана операція забере дуже багато часу;
- з часом вся поверхня мідного жала вигорає, ефективність передачі тепла падає і жало треба міняти. Набагато частіше, ніж жало з антипригарним покриттям.

Жала з антипригарним покриттям (я використовую з паяльником великої потужності) — це зважений компроміс між ефективністю тепловіддачі та довговічністю. Але є одна проблема з цими жалами — дуже багато підробок! Основні проблеми в підробках такі:

- припій не липне до робочої поверхні (особливо коли трохи перегрівеш жало) — антипригарне покриття низької якості;
- робоча поверхня вигорає набагато швидше, ніж у якісних жал;
- тепловіддача невідома.

Фірмові жала, які добре працюють, коштують немало (\$5–20 за одну штуку). Це жала «PACE» та «ERSA», але це ідеальний варіант для використання при серійному виробництві електронних приладів, бо при кожній наступній закупівлі жал цих виробників ти гарантовано купиш жало однакової якості. Тому при серійному виробництві бажано купувати дорогі фірмові паяльні станції та

матеріали до них, бо економія в цьому випадку вилізе боком (збільшить процент браку та час збірки).

Мідні жала ефективно себе показали:

- при ремонті електроніки;
- коли немає змоги забезпечити попередній нагрів місця паяння;
- при паянні компонентів малого розміру (SMD 0201, 0402, 0603 тощо). Для їх паяння потрібне тонке жало. А чим тонше жало, тим менша тепловіддача від нього, до того ж із-за поверхневого натягу припій дуже погано липне до робочої поверхні жала;
- при пропаюванні та знятті «закороток» на компонентах в корпусі QFN, DFN, SOP та QFP;
- коли місце паяння має масивний поглинач тепла, до якого треба припаяти товстий кабель. Але це потрібно зробити так, щоб від підвищеної температури шари на друкованій платі не розшарувалися, щоб олово не затекло під ізоляцію кабелю «на метри» та не оплавилась ізоляція кабелю.

В інших випадках, доцільно використовувати жала з антипригарним покриттям.

ФЛЮС

ФЛЮС!!! Дуже важлива річ. Якщо ви тільки почали займатись паянням, а нумо швиденько читати про те, що ж таке «оксидна плівка на металі», «розтікання» та «змочуваність поверхні».

Якщо коротко, то флюс потрібен для спрощення та підвищення якості паяння шляхом видалення оксидної плівки з поверхні металу та поліпшує властивості припою. Припій краще розтікається та змочує місце паяння.

Заборонено (в електроніці):

- використовувати активні флюси (в основу яких входить кислота, і не важливо, як вони активуються). Флюс чи його кислотні пари при паянні потрапляють під ізоляцію провідника і починають «жертви» мідь, і оксид міді, який при цьому виникає, починає абсорбувати вологу, волога починає з кислотою «жертви» мідь ще більше. І вийде так, що, на перший погляд, провідник цілий, а по факту під ізоляцією там вже не провідник, а білий оксидний порошок, чи ще гірше — залишилось цілими всього пару волосинок в провіді (що збільшує опір провідника, із-за чого апаратура продовжує працювати, але вже з глюками);
- використовувати «попате» флюси або підробки. Не забувайте, ви



Рис. 4. Флюс «NC PASTE FLUX 10CC»



Рис. 5. Зручний дозатор паяльної пасти та флюсу

складаєте не якусь цяцьку, а пристрій військового призначення!!!

Використовуйте тільки безкислотні флюси, які не треба змивати, бо ви не зможете повністю вимити флюс з-під ізоляції кабелю.

Приклад з життя. Ви зібрали FPV дрон (один чи велику партію, неважливо) і відправили його військовим на «0», де він і повинен працювати. До того часу як його використають, FPV дрон переживе наступні етапи:

- транспортування на «0» — вібрації, тимчасове зберігання невідомо де і при яких умовах;
- постійне зберігання, невідомо де і при яких умовах.

І після цього FPV дрон готується злітати. І якщо все добре було зроблено, то ймовірність ураження ворога збільшується на порядки. Якщо FPV дрон не злетів з вашої вини, ну то що ж, вважайте що ворог вбив одного з наших бійців. Це як мінімум.

Ідеальний флюс (з точки зору інертності) — це каніфоль, розчинена в 96%-у етиловому спирті. Повністю інтерна суміш. Але з такою сумішшю важко працювати, бо спирт дуже швидко випаровується.

Я наполягаю на використанні флюсу компанії «AIM» марки «NC PASTE FLUX 10CC» (див. рис. 4). **Це ні в якому разі не реклама!** Я працюю із цим флюсом вже 20 років і він мене ще ні разу не підвів. Звичайно ж, він коштує дорожче в порівнянні з флюсами китайського виробництва.

Бажано не використовувати флюси, у яких вийшов термін придатності. Але, як показує практика, прострочені флюси продовжують добре працювати. І це вже ваша відповідальність, а не компанії-виробника флюсу. Пам'ятайте про це!

Також при використанні любого типу флюсу не забувайте, що велика температура швидко його випаровує, тому треба обов'язково правильно підібрати температуру жала паяльника: занадто низька — довго прогривається місце паяння, занадто висока — флюс миттєво вигорає разом з припоєм (припій становиться зморшкуватий на вигляд, тягнеться «соплями»).

Для зручності нанесення флюсу використовуйте дозатор паяльної пасти та флюсу (див. рис. 5).

Для дозування флюсу обов'язково використовуйте шприц з голкою-дозатором. Будь ласка, не використовуйте для цього голку від медичного шприца — це не дуже зручно та не ефективно. Така голка має циліндричну форму по всій довжині і після натискання на його поршень із-за надлишкового тиску у середині шприца флюс буде продовжувати з неї витікати. Щоб цього уникнути, треба використовувати конусоподібні голки-дозатори (див. рис. 6).

ПРИПІЙ

Припій використовуйте тільки на основі свинцю!!! Знайте, що безсвинцеві технології не використовують в військових виробках, це просто заборонено! На це є такі причини:

- свинець надає місцю паяння еластичності. При вібраціях, при різких змінах температури навколишнього середовища, в місці паяння мікротріщини не з'являються або не так швидко збільшуються на відмінну від безсвинцевих припоїв;
- «олов'яна чума» — продукт зміни олова у вигляді сірого порошку. Олов'яна чума є результатом алотропічних перетворень олова. Перехід білого β-олова (ґратки тетрагональні, об'ємноцентровані) в сіре α-олово (ґратки алмазного типу) супроводиться зміною об'єму на 26%. Під впливом внутрішніх напружень, що виникають при цьому, компактний метал перетворюється в порошок, який і називають «олов'яна чума». Найшвидший перехід з білого олова в сіре відбувається при мінус 48 °С.)

Безсвинцеві технології залиште цивільним — у військових виробках використовується тільки припій зі свинцем!

Заради справедливості скажу, що є безсвинцеві припої з додаванням до них дорогіших металів і вони тоді мають властивості, подібні до свинцевих при-

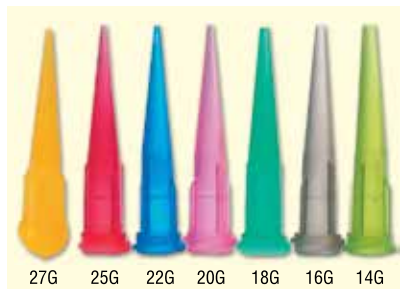


Рис. 6. Конусоподібні голки-дозатори для дозування флюсу



Рис. 7. Бобина з припоєм марки «AIM WIRE SOLDER NO Clean»

поїв. Але навіть платити більше? Або знову ж таки «одеською»: Ви що, дуже багаті, щоб платити дорогого?!

Я наполягаю на використанні припою фірми «AIM» марки «AIM WIRE SOLDER NO Clean (Sn63/Pb37, Flux Glow CORE 2%)» (див. рис. 7).

Ця марка припою також містить флюс, який не треба змивати після паяння (в «AIM» є припої з різними типами флюсу, тому будьте обережні при купівлі).

Припої є різного діаметру. Зазвичай для більшості випадків діаметра 0.8–1 мм достатньо.

ЗМИВАННЯ

Змивання всілякого бруду (залишки флюсу, каніфолі, рис. 8) з місця паяння в більшості випадків являється обов'язковим технологічним процесом. Тим паче, якщо ви збираєтесь покрити



Рис. 8. Залишки флюсу на друкованій платі після паяння

вати місце паяння захисним покриттям. У випадку військової техніки це треба зробити обов'язково (про це в наступному розділі цієї статті).

На ринку України, присутні різноманітні суміші для змивання бруду з плати. Але якщо використовувати припій і флюс, на якому я наполягав вище, то доволі ефективною сумішшю для змивання бруду з плати є розчин ізопропілового спирту з бензином «Калоша», в співвідношенні 1:1 Один із компонентів знежирує, а другий абсорбує бруд.

Якщо ви плануєте покривати місце паяння захисним покриттям, то обов'язково використовуйте суміш для змивання бруду.

Електронні модулі після паяння на них компонентів за можливості бажано очистити за допомогою змивання в ультразвуковій ванні. Але деякі електронні компоненти категорично не можна мити в ультразвуковій ванні, тому уважно читайте документацію на компонент. В цьому випадку очистіть місця паяння (паяні з'єднання) щіткою, серветкою, ваткою, попередньо змочивши в рідині для змивання.

ЗАХИСНЕ ПОКРИТТЯ

Багато хто думає (і я раніше так думав), що захисне покриття необхідне для того, щоб захистити електронні компоненти від потрапляння надмірної кількості вологи, щоб не закоротило. Але ні, тут все складніше. Захисне покриття місця паяння в першу чергу необхідне для захисту цього місця від окислення під час роботи готового виробу.

Кожна точка паяння не ідеальна і завжди містить в собі мікротріщини. В ці мікротріщини упродовж всього часу експлуатації пристрою потрапляє повітря з різною концентрацією вологи. Мабуть, все буде добре, якщо через місце паяння проходить невеликий струм з низьким електричним потенціалом, що не розігріває його. Але що буде з місцем паяння, через яке протікає струм високої густини, який розігріває місце паяння? Це можуть бути контакти для підключення двигунів FPV дрона, чи контакти для підключення акумулятора. Або що буде з місцем паяння компонента, який доволі сильно нагрівається (струм невеликий, зато напруга велика)? В обох випадках ключовими факторами є температура та вологість повітря. Через них все й руйнується. Цей ефект ще називають холодна пайка (рис. 9). Вологе повіт-



Рис. 9. Тріщини в пайці, що з'являються в процесі експлуатації

ря, яке потрапило в мікротріщини, під впливом підвищеної температури починає окислювати це місце. Окиснений метал (в цьому випадку — припій) втрачає провідність, опір контакту збільшується і його ще більше розігріває струм, який проходить через нього. Росте температура — пришвидшуються хімічні процеси (окислення) в мікротріщинах. Цей процес буде протікати до тих пір, поки паяне з'єднання не відвалиться. Це примітивне пояснення (без урахування залишкових натяжів в припої), але зрозуміле — треба застосовувати захисне покриття для захисту місць паяння.

В Україні в магазинах електронних компонентів є широкий вибір матеріалів для захисту зібраних друкованих плат: «Цапонлак», поліуретанові суміші, акрилові суміші, в тому числі суміші, які твердіють (полімеризуються) від ультрафіолетового випромінювання.

При виборі захисних покриттів слід бути обережним, тому що вони можуть впливати на хвильовий опір (якщо плата з високочастотними колами або аналоговими колами). Захисне покриття може бути доволі агресивним у процесі висихання або полімеризації, і воно може затекти не туди, куди треба (в роз'єми, тактові кнопки, отвір мікрофона, барометра тощо) і вивести компонент з ладу.

Місце паяння провідників бажано, але краще обов'язково, захищати кольоровим лаком «Цапонлак». Кольоровий лак необхідний для того, щоб була можливість проконтролювати нанесення лаку на місце паяння. Якщо лак буде прозорим, то можна пропустити та не покрити яєсь з важливих паяних з'єднань, бо прозорий лак майже не видно на місці паяння.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Упродовж всього процесу паяння не забуваємо про виконання наступного:

- правила поводження з електроприладами, які живляться від мережі змінного струму 220 або 380 В;
- захист органів дихання і слизистої від хімічних випарів. Паяння, змивка, покриття — всі ці технологічні процеси містять шкідливі випари, тому системи вентиляції — це обов'язковий елемент в цих процесах;
- захист шкіряного покриву від хімічних речовин і токсичних металів (свинець). Тому обов'язково використовуємо рукавички, а руки миємо з милом тощо;
- сильно не захоплюйтесь процесом, а то отримаєте емоційне вигорання раніше ніж потрібно;
- не ігноруйте повітряну тривогу (війна поки що продовжується).

TIPS & TRICK (ПОРАДИ ТА ПІДКАЗКИ)

T1. Якомога частіше прочищайте паяльне жало під час паяння. Для цього використовують два компоненти: губка (рис. 10) та стружка (рис. 11) для очищення жал. Губка повинна буди завжди вологою!

T2. Бувають випадки, коли з місця паяння потрібно видалити зайвий припій чи очистити це місце від припою. Для цього слід використовувати поглинальну стрічку для очищення від припою. Але попереджаю — в Україні дуже багато підробок!!!

Раніше, я користувався стрічкою японського виробництва «Goot Wick» (див. рис. 12) — це, мабуть, найкраще, що є в цьому класі. Але зараз знайти оригінальну стрічку в Україні



Рис. 10. Губка для очищення жала (бувають різної форми)



Рис. 11. Стружки для очищення жала



Рис. 12. Оригінальна упаковка поглинальної стрічки виробництва «Goot Wick»



Рис. 13. Оригінальна упаковка поглинальної стрічки виробництва «Welsolo»



Рис. 14. Приклад друкованої плати для навчання паяння

дуже велика проблема, майже все що продається — підробка. Тому я вирішив пошукати їй заміну. І я її знайшов — це стрічка, виробництва «Welsolo» (див. рис. 13). Але підробки цієї стрічки на жаль теж зустрічались.

T3. Використовуйте спеціальні якісні друковані плати для навчання паяння (див. рис. 14), перевірки матеріалів для паяння, а також режимів роботи паяльника.

T4. Іноді при ремонті потрібно протягнути провідник через плату. Для цього є дуже зручний японський дріт марки «TIW-B» різних діаметрів (див. рис. 15). Зручність його використання полягає в тому, що його можна зачистити за допомогою нагрітого паяльного жала (з додаванням флюсу) і прокласти по друкованій платі вигинаючи під будь-якими кутами. При цьому він прекрасно тримає набуту форму (кути вигину). І зробити це можна швидко і якісно.

Для цих цілей також може підійти й дріт марки «МГТФ», але він досить проблемний. Цей дріт занадто гнучкий і погано тримає набуту форму, і тому його дуже важко зафіксувати на платі. Його ізоляція — це PTFE плівка, до якої нічого не липне (її майже неможливо приклеїти до поверхні плати) і треба мати спеціальний інструмент або деяку вправність, щоб цей дріт зачистити.

T5. Фіксація монтажних провідників на поверхні друкованої плати. Ідеальним варіантом для цього є клей «K-303 UV Curing Adhesive» (див. рис. 16) компанії «Kafuter» (або його аналоги). Він полімеризується під впливом

ультрафіолетових променів впродовж всього 30 секунд.

Для того, щоб зняти липкий та токсичний шар, який утворюється на поверхні місця склеювання, після полімеризації обов'язково треба протерти місце склеювання ізопропіловим спиртом. Як джерело ультрафіолетового випромінювання можна використати стоматологічну фотополімерну лампу або ж зібрати таку самому на базі потужного ультрафіолетового світлодіоду (довжина хвилі 365 нм + 395 нм).

Примітка: Перед використанням будь-якого типу клею потрібно його протестувати на агресивність до інших компонентів плати!

T6. Іноді при паянні потрібно захистити мідь на платі від припою. Якщо треба захистити мідь на постійній основі, то для цього використовуйте захисну паяльну маску, яка полімеризується під впливом ультрафіолетових променів. Краще підійде «Mechanic UVH900-LY». Вона наноситься так само, як і флюс, за допомогою дозатора та голки-дозатора.

Для тимчасового захисту можна використати високотемпературну каптову (поліімідну) стрічку.

T7. Не використовуйте компоненти, виводи яких (провідники) вже мають ознаки окислення, бо інакше, можна отримати неякісне паяння.

ВИСНОВОК

В статті я прописав настанови, дотримуючись яких ви отримаєте якісне паяне з'єднання у вашому пристрої і як результат — якісний контакт.

Основні моменти, на які слід звернути увагу:

- потрібно розуміти фізичні та хімічні процеси, які відбуваються в процесі паяння. Це не так і складно;
- не економте на витратних матеріалах;
- користуйтеся фірмовим інструментом;
- не купуйте підробки (за можливості).

Також я навів інформацію про прилади та матеріали, які треба мати, якщо ви вирішили зайнятися паянням. Але для більш ефективної роботи, вам будуть ще потрібні:

- термофен портативний (я користуюсь AOYUE-8032A ++);
- інфрачервоний переднагрівач плат (я користуюсь AOYUE Int 853A +);
- різні ванночки та пензлики (щітки), вушні палички, двохшарові серветки, зубочистки;
- ультразвукова ванна.

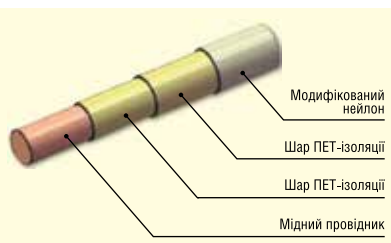


Рис. 15. Дріт обмотувальний марки TIW-B



Рис. 16. Клей «K-303 UV Curing Adhesive» компанії «Kafuter»



044 33 44 575
info@eurocom-c.com
www.eurocom-c.com



**ПОЄДНУЄМО ВАШІ ІДЕЇ
З НОВІТНІМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

Зв'язок мережею Ethernet: як використовувати платформу Arduino в мережах IoT і IIoT

Падіння цін і збільшення обчислювальної потужності невеликих мікроконтролерів поклали початок бурхливому процесу під'єднання до локальних мереж Ethernet або навіть глобальної мережі Інтернет малопотужних пристроїв, які здебільшого виконують функції контролю, керування та вимірювання. Більш того, ці рішення стали з'являтися і в професійних промислових мережах, поступово витісняючи старі системи на основі RS-232 і його похідних.

Таким чином, на початку XXI століття настала ера «Інтернету речей» (Internet of Things — IoT). Хоча наразі на ринку IoT переважають пристрої, що комунікують між собою за допомогою бездротових мереж і стандартів Wi-Fi, ZigBee, BLE або Z-Wave, у багатьох апаратних рішеннях (здебільшого із сегмента IIoT — Industrial Internet of Things), які потребують надійного передавання та безпеки даних, одним із найпопулярніших варіантів, як і раніше, залишається мережа Ethernet. Творці платформи Arduino не залишили без відповіді побажання розробників IIoT-пристроїв, і в стандартній пропозиції модулів Arduino з'явилися плати розширення на кшталт Ethernet Shield 2, адресовані окремим користувачам, або Arduino MKR ETH SHIELD для професійних рішень на базі контролерів WIZnet W5100/W5200/W5500 та інтегральні схеми MAC і PHY в одній інтегральній схемі. Досить швидко незалежні виробники доповнили цю пропозицію новими і набагато дешевшими модулями на основі популярних схем ENC28J60. У статті коротко описано обидва рішення: офіційне, засноване на схемах серії W5x00, і розроблюване головним чином спільнотою Open Source/Open Hardware рішення на основі модулів ENC28J60.

ЗВ'ЯЗОК З ВИКОРИСТАННЯМ МОДУЛІВ WIZNET W5X00 І БІБЛІОТЕКИ ARDUINO ETHERNET

Безсумнівною перевагою офіційних модулів на основі схем серії W5x00 (зокрема їхніх апаратних аналогів, наприклад, плат розширення OKYSTAR OKY2102 або DFROBOT DFR0125, **рис. 1**) є повна програмна підтримка у вигляді бібліотеки Ethernet, вбудованої в стек Arduino. Таким чином, користувач може розпочати створення програми одразу після запуску Arduino IDE, не встановлюючи додаткові програмні пакети.

Залежно від схеми WIZnet і об'єму доступної пам'яті RAM бібліотека Ethernet підтримує максимум чотири (для схеми

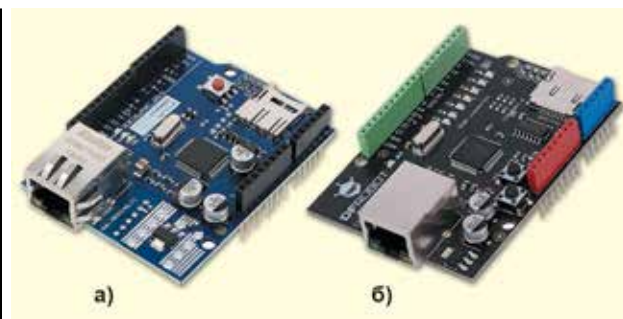


Рис. 1. Модулі, оснащені контролером WIZnet W5100: OKY2102 (а); DFR0125 (б)

W5100 і пам'яті RAM ≤ 2 кбайт) або вісім (схеми W5200 і W5500) паралельних вихідних/вхідних з'єднань. Програмний інтерфейс бібліотеки розділений на п'ять класів, згрупованих за окремими функціональностями. Для потреб IP-адресації створено клас IP Address. Щоб запустити простий серверний додаток на стороні Arduino, необхідно використовувати клас Ethernet Server для виконання читання і запису даних з усіх підключених пристроїв. Взаємодоповнювальним класом є клас Ethernet Client, який дає змогу за допомогою кількох простих викликів підготувати функціонального мережевого клієнта, що виконує операції запису та читання даних із сервера. Для зв'язку за протоколом UDP бібліотека Ethernet надає клас Ethernet UDP. Повний опис класів і методів представлено на сайті [1].

Характерним для платформи Arduino способом усі складні програмні операції реалізовано безпосередньо в наданій бібліотеці. У розпорядженні програміста є обмежений, але дуже функціональний набір API, завдяки чому процес розроблення додатка проходить швидко і не вимагає детального знання мережевих стеків. Тому проаналізуємо будову найпростішого серверного додатка, що поставляється з бібліотекою Ethernet, завдання якого полягає в прослуховуванні вхідних з'єднань від клієнта протоколу Telnet.

Код серверного додатка починає додавати файли заголовків, які необхідні для встановлення зв'язку SPI (модуль WIZnet обмінюється даними з мікроконтролером, використовуючи цей протокол), а також файли заголовків бібліотеки Ethernet:

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
```

Наступний крок — налаштування мережевих параметрів (MAC-адреса контролера, IP-адреса шлюзу доступу та маски підмережі), а також створення сервера для прослуховування порту № 3 (порт за замовчуванням для протоколу Telnet):

```
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};

IPAddress ip(192,168,1, 177);
IPAddress gateway(192,168,1, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);

EthernetServer server(23);
```

У тілі функції `setup()` необхідно ініціалізувати бібліотеку Ethernet і запустити процес прослуховування. Додатково вміщено конфігурацію послідовного порту, на якому відображатимуться повідомлення про адресу сервера, під'єднання нового клієнта і дані, отримані під час встановленого сеансу:

```
void setup() {

  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
  server.begin();

  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
  }

  Serial.println("Chat server address:");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
}
```

Основний цикл `loop()` очікує з'єднання від клієнта і перевіряє наявність даних для зчитування. При отриманні даних він відправляє їх без змін клієнту, виконуючи таким чином просту функцію `echo`:

```
void loop() {

  EthernetClient client = server.available();

  if (client) {
    if (!alreadyConnected) {
      client.flush();
      Serial.println("We have a new client");
      client.println("Hello, client!");
      alreadyConnected = true;
    }

    if (client.available() > 0) {
      char thisChar = client.read();

      server.write(thisChar);
      Serial.write(thisChar);
    }
  }
}
```

Правильність роботи цього додатка можна протестувати, використовуючи довільного клієнта протоколу **Telnet** (наприклад, програму **PuTTY** в системі Windows або команду `telnet` в системі Linux) або ще один комплект Arduino і класи Ethernet Client.

ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОДУЛІВ ENC28J60 І ЗОВНІШНІХ БІБЛІОТЕК

Альтернативним рішенням для офіційно підтримуваних схем WIZnet W5x00 є модулі на базі контролера ENC28J60 (наприклад, OKYSTAR OKY3486 або ETH CLICK, рис. 2). Завдяки нижчій ціні та простоті ручного монтажу корпусу (на відміну від схем W5x00, що містяться у 80-контактних корпусах LQFP, контролер ENC28J60 пропонується у 28-контактних корпусах типу SSOP, SOIC, QFN, а також у призначеному

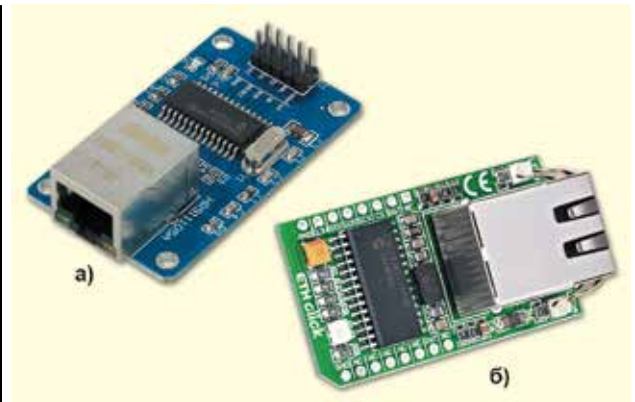


Рис. 2. Модулі, оснащені контролером ENC28J60: OKY3486 (а); ETH CLICK (б)

для наскрізного монтажу корпусі SPDIP). Ця схема дуже популярна серед електронщиків-аматорів.

Попри відсутність офіційної підтримки з боку Arduino, у розпорядження програмістів передано багато бібліотек типу open source, що забезпечують швидку інтеграцію схем ENC28J60 із програмним забезпеченням. Особливу увагу слід приділити бібліотеці UIP Ethernet, а також бібліотеці Ether Card, що надається за ліцензією GPLv2. Безсумнівною перевагою першого зі згаданих проєктів є сумісність інтерфейсу API з офіційною бібліотекою Arduino Ethernet, у такий спосіб процес розроблення додатків стає незалежним від вибору, зробленого між схемами W5x00 і схемою ENC28J60 на апаратному рівні. Другий із проєктів, Ether Card, реалізує незалежний програмний інтерфейс, який, відповідно до вподобань програміста, може виявитися цікавою альтернативою. Як і у випадку з бібліотекою Arduino Ethernet, реалізацію доволі складної функціональності (наприклад, реалізацію DHCP-клієнта) можна виконати в кілька рядків коду:

```
#include <EtherCard.h>

static byte mymac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};

byte Ethernet::buffer[700];

void setup () {

  Serial.begin(57600);
  Serial.println(F("
[testDHCP]"));

  if (ether.begin(sizeof Ethernet::buffer, mymac, SS) == 0)
    Serial.println(F("Failed to access Ethernet controller"));

  Serial.println(F("Setting up DHCP"));
  if (!ether.dhcpSetup())
    Serial.println(F("DHCP failed"));

  ether.printIp("My IP: ", ether.myip);
  ether.printIp("Netmask: ", ether.netmask);
  ether.printIp("GW IP: ", ether.gwip);
  ether.printIp("DNS IP: ", ether.dnsip);
}

void loop () {
  ether.packetLoop(ether.packetReceive());
}
```

Література:

- <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/ethernet/> **CH**

Сімейство тактових генераторів MicroClock компанії Renesas

У цьому матеріалі докладно описуються особливості використання тактових генераторів сімейства MicroClock компанії Renesas.

ВСТУП

Тактові генератори MicroClock (див. табл. 1) є пристроями надзвичайно малого розміру з дуже низьким енергоспоживанням. Усі пристрої цього сімейства призначені для портативної та переносної електроніки. Енергоспоживання визначається не тільки внутрішньою схемою пристрою MicroClock —

зовнішні кола також впливають на споживання електроенергії. У цій статті описується налаштування пристрою MicroClock, під'єднання зовнішніх кіл для оптимізації енергоспоживання та інших важливих параметрів. Програмний пакет IDT Timing Commander використовується при конфігуруванні програмних налаштувань і допомагає оптимізувати енергоспоживання.

У всіх пристроїв MicroClock однаковий корпус невеликого розміру — 10-DFN, 2x2 мм. Пристрої серії 5X дають змогу заощадити місце на платі завдяки вбудованому кварцовому резонатору, завдяки чому вони дуже підходять для переносної електроніки.

Найнижче енергоспоживання пристроїв 5L1503L і 5X1503L досягається під час видавання тільки однієї частоти 32.768 кГц шляхом контролю амплітуди вихідного сигналу на виході ВИХ1 = 32.768 кГц. Усі пристрої MicroClock можуть також керувати амплітудою сигналів на ВИХ2 і ВИХ3.

Таблиця 1. Сімейство виробів MicroClock 5X1503/5L1503		
Виріб	Опис	Корпус
5L1503	Стандартний пристрій MicroClock	10-DFN
5L1503L	Пристрій MicroClock з дуже низьким енергоспоживанням	10-DFN
5L1503S	Пристрій MicroClock з розширеним спектром	10-DFN
5X1503	Стандартний пристрій MicroClock з вбудованим кварцовим резонатором	10-DFN
5X1503L	Пристрій MicroClock з дуже низьким енергоспоживанням і вбудованим кварцовим резонатором	10-DFN
5X1503S	Пристрій MicroClock з вбудованим кварцовим резонатором і розширеним спектром	10-DFN

РОБОТА З ДУЖЕ НИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

Пристрій MicroClock споживає мінімум електроенергії тільки під час видавання частоти 32.768 кГц. Це можливо завдяки керованому генератору з дуже низьким енергоспоживанням. Він являє собою генератор коливань із частотою 32.768 кГц. Сам по собі генератор не до-

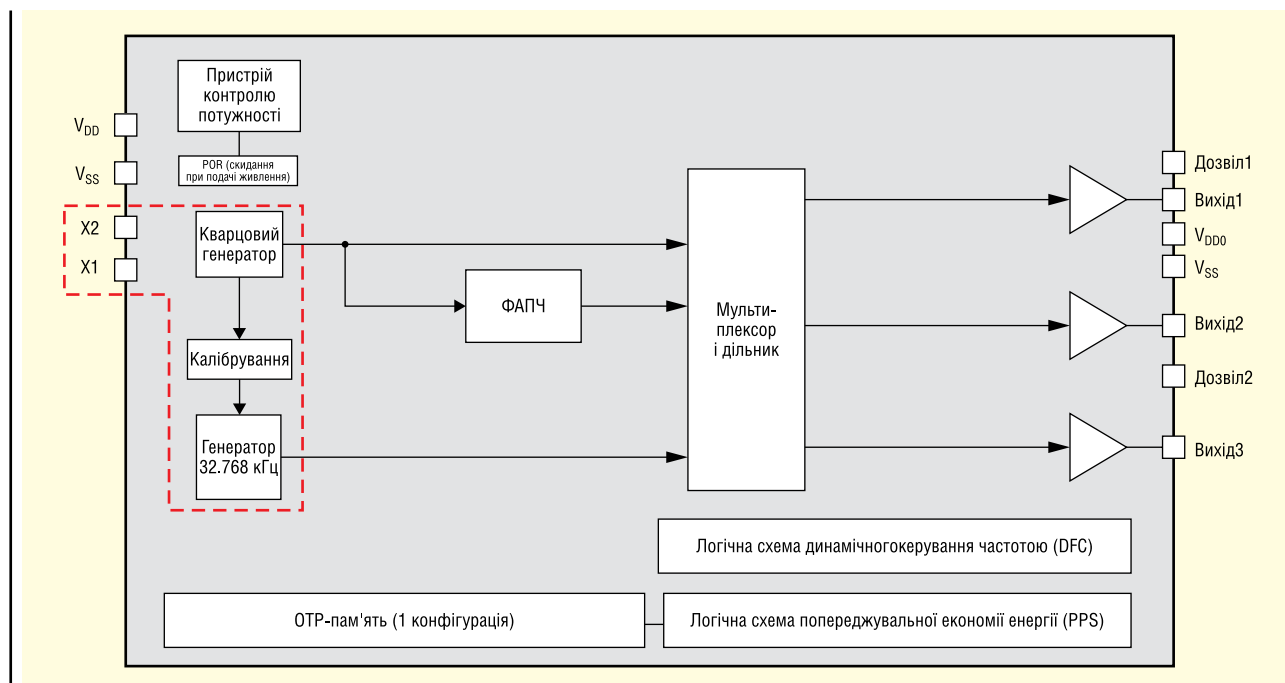


Рис. 1. Структурна схема пристрою MicroClock

сягає точності, необхідної для видачі тактового сигналу з частотою 32.768 кГц, але він синхронізується з вбудованим або зовнішнім кварцовим резонатором. Низьке енергоспоживання досягається увімкненням кварцового резонатора на кілька мілісекунд для підстроювання частоти генератора і подальшим його вимкненням на кілька секунд до нового циклу підстроювання. Якщо генератор працював трохи повільніше під час чергового підстроювання, то його частота трохи збільшиться, щоб за наступний цикл підстроювання надолужити загальну кількість тактових імпульсів. Таким чином, середня точність тактової частоти 32.768 кГц відповідає тактовій частоті вбудованого або зовнішнього кварцового резонатора, і тактовий сигнал із частотою 32.768 кГц можна використовувати в застосунках реального часу.

Структурну схему пристрою MicroClock показано на рисунку 1. Блоки, пов'язані з формуванням тактового сигналу частотою 32.768 кГц, виділено червоним кольором.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА КОНФІГУРАЦІЯ ДЛЯ НИЗЬКОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Конструкція пристроїв MicroClock дає змогу знизити енергоспоживання, проте не менш важливо оптимізувати схеми, що оточують MicroClock, щоб забезпечити мале споживання. Наприклад, навантаження на виході тактового сигналу впливає на те, скільки енергії необхідно формувачу цього сигналу.

Довжина провідника лінії тактового сигналу

Важливою частиною вихідного навантаження є лінія тактового сигналу. Що вона довша, то більше навантаження від неї, і то більший струм живлення у вихідному формувачі. Провідник тактового сигналу можна розглядати як лінію передачі (50 Ом) або як ємнісний опір щодо землі. Семейство тактових генераторів MicroClock призначене для використання в переносній електроніці, де тракти тактового сигналу завжди відносно короткі. У таких виробках енергоспоживання відіграє дуже важливу роль, і, на щастя, невеликий розмір цих трактів допомагає мінімізувати струм живлення.

Амплітуда тактового сигналу

Однією з програмованих характеристик пристрою MicroClock для опти-

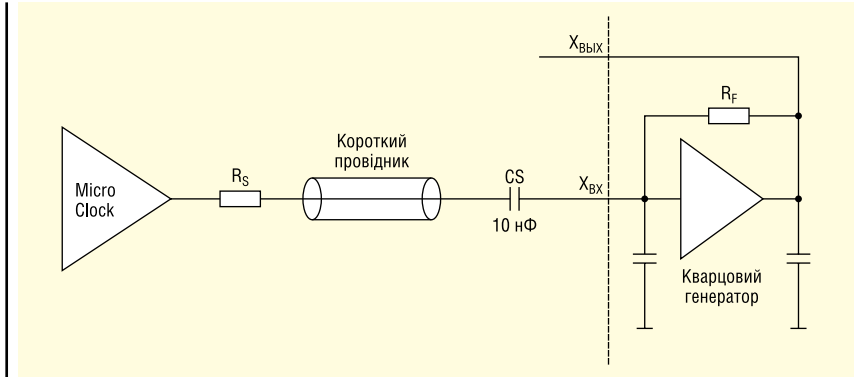


Рис. 2. Підключення до входу кварцового генератора

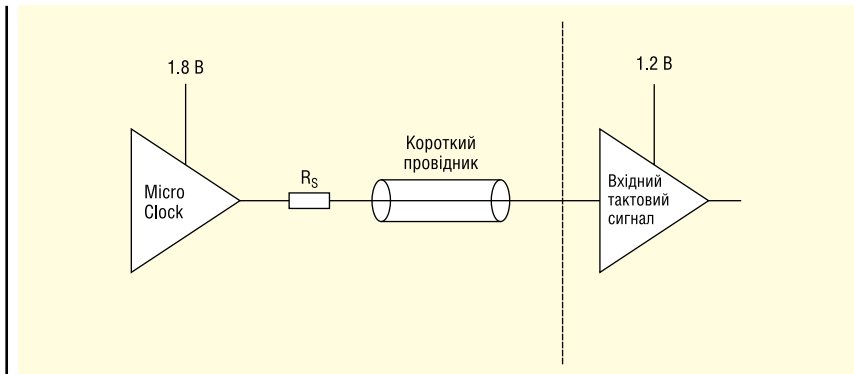


Рис. 3. Подання сигналу на вхід низьковольтної КМОН-логіки

мізації енергоспоживання є амплітуда тактового сигналу. Що вона більша, то більший струм споживає формувач тактових сигналів. Стандартний формувач LVCMOS працює за повної амплітуди вихідного сигналу. При $V_{DD} = 1.8$ В амплітуда такого сигналу дорівнює 1.8 В. Амплітуду на виходах 2 і 3 можна знизити до 1.2, 1.1 або 1.0 В. Звичайно, входи пристрою, куди подаються ці сигнали, повинні допускати роботу з меншою амплітудою.

Підключення до входу для кварцового резонатора (див. рис. 2). У більшості випадків такі входи найкраще працюють саме під час сигналу з малою амплітудою, що є безпрограшною ситуацією, тобто при меншій амплітуді знижується потужність, споживана пристроєм. Рекомендується встановити значення амплітуди 1.0 В і зв'язати вихід MicroClock із входом кварцового генератора пристрою-споживача за змінним струмом.

Провідник від виходу пристрою MicroClock до входу кварцового генератора має бути якомога коротшим для мінімізації паразитної ємності кола. Якщо провідник коротший за 2.5 см, немає потреби проектувати трасу як лінію передавання і використовувати резистор R_S . У разі проектування траси тактового сигналу як лінії передачі

50 Ом значенням R_S має дорівнювати 22 Ом, щоб вихід пристрою відповідав повному опору кола.

У більшість кварцових генераторів інтегровано опір R_F , але якщо його немає, то слід встановити $R_F = 100$ кОм між контактами X_{VX} і X_{VYX} . Під час вибору значення C_S також необхідно врахувати час встановлення під час подання напруги живлення. Якщо $C_S = 10$ нФ і $R_F = 1$ МОм, то час встановлення становить приблизно 1 нФ · 1 МОм = 10 мс. Якщо частота власного генератора 32.768 кГц і вона перекирається тактовим сигналом частотою 32.768 кГц від пристрою MicroClock, значення R_F може бути дуже високим і, можливо, перевищувати 10 МОм. Для 32.768 кГц рекомендується використовувати $C_S = 100$ пФ.

Подача вхідного тактового сигналу на низьковольтні логічні схеми (див. рис. 3). Це теж є оптимальним варіантом. Виберіть амплітуду, яка найближча до тієї, що необхідна для роботи логічної схеми. Такий вибір справедливий і для високих, і для низьких частот, наприклад 32.768 кГц.

Ті самі рекомендації застосовні для довжини лінії передачі і значення R_S .

Подача вхідного тактового сигналу з нижчою амплітудою на схеми з живленням 1.8 В (див. рис. 4). Сигнал

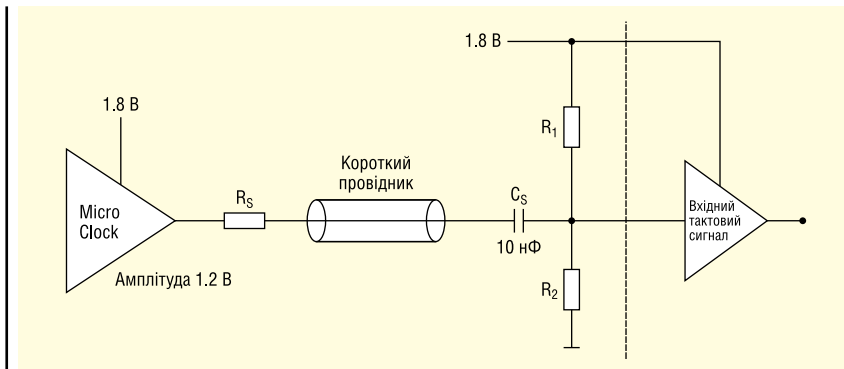


Рис. 4. Подання сигналу з низькою амплітудою на вхід КМОН за однакових V_{DD}

амплітудою 1.2 В можна подавати на вхід 1.8-В логіки, якщо розв'язати кола за постійною напругою і ввести зміщення на 0.9 В. Розмах вхідного тактового сигналу складе 17–83% від напруги живлення. Більшість входів КМОН нормально працює за розмаху сигналу 30–70%, забезпечуючи достатній «запас міцності».

Для центрування форми тактового сигналу за 50% $V_{DD} = 1.8$ В необхідно, щоб $R1 = R2$. Для 1 МГц і вищих частот тактового сигналу добре підходить значення $R1 = R2 = 100$ кОм. Не рекомендується використовувати цей метод для частоти 32.768 кГц, оскільки додатковий струм зміщення в $R1$ і $R2$ перевищить економію струму живлення на формувачі вихідних сигналів пристрою. Для частоти 32.768 кГц рекомендується використовувати схему на рисунку 3 і встановити амплітуду відповідно до вимог до вхідного тактового сигналу.

Зазначені вище рекомендації для довжини провідника і значення R_s справедливі і в цьому випадку. Спроба встановити нижчу амплітуду і додати компоненти для зміщення доцільна лише в тому випадку, якщо необхідна відносно велика довжина провідника, щоб економія енергоспоживання була значною.

Частота ГКН (генератор, керований напругою). Енергоспоживання ГКН у ФАПЧ залежить від частоти ГКН. Програмний пакет Timing Commander дає змогу розрахувати енергоспоживання для певної конфігурації та допомогти під час оптимізації конфігурації пристрою MicroClock для економії енергоспоживання. Загальне правило свідчить, що чим нижча частота ГУН, тим нижче енергоспоживання. Однак що вища частота ГКН, то кращі характеристики джиттера (тремтіння імпульсів). За наявності вимог до джиттера шукається компроміс між характеристиками тремтіння імпульсів і споживанням потужності.

ВИХІДНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Ємнісне навантаження

Вихідні лінії тактового сигналу мають паразитну ємність, а розглянутий вхід тактового сигналу — вхідну ємність. Щоб мінімізувати споживану потужність, слід мінімізувати довжину вихідної лінії тактового сигналу. Струм живлення I_{DRIVER} споживаний для збудження вихідної ємності, визначається виразом $C \cdot F \cdot V$, де C — загальна ємність, що визначається формувачем вихідного тактового сигналу; F — частота тактового сигналу; V — повний розмах амплітуди тактового сигналу.

Приклад 1. Довжина лінії тактового сигналу 20 мм з паразитною ємністю 2 пФ і вхідною ємністю тактового сигналу 3 пФ. Частота тактового сигналу становить 10 МГц, амплітуда тактового сигналу — 1.2 В. У результаті $I_{DRIVER} = 5E - 12 \cdot 10E + 6 \cdot 1.2 = 0.06$ мА.

Приклад 2. Довжина лінії сигналу 100 мм з паразитною ємністю 10 пФ і вхідною ємністю тактового сигналу 3 пФ. Частота тактового сигналу становить 50 МГц, амплітуда тактового сигналу — 1.8 В. У результаті цього $I_{DRIVER} = 13E - 12 \cdot 50E + 6 \cdot 1.8 \cdot 1.2$ мА = 1.2 мА.

У прикладі 1 — коротка лінія тактового сигналу, низька частота тактового сигналу і знижена вихідна амплітуда для мінімізації споживання струму живлення формувачем вихідних сигналів. У прикладі 2 всі три параметри погіршено, унаслідок чого отримуємо набагато вище значення струму живлення у формувачі вихідних сигналів.

Зауважимо, що під час подавання тактового сигналу на вхід, призначений для кварцового резонатора, ємність цього контакту може виявитися досить великою, якщо навантажувальна ємність кварцового генератора розташовується всередині мікросхеми (наприклад, 10–20 пФ). У разі використання зовнішніх конденсаторів між контактами кварцового генератора і землею не слід

встановлювати їх, якщо тактовий сигнал подається з пристрою MicroClock.

Передача сигналу по 50-Ом лінії.

З точки зору математики, відмінності є, але результати не суттєво відрізняються від результатів, отриманих за умови врахування ємності провідників. Теоретично, щоразу, коли тактовий імпульс переходить із низького стану у високий, формувач вихідного сигналу має створити потенціал 1.8 В на резисторі 100 Ом; при цьому струм становитиме 18 мА. (Значення 100 Ом — повний вихідний опір формувача, увімкнений послідовно з повним опором ланцюга тактового сигналу, обидва дорівнюють 50 Ом). Струм величиною 18 мА має подаватися протягом часу, який потрібен імпульсу для проходження до кінця тракту тактового сигналу та його відбиття для повернення до формувача. Щойно відбиття повертається до формувача, його струм падає до нуля.

Приклад. Коло тактового сигналу 100 мм з повним опором 50 Ом і частотою тактового сигналу 50 МГц. Імпульсу для проходження туди і назад по колу потрібно приблизно 1.14 нс. Оскільки тривалість періоду для 50 МГц становить 20 нс, середнє значення струму живлення у формувачі тактового сигналу становить $18 \text{ мА} \cdot 1.14 / 20 = 1.03$ мА.

Формула для середнього значення струму для живлення формувача тактового сигналу має такий вигляд: $I_{DRIVER} = 2t \cdot F \cdot V_{DD} / (2Z)$, де Z — повний опір кола тактового сигналу; F — частота тактового сигналу; t — час на переміщення імпульсу від формувача до кінця кола тактового сигналу. Швидкість імпульсу тактового сигналу з мікросмужковою лінією на матеріалі FR4 становить близько $1.75E + 8$ м/с. Це значення використовувалося в представленому вище прикладі.

Струм живлення формувача тактового сигналу в цьому прикладі трохи нижчий, ніж у прикладі 2 за ємнісного навантаження. Причиною цього є відсутність вхідної ємності 3 пФ цільового входу. При додаванні значення $C \cdot F \cdot V = 0.27$ мА результат дуже подібний до результату з прикладу 2.

ВИКОРИСТАННЯ РОЗШИРЕНОГО СПЕКТРА В ПРИСТРОЯХ 5L1503S I 5X1503S

Для зменшення електромагнітних завад (ЕМЗ) застосовується модуляція з розширенням спектра (див. рис. 5). При цьому в системному тактовому сигналі зменшується не тільки ЕМЗ від

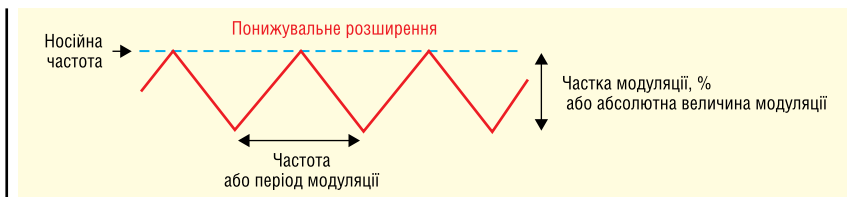


Рис. 5. Імпульси модуляції з розширенням спектра

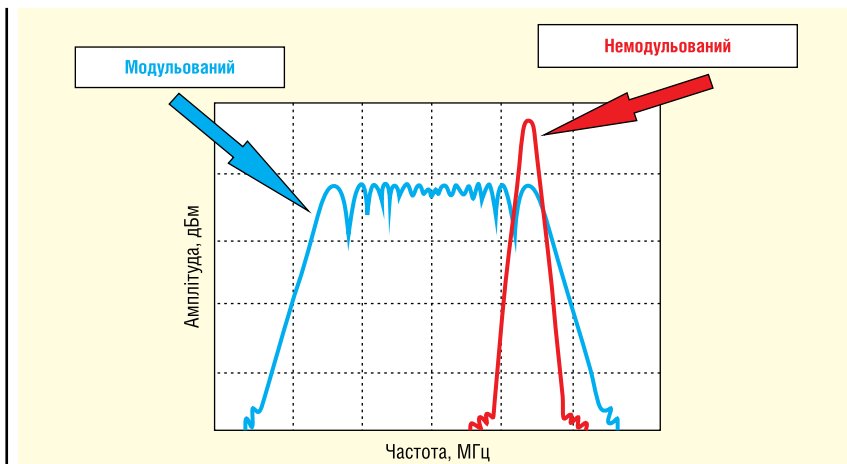


Рис. 6. Частотний спектр однієї гармоніки імпульсу тактового сигналу

самого тактового сигналу, а й ЕМЗ від усіх сигналів, утворених із цього синхросигналу. Таким чином, розширений спектр є дуже потужним інструментом зі скорочення ЕМЗ системи. Ск оритити витрати на систему можна шляхом заміни витратного екранування тактовим сигналом із розширеним спектром.

По суті, тактовий сигнал являє собою прямокутний імпульс, який складається з набору гармонік у частотному спектрі. Теоретично ідеальний прямокутний імпульс складається тільки з непарних гармонік (3-тя, 5-та, 7-та тощо), але, коли шпаруватість не становить ідеальних 50%, парні гармоніки також будуть присутніми (2-га, 4-та, 6-та тощо). Потужність у тактовому сигналі зосереджена у вузьких гармоніках, що досягають максимуму на певних рівнях. Модуляція з розширенням спектра «розширює» і потужність у гармоніках, так що їхні максимуми вже не такі високі.

Модуляція з розширенням спектра являє собою частотну модуляцію. Частота тактового сигналу змінюється вгору і вниз за допомогою трикутного модуляційного імпульсу. Величина зсуву частоти тактового сигналу вимірюється абсолютною величиною або в процентному співвідношенні. Частота трикутного модуляційного імпульсу називається швидкістю модуляції, яка зазвичай перебуває в діапазоні 30–33 кГц. Мікросхеми MicroClock використовують тільки понижувальне розширення, коли

частота менша за носійну. Це зроблено виключно для того, щоб уникнути перевищення частоти тактового сигналу над максимально допустимою для системи.

Якщо тактовий сигнал не модульований, то частотний спектр складається з вузьких гармонік, як показано червоною кривою на рисунку 6. Додаючи спектральну модуляцію, ми розширюємо пік кожної гармоніки, як показано за допомогою синьої кривої на рисунку 6. Оскільки кожен пік має певний рівень потужності, розширення піку робить його нижчим. Додавання розширеного спектра до тактового сигналу зменшує здатність цього сигналу викликати ЕМП.

Обсяг скорочення ЕМЗ залежить від частоти. Зменшення ЕМЗ помітніше для вищих гармонік тактового сигналу.

Формула для розрахунку зниження ЕМЗ має вигляд: $R = 10 \lg(PC \cdot ЧГ / 100 \text{ кГц})$, де R — зниження ЕМЗ, дБ; PC — абсолютне значення повної амплітуди розширеного спектра; $ЧГ$ — частота гармоніки тактового сигналу; 100 кГц — смуга пропускання, що використовується обладнанням для перевірки ЕМЗ.

Приклад. Тактовий сигнал із частотою 100 МГц і розширенням спектра -0.5% .

- 5-та гармоніка (500 МГц):
 $R = 10 \lg(0.005 \cdot 500 / 0.1) = 14 \text{ дБ}$ зниження ЕМЗ;
- 10-та гармоніка (1 ГГц):
 $R = 10 \lg(0.005 \cdot 1000 / 0.1) = 17 \text{ дБ}$ зниження ЕМЗ.

РАДІОМАГ
МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

www.radiomag.com.ua

СН

Рекомендації щодо формування структури шарів під час проєктування високошвидкісних плат

Закарайя Петерсон (Zachariah Peterson)

Високошвидкісні друковані плати будуть ефективно функціонувати, тільки якщо в них грамотно спроектована структура шарів. У структурі шарів мають бути правильно скомпоновані виводи живлення та виділена достатня кількість шарів для передачі сигналів. Усі обрані набори матеріалів і мідь мають відповідати об'ємам і вартості виробництва. Якщо структуру шарів грамотно спроектовано, тоді значно спрощується маршрутизація із забезпеченням цілісності сигналу, і це усуває або запобігає виникненню багатьох менш складних проблем, пов'язаних з електромагнітними завадами та електромагнітною сумісністю. Щоб допомогти розробникам швидше проєктувати високошвидкісні друковані плати, ми зібрали в цій статті важливу інформацію щодо високошвидкісних структур різних класів.

СТРУКТУРИ З МАЛОЮ КІЛЬКІСТЮ ШАРІВ

Прості високошвидкісні друковані плати починаються з 4-шарових структур. Я твердо переконаний, що 2-шарові плати не слід використовувати для підтримки високошвидкісних цифрових інтерфейсів, що керуються повним опором, оскільки вони не можуть забез-

печити цілісність сигналу і контроль шумів. Будь-який проєктувальник підтвердить ці слова.

Три основні типи 4-шарових структур друкованих плат, які здатні підтримувати високошвидкісні сигнали, показані на рисунку 1. Мабуть, найкращий із них — це варіант 1, оскільки він забезпечує максимальну гнучкість під час маршрутизації і може бути використаний алгоритм як для

двошарової друкованої плати. Варіант 2 також можна використовувати для двошарового розміщення сигнальних шарів, але він обмежує область маршрутизації сигналів, оскільки у внутрішньому шарі можуть виникати перехресні завади. Варіант 3 підходить у ситуаціях, коли висуваються високі вимоги до потужності, але високошвидкісні сигнали можна маршрутизувати тільки на одному шарі, а пасивні та механічні на іншому.

Коли потрібна більша кількість сигналів, наприклад розміщення низькошвидкісних сигналів у внутрішньому шарі, наступним кроком буде додавання необхідної кількості шарів до варіанта 1. Воно почнеться з 6-шарової структури, у якій виділений шар живлення та шар сигналу додаються до структури шарів, показаної вище у варіанті 1. Ця структура шарів має такі переваги:

- поверхневі шари добре підходять для високошвидкісних інтерфейсів з контрольованим опором;
- внутрішні шари можуть підтримувати найповільніші інтерфейси або сигнали керування;
- шар живлення можна розбити на кілька великих шин або полігонів для підтримки різних рівнів напруги на окремих частинах друкованої плати.

Цей самий підхід може бути використаний для надбудовування структури до 8-ми та більше шарів з високошвидкісними сигналами.

НЕВЕЛИКА КІЛЬКІСТЬ ШАРІВ

Уякийсь момент загальна товщина структури шарів друкованої плати може перевищити стандартне значення [1]. В аспекті виробництва це не проблема: стандартні технології пресування дають змогу обробляти плати, товщина

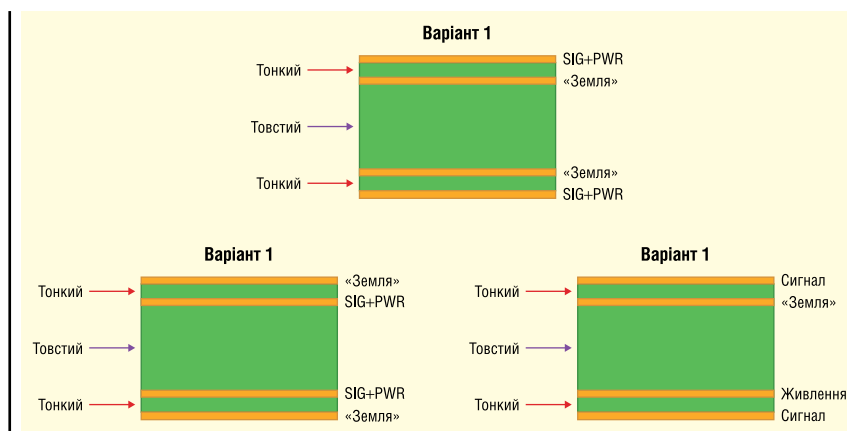


Рис. 1. Основні типи 4-шарових структур друкованих плат, що підтримують високошвидкісну маршрутизацію

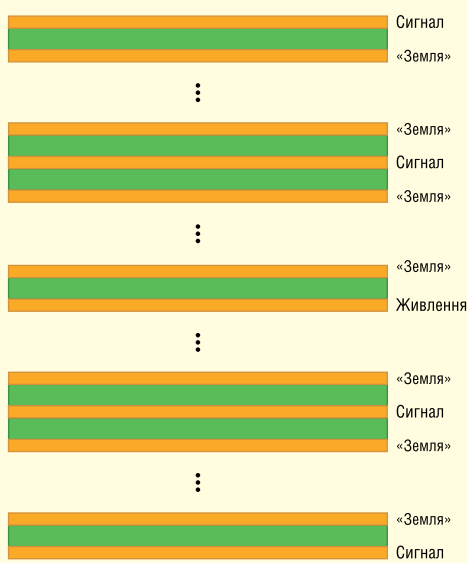


Рис. 2. Стратегія групування шарів у разі зростання кількості шарів

яких перевищує стандартне значення і може сягати кількох міліметрів. Якщо друкована плата має бути тонкою, знадобляться тонші шари. Для них можна використовувати посилені ламінації на основі ПТФЕ (мова про них піде нижче) або відразу переходити на технологію HDI (високої щільності трасування).

У платах із середньою кількістю шарів (понад 8 або близько того), як правило, є кілька площинних шарів, виділених для живлення, а також додаткові сигнальні шари. Для плат із середньою кількістю шарів існує кілька простих рекомендацій, які допоможуть придушити електромагнітні завади і забезпечити цілісність живлення:

- Допускається розділяти площину живлення на кілька шин, за умови, що до цього плоского шару не прив'язані сигнали.
- За наявності декількох шарів живлення не розміщуйте їх поряд. Використовуйте для їхнього розділення шар «землі».
- Розміщуйте швидкісні сигнали на внутрішні шари між двома шарами «землі». Не використовуйте жодних розгалужень, щоб з'єднати їх із шарами живлення.
- Використовуйте поверхневі шари тільки для швидкісних мікросмужкових ліній, для розведення живлення, якщо це необхідно, і, також, за необхідності, для заливки полігоном «землі» [2].

При виконанні цих рекомендацій може знадобитися додати пару додаткових шарів (рис. 2). Це значно підвищить рівень контролю шумів, цілісності живлення і цілісності сигналу.

РОЗШИРЕНІ СТРУКТУРИ ШАРІВ

Концепція «розширення» в контексті проєктування високошвидкісних друкованих плат може означати багато речей. У високошвидкісних цифрових проєктних рішеннях вона може мати різні значення у розрізі вибору та компонування шарів:

- тонкі шари для підтримки маршрутизації з HDI;
- велика кількість шарів, внаслідок якої необхідно використовувати тонкі шари;
- маршрутизація на BGA з малим кроком у декількох шарах (але не обов'язково з HDI).

Інакше кажучи, можуть бути присутніми дуже тонкі (наприклад, товщиною 4 міл) шари передавання сигналу зі склоар-

мованим FR4 і невеликою кількістю шарів або дуже велика кількість шарів, через що потрібно використовувати тонкі шари і, можливо, альтернативні матеріали.

Під час проєктування високошвидкісних шарів для таких друкованих плат особливу увагу потрібно приділити необхідній розмірності та технологічності виготовлення компонентів, а не тільки значенням D_k і D_f для структури шарів. У низці ситуацій на сигнальних шарах необхідний ламінат із низькими значеннями D_k і D_f , але не тільки через зниження втрат. У таких проєктних рішеннях насамперед важливі технологічність виготовлення і цілісність сигналу.

Тонкі ламінати можуть допомогти розв'язати багато проблем у високошвидкісних структурах з великою кількістю шарів і/або тонкими сигнальними шарами. Сьогодні основний варіант для тонких плат, що дає змогу не переходити на найпродвинутіші варіанти оброблення або на HDI, — це посилені ламінати на основі ПТФЕ, товщина яких може бути меншою за 4 міл.

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

Інші важливі аспекти проєктування структури шарів для високошвидкісних друкованих плат — це цілісність живлення і цілісність сигналу. За дуже малого кроку в BGA і дуже тонких шарах також може виникнути необхідність переходу на HDI. Дізнатися більше про ці важливі аспекти проєктування друкованих плат можна в [3–6].

Використовуйте для вибору матеріалів і розрахунку опору під час проєктування високошвидкісних друкованих плат повний набір інструментів проєктування, доступний в *Altium Designer*[®] [7]. Коли проєктування буде завершено, а дані готові для передачі на виробництво, платформа Altium 365™ [8] допоможе налагодити спільну роботу користувачів і доступ до проєктів.

Ми лише поверхово розглянули деякі можливості Altium Designer на Altium 365. Почніть використання безкоштовної пробної версії Altium Designer + Altium 365 вже сьогодні [9].

ТОВ «Софтпром Солюшинз» — дистриб'ютор компанії Altium в Україні:
e-mail: altium@softprom.com,
<https://softprom.com/ua/vendor/altium>

Література:

1. <https://resources.altium.com/p/standard-board-thickness-and-your-layer-stack>
2. <https://resources.altium.com/p/copper-pour-and-stitching-do-you-need-them-pcb-layout>
3. 11 матеріалів з HDI, які необхідно знати. <https://resources.altium.com/p/11-hdi-materials-you-need-know>
4. Проєктування структури шарів 2+N+2 для друкованих плат HDI. <https://resources.altium.com/p/2n2-pcb-stackup-design-hdi-boards>
5. Електронна книга: Посібник з моделювання та аналізу мереж подачі живлення. <https://resources.altium.com/p/pdn-simulation-and-analysis-guide>
6. Вплив структури шарів на цілісність сигналу. <https://resources.altium.com/p/impact-stackup-design-signal-integrity>
7. <https://www.altium.com/altium-designer>
8. <https://www.altium.com/altium-365>
9. <https://www.altium.com/altium-designer/free-trial>

AAEON UP 7000 – потужна альтернатива x86 для Raspberry Pi 4 SBC із процесором Intel N50/N97/N100

На ринку «одноплатників» з'явилося досить цікаве поповнення. Компанія AAEON випустила потужний одноплатний комп'ютер, який отримав назву UP 7000 (рис. 1). Архітектура процесора — x86, а не ARM, і там не просто процесор, а сучасний чип Alder Lake. Система вийшла вельми продуктивною для своїх розмірів, а розміри, до речі, практично точно такі самі, як у «малинки», згаданої в заголовку.

ЩО ЦЕ ЗА «ОДНОПЛАТНИК» ТАКИЙ?

З а словами тих, хто зміг ознайомитися з системою, це конкурент Raspberry Pi 4 Model B, причому «малинка» сильно програє новому «одноплатнику». Поки що Raspberry Pi Foundation нічого протиставити UP 7000, оскільки старі моделі поступаються в продуктивності, а нових ще немає — той же Raspberry Pi 5 поки що лише в планах.

UP 7000 — наступне покоління UP 4000, моделі, яка з'явилася минуло-

го року. Попередник отримав досить сильно застарілі процесори — на вибір можна було отримати систему з Celeron N3350, Pentium N4200 або Atom x7-E3950.

Новинка пропонує теж три процесори, але вже більш сучасні. Це Intel N97, N100 або N50. Що стосується ОЗП, то це LPDDR5. Система вийшла не досить дешевою, але кому потрібно — той оцінить усі переваги і заплатити потрібну ціну.

Характеристики UP 7000:

- процесор Alder Lake-N SoC:

- двоядерний Intel N50 із частотою роботи ядра 3.4 ГГц, кешем 6 МБ, графікою 16EU Intel UHD Graphics Gen 12 @ 750 МГц, TDP: 6 Вт;
- чотириядерний Intel Processor N97 із частотою роботи ядра аж до 3.6 ГГц із кешем 6 МБ, графікою 24EU Intel UHD Gen 12 @ 1.2 ГГц, TDP: 12 Вт;
- чотириядерний Intel Processor N100 з частотою роботи ядра 3.4 ГГц (Turbo) з кешем 6 МБ, графікою 24EU Intel HD @ 750 МГц, TDP: 6 Вт;
- ОЗП: аж до 8 ГБ LPDDR5;
- внутрішня пам'ять — аж до 64 ГБ eMMC flash;
- відеовихід — HDMI 1.4b, до 4Кр30;
- мережа — Gigabit Ethernet RJ45 порти, контролер Realtek RTL8111H-CG;
- USB порти: 3x USB 3.2 Gen 2 Type-A, 2x USB 2.0 on 10-pin header;

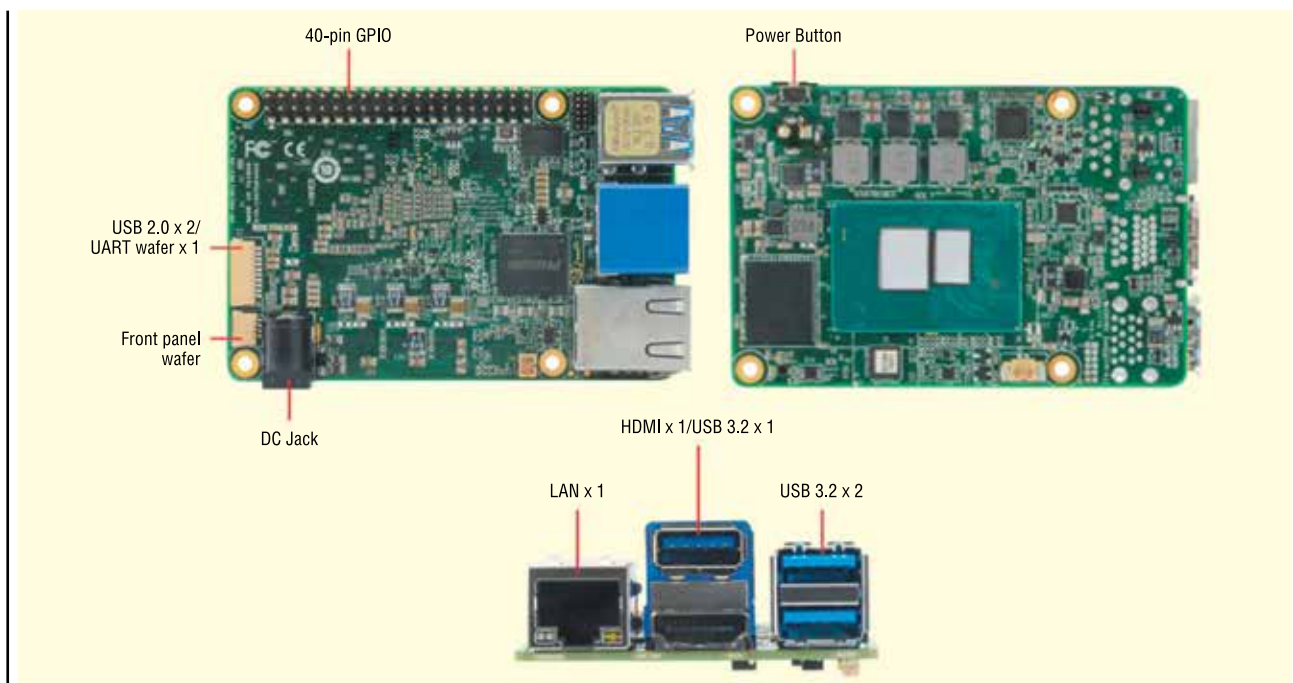


Рис. 1. Одноплатний комп'ютер AAEON UP 7000

- розширення: 40-піновий Raspberry Pi-сумісний GPIO, Altera Max V FPGA, плюс 10-піновий роз'єм із 2x USB 2.0, 1x UART;
- безпека: TPM 2.0;
- живлення: 12 В, 5 А;
- споживання: 30–36 Вт.

ДЕТАЛЬНІШЕ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ UP 7000

Що стосується процесорів, які можна вибрати, то всі вони — чипи Intel N-серії. Архітектура — Gracemont, випускаються чипи за 10-нм техпроцесом Intel 7. Процесори не особливо потужні, якщо розглядати їх як базу для ноутбука, наприклад. Але для «одноплатника» це досить відчутний приріст у продуктивності.

Процесори були показані на початку 2023 року практично одночасно. Intel N97 — це чотириядерний процесор без Hyper Threading. Частота роботи ядра, як і говорилося вище — до 3.6 ГГц, плюс кеш третього рівня 6 МБ.

Його «молодший брат» — N50, з двома ядрами, тактовою частотою — до 3.4 ГГц, і кешем L3 — 6 МБ.

Ну а N100 — старший представник лінійки, трохи покращена версія N97.

Що стосується портів і роз'ємів, то одноплатник отримав відразу три порти USB 3.2 Gen 2. Є і підтримка USB 2.0, для чого передбачені пін-конектори (рис. 1). Якщо комусь потрібен цей стандарт, то він підтримується, проблеми немає.

На жаль, бездротового модуля Wi-Fi немає, але з трьома портами USB 3.2 це не проблема. Але зате є гігабітний Ethernet на контролері Realtek RTL8111H-CG.

Що стосується виведення відеосигналу, то є підтримка монітора 4K. При цьому якщо буде потрібно додаткове активне охолодження пристрою (за замовчуванням — пасивне), то його можна додати завдяки наявності 2-пінового контакту з напругою 12 В.

Габарити пристрою становлять всього 8×56 мм (рис. 2). Важить він близько 150 грамів.

Що стосується підтримуваних ОС, то це Windows 10 IoT Enterprise LTSC 2021, Ubuntu 22.04 LTS з Linux 5.15 і Yocto 4.0 для UP 7000.

А ЩО СТОСОВНО UP 4000?

Якщо не потрібен настільки продуктивний «одноплатник», то є вже зга-



Рис. 2. Зовнішній вигляд ААЕОН UP 7000

дуваний вище його молодший брат, UP 4000. Вартість пристрою менша вартості UP 7000 (десь приблизно в півтора рази). У продажу він з'явився в серпні 2022 року.

Розмір «одноплатника» — не більший за розмір кредитки. Це, фактично, повноцінний ПК, який може працювати як простеньке офісне рішення. Ну або служити базою для крутого проекту.

Максимальна комплектація цього девайса — 8 ГБ ОЗП і 64 ГБ внутрішньої пам'яті. Процесори теж можуть бути різні:

- Intel Celeron N3350 з графікою Intel HD 500;
- Intel Pentium N4200 з графікою Intel HD 505;
- Intel Atom x7-E3950 із графікою Intel HD 505.

Чипи базуються на Apollo Lake архітектурі, яка вперше була запропонована в 2016 році для розробки недорогих і енергоефективних процесорів.

Порти та роз'єми:

- 1x USB 3.2 Gen 1 Type-C (з підтримкою DisplayPort 1.2);
- 3x USB 3.2 Gen 1 Type-A;
- 2x USB 2.0 Type-A;
- 1x HDMI 1.4b;
- 1x Gigabit Ethernet.

У девайса є і 40-піновий GPIO, плюс роз'єми для аудіо. Можливості плати можна розширювати за допомогою додаткових пристроїв. Наприклад, модуль з конектором для SSD, роз'ємом для SIM та інші.

Додаткову інформацію щодо продукції компанії ААЕОН можна отримати у її офіційного дистриб'ютора в Україні — Мікродіс Електронікс ГмбХ:

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

НАЙМЕНШИЙ ОДНОРЕЖИМНИЙ IOT-МОДУЛЬ LTE CAT 1BIS

Компанія **u-blox** оголосила про випуск LEXI-R10, надмалого модуля LTE Cat 1bis IoT у форм-факторі 16×16 мм. Модуль ідеально адаптується до конструкцій з високими вимогами до розміру, що робить його ідеальним для таких випадків використання, як відстеження вантажів і післяпродажна телематика.

Тричі менший за u-blox LENA-R8 (256 проти 810 мм²), LEXI-R10 є відповіддю на потребу ринку в надмалих модулях LTE Cat 1bis і є ідеальним кандидатом для застосувань, що вимагають підключення Cat 1bis без функцій резервування або позиціонування 2G. Він був розроблений як одnoreжимний LTE-модуль. Проте LENA-R8 залишається надійним варіантом для застосувань, які потребують резервного зв'язку 2G і позиціонування за допомогою вбудованої GNSS-платформи u-blox M10.

Стандарт LTE Cat 1bis був вперше представлений в 3GPP Rel 13 у 2016 році, але лише нещодавно привернув увагу ринку у світлі запланованого або вже здійсненого заходу сонця технології стільникового зв'язку 2G у багатьох регіонах. LTE Cat 1bis доступний у мережах LTE по всьому світу, але при цьому є більш доступним за ціною, ніж LTE з вищою швидкістю передачі даних.

Модуль LEXI-R10 є найменшим одnoreжимним модулем, що забезпечує позиціонування в приміщенні та має ядро, сертифіковане американським оператором зв'язку. Модуль також пропонує функцію Wi-Fi Radio для сканування доступних точок доступу Wi-Fi. Ця інформація може бути використана для позиціонування пристроїв за допомогою сервісів на основі визначення розташування, таких як u-blox CellLocate Wi-Fi.

«u-blox LEXI-R10 — це правильний вибір, коли на дизайн впливають обмеження за розміром. Наприклад, LEXI-R10 ідеально адаптується до вимог трекерів для домашніх тварин та персональних трекерів. Його зручний розмір дозволяє дизайнерам досліджувати налаштування, які досі були немислимі», — говорить Самуеле Фалькомер, старший менеджер продуктової лінійки, Центр стільникового зв'язку, u-blox.

www.u-blox.com

Запитання й відповіді щодо систем накопичення енергії

На багато запитань щодо систем накопичення енергії можна легко відповісти одразу. Для цього просто ознайомтесь з відповідями Phoenix Contact на поширені запитання.

Чому технологія накопичення енергії має таке велике значення?

Системи накопичення енергії (рис. 1) використовуються в багатьох областях, наприклад, для забезпечення електроживлення у разі відмов у мережі. Системи накопичення енергії мають важливу роль в енергетичній трансформації, особливо зі збільшенням використання відновлюваної енергії. Усе тому, що відновлювана енергія не завжди доступна саме тоді, коли в ній є потреба. Між попитом та пропозицією електричної енергії часто існує часове зміщення. Системи накопичення енергії можуть компенсувати це зміщення, зберігаючи надлишковий струм від сонячної та вітрової енергії. Коли попит на енергію з мережі перевищує пропозицію, системи накопичення енергії роблять цю електроенергію знову доступною.

Чи становлять акумуляторні системи накопичення енергії якусь значну небезпеку?

Незважаючи на періодичні повідомлення про пожежі або інші нещасні випадки, пов'язані з акумуляторними системами накопичення енергії, на це запитання можна відповісти негативно. Виробники виготовляють сучасні акумуляторні системи накопичення енергії відповідно до чинних директив і стандартів, а роботи з монтажу та введення

в експлуатацію виконують кваліфіковані фахівці. Однак акумуляторні системи накопичення енергії одночасно є пристроями чи системами з дуже високою енергоємністю. У разі несанкціонованого втручання, навмисного руйнування або ігнорування заходів і засобів безпеки можуть виникнути досить небезпечні ситуації. Проте виробники самі беруть до уваги такі сценарії під час аналізу режимів відмов і впливів.

Чи потрібне технічне обслуговування акумуляторних систем накопичення енергії?

Як і більшість технічних пристроїв і систем, акумуляторні системи накопичення енергії також необхідно регулярно перевіряти та обслуговувати. Залежно від засобів накопичення, що використовуються, це обслуговування може бути зведене до візуального огляду, перевірки герметичності гвинтових з'єднань тощо — як-от для поширених літій-іонних акумуляторних батарей. Однак в інших системах обсяги можуть бути більшими, наприклад, у свинцево-кислотних акумуляторних батареях, де необхідно регулярно перевіряти та поповнювати електроліт.

Чи можна підключати штекери для клем батарей в будь-якому положенні?

Штекери для клем батарей компанії Phoenix Contact можна вставляти й виймати в будь-якому положенні. Крім того, у підключеному стані вони можуть обертатися на 360°. Це суттєво спрощує монтаж і технічне обслуговування. До того ж підвищується гнучкість під час проектування системи.

Чи можливо переплутати «+» та «-» штекера для клем батарей?

Ненавмисне переплутування полярності підключення акумуляторної батареї може призвести до величезних



Рис. 2. З'єднувачі для пристроїв накопичення енергії

збитків, а в найгіршому разі — створити небезпеку для життя та здоров'я. Саме тому штекери для клем батарей Phoenix Contact мають кольорове та механічне кодування. Плюс підходить лише до плюса, а мінус — лише до мінуса. Крім того, гарантовано неможливість короткого замикання двох полюсів. Це пов'язано з тим, що високий вміст енергії в батареї може призвести до розплавлення провідників у разі несправності та, ймовірно, до пожежі в системі (рис. 2).

Чому саме Phoenix Contact правильний партнер?

- Ми підтримуємо вас на шляху до світу без викидів CO₂ завдяки провідним рішенням для поєднання секторів.
- Реалізуйте свої індивідуальні контактні рішення для зберігання акумуляторів та застосувань Power-to-X.
- Довіртеся надійним технологіям з'єднання для безпечного та компактного підключення вашого пристрою накопичення енергії.
- Визначте потенціал оптимізації за допомогою компетентних консультацій наших експертів щодо застосувань пристроїв накопичення енергії.

Дізнайтесь про відповідну електроніку та корпуси для пристроїв накопичення енергії та знайти технології з'єднання, що відповідають вашим вимогам можна тут: https://phoe.co/energy_storage_CN brochure



Рис. 1. Великий накопичувач



Empowering the All Electric Society

Акумуляторні системи відіграють вирішальну роль у забезпеченні поєднання секторів та енергетичного переходу. У своїх рішеннях для накопичення енергії ви можете покластися на інноваційні технології компанії Phoenix Contact — від технології з'єднання для невеликих домашніх накопичувачів до керування подачею живлення для великих накопичувачів електроенергії, що підтримують мережу,

Детальніше:

ТОВ "Фенікс Контакт"

<https://phoe.co/nakopychennya-enerhiyi>

 **PHOENIX
CONTACT**

INSPIRING INNOVATIONS

Наземна станція керування БПЛА віг Winmate

В цій статті мова піде про сучасну наземну станцію керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) виробництва компанії Winmate. Вона виділяється своїми винятковими функціями та можливостями серед багатьох виробників на цьому ринку.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА, Unmanned aerial vehicle, UAV) зробили революцію в різних галузях, запропонувавши нові перспективи та нескінченні можливості їх використання:

- сільське господарство;
- громадська безпека;
- пошукові та рятувальні роботи;
- доставка;
- будівництво та інспекція (контроль);
- моніторинг навколишнього середовища;
- військова справа та засоби спостереження.

Деякі приклади застосування БПЛА наведено на рисунку 1.

Для забезпечення успішної роботи безпілотників (дронів) вирішальне значення має надійна та ефективна наземна станція керування (Ground Control Station, GCS). Серед багатьох виробників на цьому ринку наземна станція керування БПЛА виробництва компанії

Winate виділяється своїми винятковими функціями та можливостями (рис. 2). Вона забезпечує пілотам дронів надійний та інтуїтивно зрозумілий контроль над їхніми безпілотними літальними апаратами.

«Winate прагне забезпечити наших клієнтів новітніми технологіями та передовими функціями для керування безпілотниками, — сказав Кен Лу, генеральний директор Winmate. — Із запуском нашої нової наземної станції управління БПЛА ми пропонуємо потужне і налаштоване рішення, яке відповідає потребам пілотів дронів у широкому діапазоні застосувань».

У цій статті ми дослідимо, чому GCS від Winmate є найкращим вибором для пілотів дронів.

ВСТУП

Наземна станція керування БПЛА Winmate може похвалитися низкою



Рис. 2. Впроваджені технології наземної станції

дивовижних функцій, включаючи 8-дюймовий і 10.1-дюймовий мультисенсорні дисплеї, які працюють на різних процесорах Intel, таких як Core i3/i5/i7, Pentium і ARM. Оснащена двома антенами, наземна станція керування пропонує покращений бездротовий зв'язок, підтримуючи різні бездротові модулі, які забезпечують гнучкість з точки зору протоколів зв'язку та частот.

Крім того, наземна станція керування включає модель SUITCASE, яка працює на базі процесорів Intel Alder Lake і доступна в конфігураціях Core i3/i5/i7 з 15.6-дюймовим мультисенсорним дисплеєм (рис. 3). Завдяки подвійним антенам, підтримці різних бездротових модулів та двом знімним акумуляторам для збільшення часу роботи, модель SUITCASE пропонує ще більше універсальності та потужності для роботи з БПЛА.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАЗЕМНОЇ СТАНЦІЇ КЕРУВАННЯ БПЛА

Програмний відео декодер із низькою затримкою

Наземна станція керування БПЛА Winmate з можливістю перегляду відео у високій роздільній здатності в режимі реального часу є важливим інструментом для будь-якого пілота. Вона забезпечує безперебійний і захоплюючий перегляд, дозволяючи пілотам керувати своїми БПЛА з точністю і впевнені-



Рис. 1. Приклади застосування БПЛА

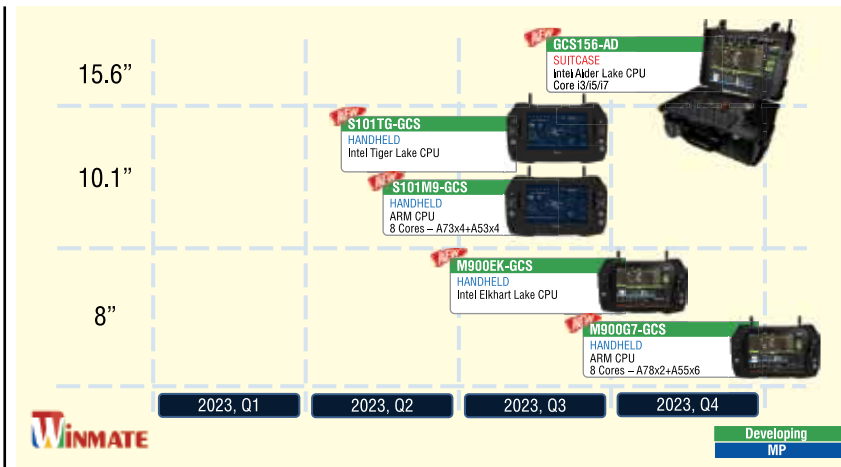


Рис. 3. Лінійка продуктів наземної станції керування БПЛА Winmate



Рис. 4. Використання наземної станції керування БПЛА в польових умовах, незалежно від погодних умов та рельєфу місцевості

стю, а також знімати приголомшливі кадри з повітря.

Розширена надійність

Поєднання всепогодної, пило- та водонепроникної конструкції (IP65) і стійкості до падінь, ударів і вібрацій за стандартом MIL робить цю наземну станцію керування БПЛА надійним і довговічним варіантом для будь-якого ентузіаста (рис. 4). Завдяки цим функціям ви можете впевнено використовувати наземну

станцію керування БПЛА в польових умовах, незалежно від погодних умов та рельєфу місцевості.

Бездротовий зв'язок

Наземна станція керування БПЛА з підтримкою опціонального підключення Wi-Fi, Bluetooth та 4G/5G — це потужний та зручний інструмент для ентузіастів БПЛА (рис. 5). Завдяки її універсальності та можливостям підключення, користувачі можуть насолоджуватися перевагами відеотрансляцій в реальному часі, дистанційного керування та доступу до Інтернету під час польоту свого БПЛА.

Захищено та зашифровано

Додатковий твердотільний накопичувач OPAL можна додати для подальшого підвищення безпеки комп'ютерної системи. OPAL розшифровується як «Opalite» і є стандартом для жорстких дисків із самошифруванням. Твердотільний накопичувач OPAL гарантує, що всі дані на диску зашифровані, і доступ до них можна отримати лише за допо-

могою правильних облікових даних для автентифікації. Це гарантує, що навіть у разі крадіжки або втрати накопичувача дані, що зберігаються на ньому, залишаться в безпеці і не будуть доступні несанкціонованим користувачам.

Вбудована мікросхема TPM і твердотільний накопичувач OPAL можуть забезпечити високий рівень безпеки комп'ютерної системи, захищаючи від витоку даних та інших загроз (рис. 6). Це особливо важливо для підприємств, які працюють з конфіденційними даними, оскільки будь-яке порушення безпеки може призвести до значних фінансових втрат і шкоди репутації.

Канал передачі даних МІМО

Наземна станція керування БПЛА оснащена двома антенами (рис. 7), що забезпечують покращене бездротове з'єднання та (його) стабільність.

Тривалий час автономної роботи

Наземна станція керування БПЛА Winmate зі знімною другою батареєю (рис. 7) та часом автономної роботи понад 10 годин — це обов'язковий інструмент для серйозних пілотів БПЛА. Завдяки своїй винятковій надійності та зручності, цей тип контролера (пульта) забезпечує чудовий досвід польоту, дозволяючи пілотам зосере-

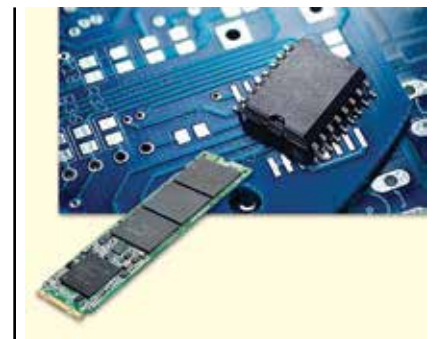


Рис. 6. Вбудована мікросхема TPM для захисту конфіденційних даних



Рис. 5. Можливості бездротового зв'язку



Рис. 7. Дві антени та знімна друга батарея



Рис. 8. Приклад змінних компонентів

дитися на зйомці приголомшливих повітряних кадрів, не турбуючись про обмеження потужності.

Конфігуровані опції керування

Наявність конфігурованих джойстиків, перемикачів та кнопок (рис. 8).

Модульна конструкція не тільки забезпечує більший контроль і гнучкість, але й полегшує ремонт або заміну компонентів у разі потреби. Це означає, що пілоти можуть легко замінити несправні або пошкоджені модулі замість того, щоб замінювати весь пульт.

Підтримка різних бездротових модулів

Для наземної станції керування БПЛА Winmate доступно багато різних каналів передачі даних. Можливі діапазони до 50 км (залежно від модуля, нормативних вимог та конфігурації) (рис. 9).

Для більшої наглядності на рисунку 10 представлено опис елементів портативної наземної станції керування: у фронтальному форм-факторі (а); у боковому форм-факторі (б); у форм-факторі «задня панель» (в). А на рисунку 11 — опис елементів наземної станції керування у вигляді валізи (модель SUITCASE). **CN**

За додатковою інформацією та щодо придбання звертайтеся в офіс Компанії SEA:

тел.: (044) 330-00-88,

e-mail: info@sea.com.ua

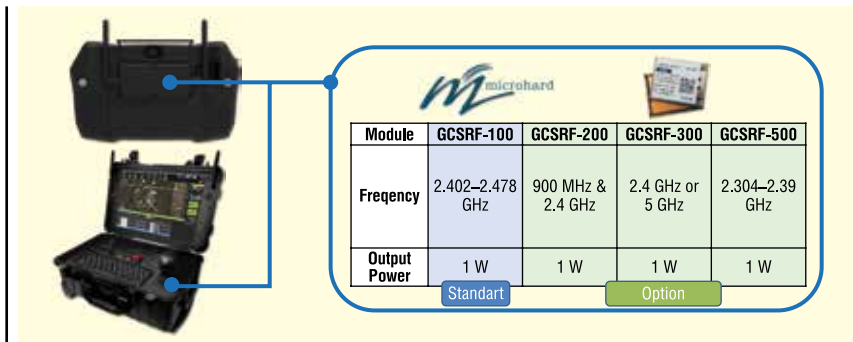


Рис. 9. Характеристики можливих робочих частот



Рис. 10. Опис елементів портативної станції керування



Рис. 11. Опис елементів наземної станції керування

Оптимальний вибір антени для GNSS-приймача

Алекс Нгі (Alex Ngi), продакт-менеджер з промислової навігації, позиціонування та робототехніки в продуктовому центрі, u-blox

У статті йде про те, як знайти найкращу комбінацію GNSS-антени та приймача для покращення GNSS-рішення.

Спортивні автомобілі досягають максимальної швидкості, коли конструктори модифікують певні компоненти, такі як спойлери, сплітери та дифузори, щоб покращити аеродинаміку. Так само інженери-конструктори, які розробляють рішення GNSS (глобальної навігаційної супутникової системи) з вбудованими приймачами, можуть модифікувати кілька елементів, щоб максимізувати функціональність, одним з яких є антена.

Анени GNSS мають вирішальний вплив на продуктивність виробу, оснащеного вбудованим GNSS-приймачем. Дизайнери повинні враховувати такі характеристики, як форма, розмір, вага і пристосованість до конкретних потреб. Вони також повинні враховувати компоненти тракту радіочастотного сигналу, які мають вирішальне значення для ефективності системи.

ВИСОКОТОЧНІ GNSS-АНТЕНИ МАЮТЬ ВИРІШАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ

Антену GNSS має вирішальне значення для приймання сигналу в цілому і, що більш важливо, для досягнення сантиметрової точності, тобто високоточної GNSS. Тут в гру вступають кілька факторів, включаючи робочий рівень сигналу GNSS (приблизно від -130 до -167 дБм), діаграму спрямованості, коефіцієнт підсилення, поляризацію і узгодження імпедансу з системою передачі або приймання, який в ідеалі повинен становити 50Ω на частотах GNSS.

Звичайно, конструкторам потрібно налаштувати антени в залежності від потреб кінцевого рішення. В автомобільному секторі аеродинаміка антени

має першочергове значення. У випадку з електросамокатом необхідно адаптувати антену відповідно до дизайну пристрою, завжди враховуючи найбільш прийнятний спосіб її кріплення. Антена БПЛА (безпілотного літального апарату) повинна бути легкою, оскільки існують чітко визначені класифікації БПЛА, що базуються на вазі та її впливі на тривалість польоту. З іншого боку, точність є більш важливою, ніж вага, для завдань геодезії.

Окрім цих загальних міркувань, існують і більш специфічні, які залежать від конкретного випадку. Наприклад, антена може знадобитися для відсікання багатопроменевих сигналів або сигналів біля горизонту. Двома іншими загальними вимогами до антени можуть бути: зменшення рівня внутрішньосмугових завад від розташованої поблизу високошвидкісної цифрової електроніки [1] та фільтрація специфічних завад від сусідніх або навіть розташованих поруч радіостанцій.

Крім того, оскільки GNSS-приймачі можуть бути сумісними з багатьма антенами, для вибору серед безлічі продуктів, представлених на ринку, необхідно враховувати деякі основні критерії. Приймачі GNSS підвищують продуктивність у парі з антенами, які мають такі ключові характеристики:

- підтримка того ж самого «сузір'я» супутників, що підтримує приймач, щоб забезпечити сумісність між частотами, що передаються, і тими, для яких були розроблені антена і приймач;
- варіації фазового центру в ідеалі повинні становити <10 мм за висотою/азимутом;
- ефективність випромінювання елементів антени повинна бути вище

40%. В іншому випадку активний LNA (малощумний підсилювач) повинен мати низький коефіцієнт підсилення (включаючи втрати в кабелі), щоб шум каскадної антени і системи приймача не перевищував 3 дБ;

- малощумний дизайн для підтримки високого співвідношення сигнал/шум і, таким чином, покращення якості сигналу та підвищення точності позиціонування і навігаційних розрахунків;
- широка смуга пропускання, що дозволяє приймати сигнали на різних частотах, пригнічуючи при цьому завади з навколишнього середовища;
- компактний і малогабаритний дизайн для безперешкодної інтеграції в пристрій та додатки з обмеженим простором;
- можливість адаптації для вбудовуваних антен для усунення механічних обмежень і досягнення цільових показників продуктивності.

Окрім характеристик антени, успіх проекту залежить від взаємодії між GNSS-приймачами та постачальниками антен. Щоб система GNSS працювала належним чином, важливо оцінити все рішення в цілому. Тому постачальники антен повинні мати доступ до дорожньої карти, зразків і специфікацій GNSS-приймача на відповідному етапі.

Чим раніше розпочнеться ця взаємодія, тим більше у постачальників антен буде можливостей перевірити загальну продуктивність. Завдяки цьому замовники можуть розробляти різні базові конструкції для різних застосувань. Крім того, перевірені конструкції скорочують час виходу на ринок, оскільки вимагають меншої кількості ітерацій. Це в кінцевому підсумку принесе вигоду клієнтам.

Беручи до уваги попередні аспекти, розглянемо деякі з найнадійніших брендів GNSS-антен і ключові особливості конкретних моделей.



Рис. 1. Антена Maxtena M9HCT-A-SMA



Рис. 2. Антена Taoglas MagmaX2 AA.200.151111

Maxtena. Однією з ключових переваг цих антен є їхня здатність приймати GNSS-сигнали в різних напрямках, на відміну від блокових керамічних антен. Ця особливість виявляється дуже корисною, коли пристрій, що містить антену, слугує для декількох випадків використання або застосувань і не може постійно спрямовувати її в небо. Спиральна конструкція (Helix) є особливо вигідною, оскільки вона усуває необхідність у заземленні антени.

Експериментальні випробування антени M9HCT-A-SMA (рис. 1) в поєднанні з модулем u-blox NEO-F9P-15 [4] показали відмінні результати позиціонування. При вазі всього 6 і 24 г (вбудована і корпусна версії, відповідно) антена досягла 0.02436 м 2DRMS в умовах ясного неба. Ще один результат, про який варто

згадати, стосується TTFF (час до першої фіксації, time to first fix). Для цієї комбінації результат склав 36.67 с. Нарешті, антена з варіацією фазового центру в 1 см досягла точності розмірів 1.4 см.

Taoglas. Компанія Taoglas пропонує широкий асортимент високопродуктивних антен з понад 600 варіантами у різних корпусних форматах, діапазонах (подвійні, повні та одинарні), механічних типах, із різними роз'ємами, довжиною та шириною. Простий у використанні вибір продукту [2] полегшує клієнтам пошук оптимальної антени. Разом з налагоджувальною платою u-blox XPLR-HPG-2 [3] вони інтегрують високоточні GNSS-антени та антени L-діапазону.

Taoglas визнає важливість правильного проектування та інтеграції антен. Проводячи польові випробування своїх конструкцій GNSS-антен, Taoglas перевіряє їх за допомогою модулів позиціонування. Для моделювання реальних умов застосування компанія використовує шестигодинний статичний тест на даху в умовах відкритого неба.

MagmaX2 AA.200.151111 (рис. 2) — це активна GNSS антена з магнітним кріпленням у закритому корпусі. Вона підтримує більшість супутникових «суперітів», включаючи GPS (L1/L2/L5). Досягнення чудового співвідношення сигнал/шум (C/N0) і підтримання низького осьового співвідношення (менше двох) є важливими для забезпечення стабільності антени і точного визначення розташування. MagmaX2 зменшує багатопроменеві завади, що забезпечує кращу якість сигналів, які надходять до приймачів. Завдяки простому, легкому і компактному дизайну ця антена зазвичай використовується в наземній роботехніці та точному землеробстві.

Антена була перевірена за допомогою модуля u-blox NEO-F9P [4]. При



Рис. 3. Антена Tallysman HC885XF

вимірюванні за допомогою високоточної служби корекції RTK і заземлення, CEP (ймовірна кругова похибка, circular error probable) становить 0.58 см. При використанні високоточного сервісу доповнення u-blox PointPerfect [5], CEP становить 8.24 см. Приймач повідомляє всі положення в режимі RTK-фіксації.

Tallysman. Канадська компанія Tallysman пропонує широкий асортимент вбудованих і стаціонарних антенних технологій для високоточних GNSS застосувань. Вона пропонує багатоканальні багатодіапазонні керамічні патчі Accutenna™, широкосмугові легкі спіральні та повнодіапазонні крос-дипольні антени. Tallysman пропонує розширену фільтрацію (eXtended Filtering, XF) з гострими і глибокими краями фільтра. Це допомагає пом'якшити ближньосмугові та позасмугові завади, такі як сигнали стільникового зв'язку та їхні гармоніки.

Tallysman також пропонує інноваційну компактну антену TW5390 smart Accutenna™. Вона включає в себе u-blox ZED-F9R [6] з інерційним мертвим відліком, приймач u-blox NEO-D9S [7] L-діапазону, а також високоточну службу підсилення u-blox PointPerfect. Рішення TW5390 пропонує готове високоточне GNSS-рішення.

Сантиметрова точність GNSS

тепер доступна для бюджетних програм, проста і швидка реалізація

Перевірена ринком високоточна GNSS система:

- 1) NEO-F9P і ZED-F9P – новітні приймачі GNSS HPG
 - ⊗ провідна технологія u-blox: запатентовані алгоритми та чипсети
 - ⊗ вбудована підтримка виправлень PointPerfect
 - ⊗ рівень захисту: 95% впевненості в позиціонуванні
 - ⊗ ZED-F9R: версія з IMU (гіроскоп, акселерометр)
- 2) PointPerfect – система корекції
 - ⊗ надійна, економічна та зручна у використанні
 - ⊗ завантаження через Інтернет або супутник

Сфери застосування:

Вілья

Точна інженерія

Активна будівництво

Висока точність будівництва

Стороння робота

Спеціальні застосування

COMPETENCE & RELIABILITY

WWW.MICRODIS.NET
Роман Прокопєць – менеджер з продажу
(067) 475-21-86
Roman.Prokopets@microdis.net

Компанія Tallysman протестувала новий приймач u-blox NEO-F9P L1/L5 з антеною HC885XF (рис. 3) і отримала відмінні характеристики GNSS. Усереднені значення кодового шуму L5/E5 і фазового шуму при низьких кутах підйому (10-30 градусів) склали 0.47 метра і 0.004 метра відповідно. Аналіз після обробки сигналів L1, E1, L5 і E5 показав, що точність позиціонування становить 6 мм за координатами широти і довготи і 22 мм за висотою, з довірчим інтервалом 95% CI (англ. Confidence Interval). Технологія спіральної антени показала надійне зменшення багатопроменевих завад. Ці результати підтверджують, що приймач NEO-F9P з підтримкою L5 є оптимальним вибором для системних інтеграторів.

Легкі спіральні антени можуть бути розгорнуті без наземної частини. Ця особливість робить їх ідеальними для застосування в БПЛА. Багатодіапазонна спіральна антена HC885XF важить лише 42 г і добре поєднується з компактним модулем NEO-F9P. HC885XF має коефіцієнт шуму 2.5 дБ, типовий зенітно-осьовий коефіцієнт <0.5 дБ, варіацію фазового центру 3 мм і доступна у двох варіантах посилення — 28 або 35 дБ. Крім того, вона забезпечує значне зменшення багатопроменевих завад.

u-blox. На додаток до послуг незалежних партнерів, u-blox пропонує фірмові конструкції антен, які пройшли ретельну перевірку. Вони постачаються переважно у складі наших тестових наборів. Інноваційний дизайн, різноманітні варіанти кріплення та вибір роз'ємів надають користувачам швидкі, прості та надійні багатодіапазонні антенні рішення. Наприклад, антена ANN-MB1 [8] сумісна з NEO-F9P-15B (рис. 4) і ZED-F9P-15B [9]. Вона має запатентовану



Рис. 4. Модуль u-blox NEO-F9P

конструкцію антенного елемента для вбудованих середовищ від нашого партнера по виробництву, компанії Amotech.

ВИСНОВОК

Антені GNSS мають вирішальне значення для отримання якісного та високоточного приймання. Конструкція антени також значною мірою залежить від кінцевого застосування. Правильний дизайн антени сприяє естетичності та зручності використання, збільшуючи шанси на успіх: як вона вписується в загальний зовнішній вигляд, її розміщення, розмір, вага тощо.

Для антен GNSS деякі характеристики, такі як підтримка правильного супутникового «сузір'я», можливість налаштування і широка смуга пропускання, серед іншого, мають вирішальне значення для отримання бажаних результатів. Крім того, антени і приймачі GNSS потребують паралельної розробки. Обидва постачальники повинні тісно співпрацювати для вдосконалення конструкцій. Це станеться, якщо співпраця розпочнеться на ранній стадії, що, зрештою, дозволить уникнути механічних змін в останню хвилину, які додають

місяці до графіка виробництва. Належна підтримка є визначальною для успіху кінцевих продуктів, щоб клієнти могли отримати доступ до правильного балансу між продуктивністю та візуальною привабливістю.

На закінчення, якщо ви шукаєте оптимальну продуктивність і точність за допомогою GNSS-приймача, будь ласка, зверніть увагу на GNSS-антену.

Додаткову інформацію щодо продукції, що була представлена в цій статті, можна отримати у офіційного дистриб'ютора компанії u-blox в Україні — Мікродіс Електронікс ГмБХ:

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

Література:

- [https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/GNSS-Antennas_AppNote_\(UBX-15030289\).pdf?ga=2.268734129.1520689285.1699307015-2012567112.1688153737](https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/GNSS-Antennas_AppNote_(UBX-15030289).pdf?ga=2.268734129.1520689285.1699307015-2012567112.1688153737)
- <https://www.taoglas.com/high-precision-gnss-antenna-performance/>
- <https://www.u-blox.com/en/product/xplr-hpg-2>
- <https://www.u-blox.com/en/product/neo-f9p-module>
- <https://www.u-blox.com/en/product/pointperfect>
- <https://www.u-blox.com/en/product/zed-f9r-module>
- <https://www.u-blox.com/en/product/neo-d9s-series>
- <https://www.u-blox.com/en/product/ann-mb1-antenna>
- <https://www.u-blox.com/en/product/zed-f9p-module>

СН

MAXTENA

M7HCT-A-SMA



- **Active quadrifilar helix antenna for RTK applications**
- Concurrent GNSS reception on L1: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou L2: GPS L2C, GAL E5B, GLO L3OC L5: GPS (M8HCT-A-SMA) L-Band (M9HCT-A-SMA)
- Rugged IP-67 rating with SMA
- Dimensions (mm) Ø 35 x H 57

M1575HCT-22P-SMA (GG)



- **I High performance passive GPS or GPS/GLO antenna**
- Very low axial ratio
- IP-67 mounted and unmounted
- Ultra light weight - 10 grams
- Ground plane independent
- Dimensions (mm) Ø 18.5 x H 38
- SMA connector
- **Internal version available: Ø 12.85 x H 24.30, only 2g weight**

MAXTENA MPA-254-WIFI



MAXTENA MEA-2400-UWB-SM



MAXTENA MEA-2400-MM



Тонка грань між продуктивністю та енергоспоживанням

Роберт Перкел (Robert Perkel), Microchip Technology

У статті розглядається застосування ПЛІС сімейства PolarFire компанії Microchip Technology з використанням архітектури команд RISC-V. Наведено конкретні приклади використання ПЛІС.

ВСТУП

Мініатюризація обладнання — одна з головних тенденцій у розвитку вбудованих систем, але при цьому потрібно підвищити обчислювальну потужність, у т.ч. гаджетів, а заодно промислових і професійних камер і навіть програмованих логічних контролерів (ПЛК). Однак дотримання тенденції мініатюризації та збільшення обчислювальної потужності породжує проблему балансу між енер-

гоефективністю та продуктивністю. Що вища продуктивність і обчислювальна потужність, то більше енергоспоживання. Вимоги до мініатюризації ще більшою мірою ускладнюють вирішення завдання, і проблема охолодження стає вузьким місцем.

Ми розглянемо в цій статті, як вирішуються ці суперечності за допомогою ПЛІС нового покоління. Ці мікросхеми використовуються в дуже багатьох сферах застосування, наприклад, у каме-

рах з елементами ШІ, на транспорті для підрахунку пасажиропотоку, у медичних ендоскопах і розумних окулярах для хірургів, системах спостереження на основі технології тепловачення та в багатьох інших сферах застосування. Особливо слід підкреслити роль ПЛІС у перетворенні потокового 4K-відео у форматах HDMI, SDI, USB або PCIe. Додамо, що завдяки терміну служби понад 20 років ПЛІС компанії Microchip добре підходять для промислового застосування.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛІС

Архітектура ПЛІС пройшла довгий шлях. Раніше розробникам, які вико-

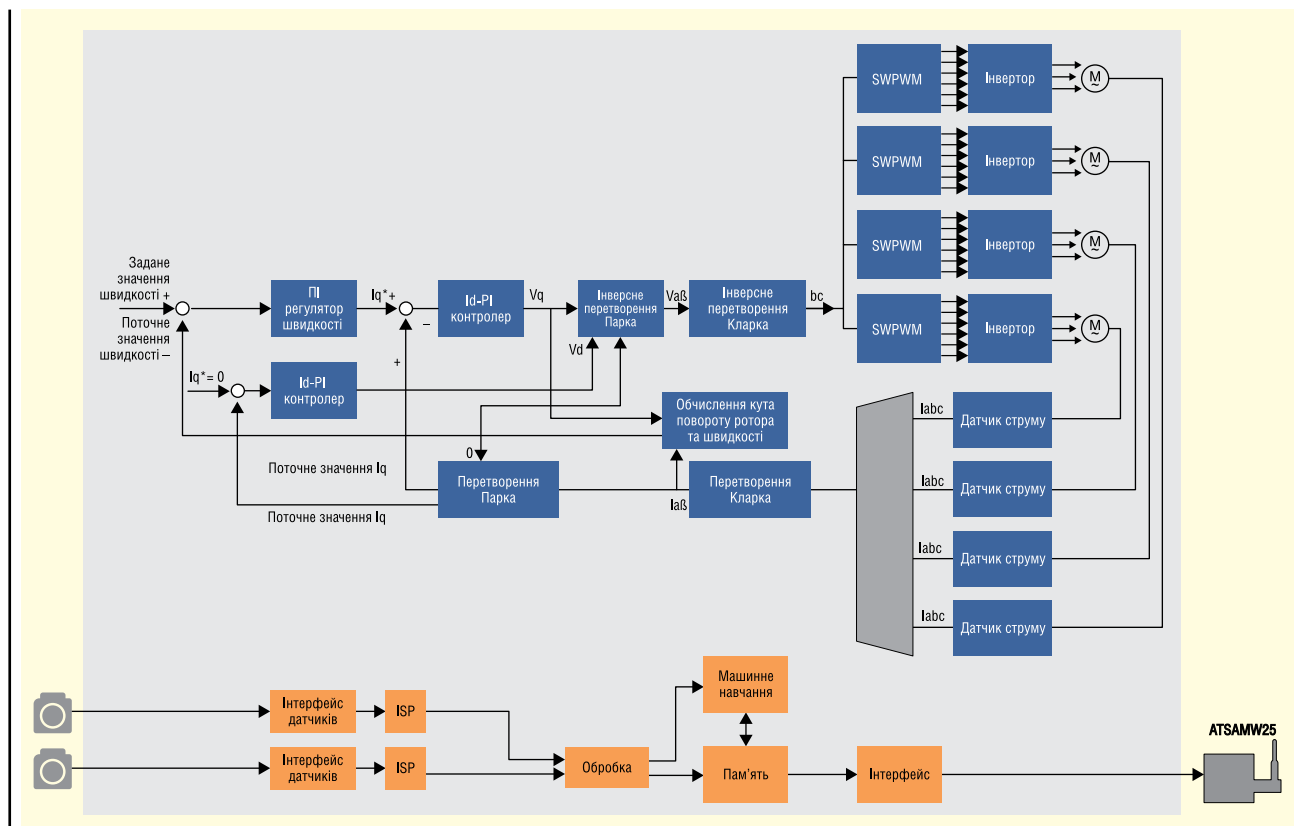


Рис. 1. Структурна схема системи керування БПЛА

ристовували ПЛІС, доводилося робити вибір між продуктивністю та споживанням; при цьому ПЛІС часто застосовували як прототипи під час розроблення дорогих ASIC. Наразі ПЛІС нового покоління забезпечують високонадійне рішення, вони прості у використанні й адаптивні, мають невелику ціну і широко застосовуються в серійних виробках. Ми розглянемо кілька практичних прикладів застосування ПЛІС сімейства PolarFire від компанії Microchip на основі нової архітектури команд RISC-V.

Почнемо з використання ПЛІС в керуванні професійними безпілотними літальними апаратами (БПЛА). До них висуваються досить жорсткі вимоги. Перелічимо основні з них:

- точне керування і позиціонування, у т. ч. запобігання зіткненням і небезпечним ситуаціям;
- використання захищеного зв'язку;
- передбачувані час польоту і досягнення заданої кінцевої точки.

Варто згадати ще одну обставину — ринок безпілотних літальних апаратів доволі насичений і щоб знайти на ньому свою нішу, необхідно в чомусь перевершити конкурентів, надавши додаткові функціональні можливості. Такими, наприклад, можуть стати фільмування з високою роздільною здатністю і штучний інтелект. Залежно від вирішуваних завдань можуть знадобитися додаткові датчики і попередня обробка інформації, щоб не перевантажувати трафік сирими даними, а потім передача бездротовими каналами. Таким чином, дрон із простого безпілотного літального апарата перетворюється на складну електронну систему.

Сфера застосування описаних БПЛА досить велика: сільське господарство, моніторинг надзвичайних ситуацій тощо. Створення системи керування подібним об'єктом не виглядає тривіальним завданням. Щоб переконатися в цьому, достатньо поглянути на її структурну схему на рисунку 1. Ця структурна схема може бути реалізована на ПЛІС сімейства PolarFire.

Завдяки їхній гнучкій архітектурі для керування електроприводом БПЛА можна створити оптимальну векторну систему керування на основі методу орієнтації електромагнітного поля. У російськомовній літературі цей метод має назву «векторне керування». Завдяки використанню векторного керування оптимізуються перехідні процеси в електроприводі, і підвищується його енергоефективність. У кінцевому підсумку це означає підвищену маневровість та дальності польоту.

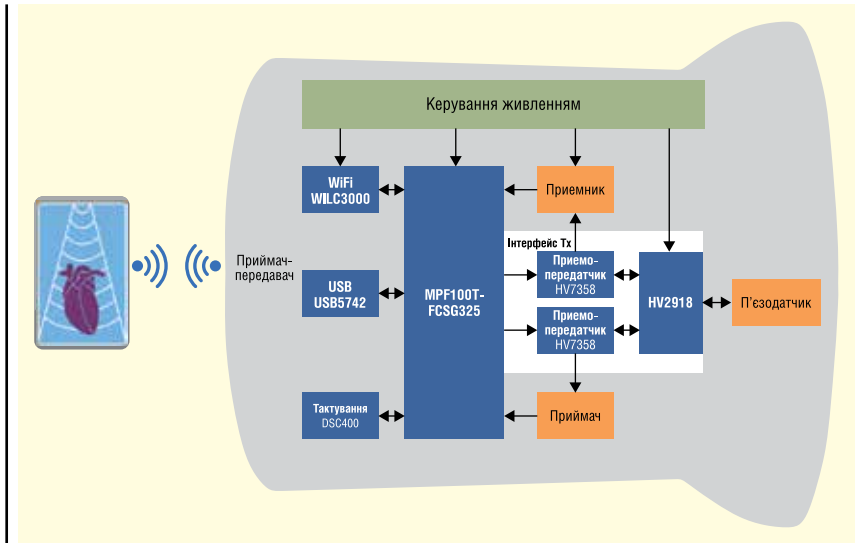


Рис. 2. Структурна схема пристрою портативної ультразвукової діагностики

Введення додаткових датчиків, до яких відносяться датчики видимого світла, інфрачервоні датчики і датчики руху, що застосовуються в системах машинного зору, колись вимагали спеціальних знань і значних часових ресурсів. Наразі засоби розроблення VectorBlox SDK від Microchip прискорюють і спрощують проектування. Вони допомагають початківцям-розробникам систем з ПЛІС реалізувати складні алгоритми нейронних мереж, які допомагають істотно знизити енергоспоживання під час розв'язання трудомістких завдань. Нейронні мережі будуються на таких стандартних фреймворках як ensorFlow або Caffe.

Отримані результати обробки буферизуються в локальній вбудованій пам'яті, а потім покадрово надходять у модуль бездротового зв'язку. Засоби безпеки та захисту даних запобігають несанкціонованому проникненню в систему. Не слід забувати, що керування БПЛА потребує одночасного розв'язання кількох завдань, а це передбачає їхнє паралельне виконання; саме в цьому разі й про-

являються всі переваги ПЛІС. Однею з головних вимог до електронних систем дрона є знижене енергоспоживання — не більше 5 Вт. При використанні ПЛІС сімейства PolarFire енергоспоживання можна скоротити до 5 Вт.

Ще одним застосуванням для ПЛІС є медичні вироби. Серед них виділимо портативні ультразвукові засоби діагностики. Вони складаються з датчика, що зчитує сонографічні дані і передає їх смартфоню. Передача даних здійснюється або по дротах, або бездротовим способом. Подібні прості системи значно спрощують отримання медичної допомоги безпосередньо на місці події. На рисунку 2 представлена структурна схема пристрою, реалізована за допомогою ПЛІС сімейства PolarFire MPF100T-FCSG325.

Обробка потокового відео і перетворення форматів — ще один чудовий приклад застосування ПЛІС. Зазвичай високопродуктивні професійні відеокameraми мають один інтерфейс передавання даних, що ускладнює вибір обладнан-

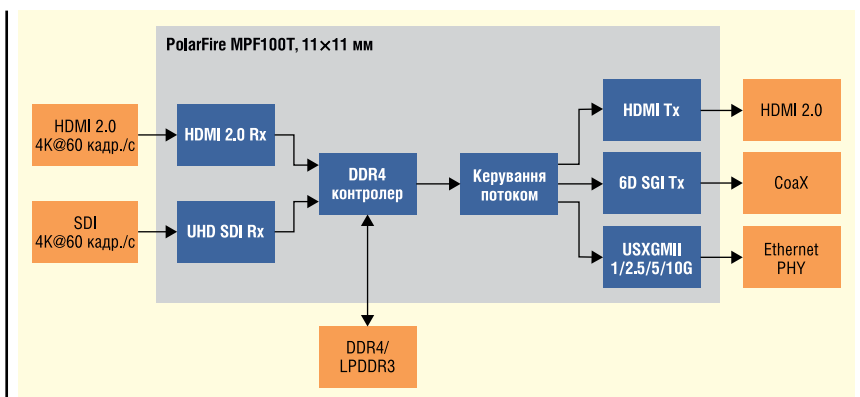


Рис. 3. Структурна схема пристрою приймання та оброблення відеоданих

ня приймання та оброблення відеоданих. Тому наявність перетворювача відеоданих, здатного підтримувати кілька протоколів завдяки можливості організувати кілька багатогігібних приймачів-передавачів зі швидкостями приймання даних до 12.7 Гбіт/с, є безсумнівною перевагою ПЛІС. На них нескладно реалізувати протоколи HDMI, CoaXPress, SDI і Ethernet. Споживання розглянутого пристрою не перевищує 2 Вт. Його структурна схема наведена на рисунку 3.

Низьке енергоспоживання і можливість паралельного виконання завдань роблять ПЛІС вдалим вибором для низки промислових застосувань. Як приклад таких застосувань розглянемо промислові відеокамери та ПЛК.

Оскільки промислові відеокамери повинні мати малі габарити, забезпечувати високу частоту кадрів і високу роздільну здатність, під час їх проекту-

вання питання охолодження є не останнім завданням. Забезпечити виконання пропонувананих вимог можна за допомогою ПЛІС. Вони забезпечують низьке енергоспоживання і легко справляються з обробкою зображень аж до 4К за частоти до 60 кадр/с. Не складе труднощів і побудова інтерфейсу MIPI CSI-2 зі швидкістю передачі даних до 1.5 Гбіт/с.

Попри те, що у контролерів ПЛК більші габарити, ніж у камер, ПЛК теж обмежені в розмірах і енергоспоживанні. ПЛК повинні підтримувати промисловий Ethernet, людино-машинний інтерфейс, керування електроприводом і виконавчими механізмами. Роботою ПЛК керує операційна система реального часу (ОСРЧ).

Структурна схема на рисунку 4 описує ПЛК на основі ПЛІС-СнК, основу якої становить чотириядерний процесор з архітектурою команд RISC-V.

асиметричну багатопроцесорну обробку даних (AMP) з розподілом кеш-пам'яті між окремими процесорами. Підтримка AMP дає змогу реалізувати багатозадачність. Наприклад, один процесор може працювати зі стеком промислових протоколів. Другий процесор керується операційною системою Linux. Інші два процесори можна використовувати для керування промисловим обладнанням.

Зазначимо ще одну важливу особливість промислових додатків. Незважаючи на різноманіття вимог і виконань електронних пристроїв, спільним для всіх є підтримка і доступність компонентів протягом 20 років або більше. Компанія Microchip повністю відповідає вимогам довговічності та забезпечує підтримку за допомогою надійної програми «гарантії постачання».

І, звичайно, адаптивність ПЛІС не може не бути чудовим варіантом для автомобільної електроніки. Електронна «начинка» сучасних автомобілів, повсюдне впровадження гібридних та електромобілів надає для ПЛІС найширше поле діяльності, починаючи з датчиків, відеокамер і закінчуючи керуванням електроприводом.

Адаптивний круїз-контроль передбачає використання декількох відеокамер для запобігання небезпечних ситуацій на дорозі. При виявленні небезпеки електроніка може втрутитися в пряме керування автомобілем, наприклад активувавши гальмування. Зрозуміло, до подібних систем висуваються найсуворіші вимоги щодо функціональної безпеки, надійності, швидкодії під час роботи в розширеному діапазоні температур. Структурна схема реалізації описаної системи показана на рисунку 5. Жовтим кольором позначено елементи, що забезпечують безпеку автомобіля, а синім кольором — елементи для захисту системи.

У вбудованій захищеній енергонезалежній пам'яті зберігаються ключі аутентифікації відеокамер автомобільної мережі. Зображення камер обробляється в потоковому режимі шляхом паралельного виконання процесів і оснащується захисним кодом. Потокове оброблення дає змогу уникнути ефекту «замороженого зображення» — усе оброблення відбувається за фіксований час.

Насамкінець зауважимо, що широкий асортимент продукції Microchip дає змогу розробити комплексне системне рішення в партнерстві з компанією, що дає змогу знизити ризики проектування, заощадити час і фінансові ресурси, скориставшись перевіреними рішеннями компанії Microchip.

СН

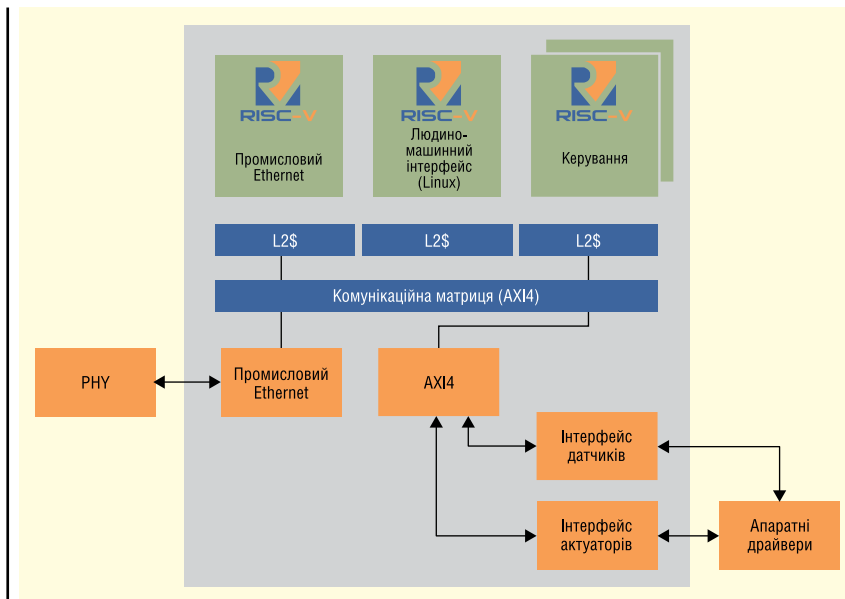


Рис. 4. Структурна схема ПЛІС-СнК із чотириядерним процесором з архітектурою команд RISC-V

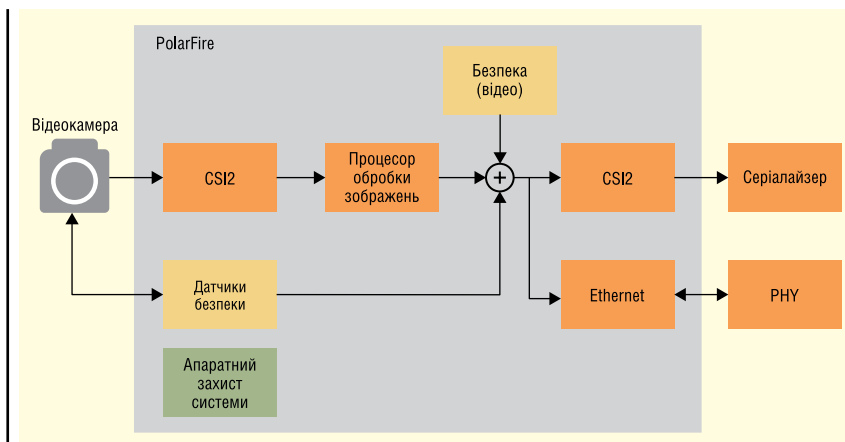


Рис. 5. Структурна схема системи, що забезпечує безпеку автомобіля



EGT: економічно ефективне, високопродуктивне рішення для розробки графічних інтерфейсів під ОС Linux

Ensemble Graphics Toolkit (EGT) - це графічна програмна платформа з відкритим вихідним кодом, яка дозволяє створювати сучасні та адаптивні графічні інтерфейси користувача (GUI) для вбудованих додатків, які працюють під управлінням Linux. EGT не вимагає жодних ліцензійних відрахувань та платежів за користування, це комплексне графічне рішення на рівні додатків, яке повністю інтегровано в основний дистрибутив Linux від Microchip. EGT допомагає розробникам створювати свої високопродуктивні графічні додатки із:

- процесорами, що мають низьке енергоспоживання та низьку вартість,
- меншим обсягом пам'яті,
- часом завантаження, який не перевищує 2,5 секунди,
- нижчою вартістю загального списку матеріалів (BOM),
- швидшим часом виходу кінцевого продукту на ринок.

EGT забезпечує ефективну та економічно вигідну розробку графічних інтерфейсів для різноманітних додатків, зокрема для побутової, автомобільної, промислової та медичної галузей. EGT є найкращим вибором для створення високопродуктивної графіки під Linux із низькою загальною вартістю, яка виглядає і реагує так само, як і продукти від сторонніх виробників, що створені за допомогою платних і доволі дорогих графічних інструментів.



microchip.com/egt



Назва та логотип Microchip, а також логотип Microchip з характерними лінійними елементами є власністю Microchip Technology Corporation у США та інших країнах. Решта назв, зображень та логотипів, що зареєстровані власниками © 2023 Microchip Technology Inc. Всі права захищено. M52251/DA-1389-09-23

Картка пам'яті iShield Archive для захисту конфіденційної інформації

В даній статті йде мова про нову картку пам'яті microSD — iShield Archive, виробництва компанії Swissbit. Ця картка призначена для шифрування та захисту доступу до відео та зображень та розширює лінійку продуктів Swissbit iShield для рішень безпеки, що працюють за принципом «plug-and-play».

Картка призначена, зокрема, для виробників і користувачів, для яких секретність конфіденційних даних і захист даних відповідно до вимог GDPR є головними пріоритетами. Вона може використовуватися з усіма поширеними типами камер, незалежно від використаного типу хост-контролера. Система plug-and-play пропонує страховим компаніям, державним установам і охоронним компаніям ефективне рішення, яке гарантує, що записи ніколи не будуть переглянуті, скопійовані або стерті неавторизованими особами за жодних обставин.

Дані шифруються за допомогою алгоритму апаратного шифрування AES-256 iShield Archive і можуть також використовуватися в сценаріях WORM (Write Once, Read Many). Картки пам'яті microSD доступні з об'ємом пам'яті від 16 до 64 ГБ і відповідають стандартам UHS-I U3 і V30 для запису відео у форматі 4K (рис. 1).

У багатьох випадках надійне зберігання конфіденційних відео- та фотоданих є необхідним для забезпечення захисту даних, дотримання конфіденційності або цілісності важливих доказів. Зрештою, витік даних може мати значні наслідки, особливо для громадської безпеки, а також для страхової та медичної галузей.

Виробники, системні інтегратори, підприємства або органи влади можуть легко обладнати дрони, натільні камери та багато інших типів камер додатковим рівнем безпеки за допомогою картки microSD.

Для налаштування картки використовується програмне забезпечення «iShield Archive Tool» (iAT) на базі ПК (рис. 2). Тут налаштовуються як параметри безпеки, так і PIN-код ко-



Рис. 1. Картка пам'яті microSD з об'ємом пам'яті 64 ГБ

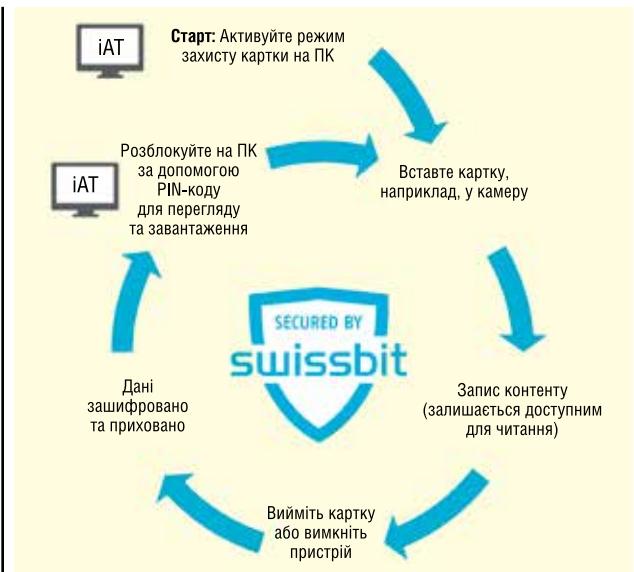


Рис. 2. Процедура використання картки пам'яті microSD

ристувача. Після початкового налаштування iShield Archive надійно зберігає дані в кінцевому пристрої та використовує алгоритм апаратного шифрування AES-256 для їх захисту.

Після вимкнення камери або виймання картки пам'яті microSD всі раніше записані дані більше не можна переглянути в iShield Archive. Отримати до них доступ і завантажити можна лише за допомогою iAT, ввівши правильний пароль.

Цю процедуру можна повторювати доти, доки не буде вичерпано ємність картки. Щоб звільнити обсяг пам'яті, дані потрібно спочатку видалити з iShield Archive, що можливо лише після автентифікації за допомогою правильного пароля.

За бажанням, видалення може бути додатково захищене PIN-кодом адміністратора, що дозволяє використовувати iShield Archive для контролю доступу на основі розподілення ролей (role-based access control, RBAC). У цьому випадку лише визначена група осіб має необхідні права для остаточного видалення записів або даних. У так званому режимі WORM звичайні користувачі мають доступ лише для читання за допомогою PIN-коду користувача, але не мають права редагувати або видалити дані. Режим WORM зазвичай використовується для даних, які необхідно зберігати в безпечному і незмінному вигляді з юридичних причин.

Більш детальну інформацію щодо карток iShield Archive можна знайти на офіційному сайті компанії Swissbit — <https://www.swissbit.com/en/products/security-products/ishield-archive-and-ishield-camera>, а отримати технічну консультацію — надіславши запит на roman.gorielkov@ccontrols.ch.

Дотримання стандартів EMC у продукції TRACO POWER

Компанія Traco Electronic AG прагне, щоб її джерела живлення TRACO POWER відповідали стандартам EMC. Але при цьому важливо пам'ятати, що використання компонентів, що відповідають вимогам EMC, не означає, що системи, в які вони інтегровані, пройдуть тестування на електромагнітну сумісність бездоганно. Тому EMC необхідно враховувати на системному рівні з самого початку вашого проєкту. Якщо ви і ваша команда дбаєте про дотримання необхідних стандартів електромагнітної сумісності, в процесі реалізації проєкту варто звернутися за допомогою до експертів якомога раніше.

СТАНДАРТИ, ЩО ЛЕЖАТЬ В ОСНОВІ ДОТРИМАННЯ ВИМОГ EMC

Дотримання вимог електромагнітної сумісності (EMC) може здатися прикрою додатковою перепорою в розробці електронного приладу або системи, яку, можливо, цього разу можна було б оминати. Однак таке рішення може призвести до травм або навіть або смертельних випадків. У дослідженні, проведеному в 2007 році, вчені з Амстердамського університету пов'язали випромінювання від мобільних телефонів GPRS і UMTS з інцидентами у 43% протестованих медичних приладів для реанімації, 33% з яких були визнані небезпечними.

Може здатися дивним, що в недалекому минулому така небезпека, пов'язана з електромагнітною сумісністю,

була можливою. Зрештою, боротьба електронної промисловості з проблемою електромагнітної сумісності почалася ще з появою телеграфу та радіо (рис. 1). Тож хто визначає правила електромагнітної сумісності і які вони?

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ СТАНДАРТІВ EMC

Незважаючи на раннє визнання проблем електромагнітної сумісності, для їх вирішення лише в 1933 році був створений міжнародний комітет зі стандартизації CISPR (*Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*), що входить до складу IEC (*International Electrotechnical Commission*, Міжнародної електротехнічної комісії). У США це сталося ще пізніше. Товариство з електромагнітної сумісності (*Institute of*

Компанія CEA — офіційний дистриб'ютор TRACO POWER на території України

Electrical and Electronics Engineers, IEEE) було створено в 1957 році, хоча деякі стандарти щодо радіочастотних завад (*Radio Frequency Interference, RFI*), такі як стандарт IEEE 140, що стосуються мінімізації випромінювань від радіочастотних обігрівачів, були опубліковані ще в 1950 році.

Сьогодні IEC розробляє стандарти на міжнародному рівні в рамках технічного комітету TC 77 та CISPR за підтримки CENELEC, ISO та інших організацій. Потім вони узгоджуються і приймаються на національному рівні місцевими організаціями (SEV, DIN, BSI, FCC, ANSI та іншими).

ЯКІ СТАНДАРТИ EMC ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДО ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ?

Джерела живлення TRACO POWER зазвичай розглядаються як компоненти більшого обладнання, яке у специфікаціях називається «прилад». Це пов'язано з тим, що вони не використовуються як окремі вироби, а вбудовуються в продукцію наших клієнтів. Таким чином, виробники джерел живлення зазвичай дотримуються загальних стандартів, якщо тільки продукт не призначений для певних галузей промисловості з більш високими вимогами.

Стандарти електромагнітної сумісності поділяються на три великі групи: базові, загальні та стандарти для продуктів або сімейств.

Базові стандарти охоплюють загальні правила, включаючи явища, термінологію, вимірювальні та випробувальні установки, а також рівні сумісності. Серія таких стандартів — IEC 61000-4-х. Наприклад, IEC 61000-4-5 охоплює тестування стійкості до перенапруги.

Загальні стандарти зосереджені на конкретних сферах застосування, таких як електромагнітні завади в

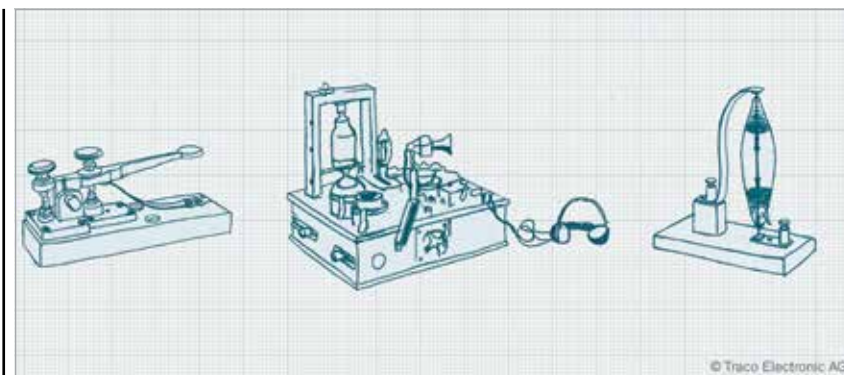


Рис. 1. Електромагнітні завади почали ставати проблемою з появою перших електричних систем, таких як телеграф, бездротовий зв'язок та електричне освітлення

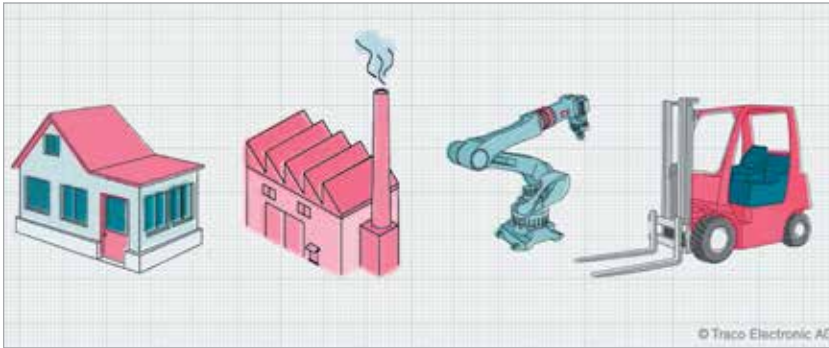


Рис. 2. Стандарти щодо стійкості до випромінювання та шкідливих викидів відрізняються залежно від цільового середовища, житлового чи промислового, в якому буде використовуватися продукт

промислових і житлових приміщеннях (рис. 2). IEC 61000-6-1 стосується захисту житлових, комерційних і промислових приміщень, тоді як IEC 61000-6-3 є стандартом для визначення рівня випромінювання. IEC 61000-6-2 і 61000-6-4 охоплюють питання захисту і впливу електромагнітного випромінювання в промислових умовах.

Межі захисту для промисловості вищі, ніж для житлових приміщень, тоді як з обмеженнями на випромінювання все навпаки. Оскільки джерела живлення часто є складовою частиною приладу, дотримання більш суворих стандартів забезпечує більш надійний результат. Однак у випадку нестандартної конструкції може виникнути потреба збалансувати вартість і розмір з показниками електромагнітної сумісності, що призведе до використання менш суворого стандарту.

Стандарти для конкретних продуктів відповідають потребам застосування в конкретних галузях, таких як залізничний транспорт і медицина. Вони охоплюють рівні випробувань і сумісність експлуатаційних характеристик у координації з загальними стандартами. Відповідним прикладом є EN 50121-3-2, що охоплює електромагнітну сумісність для обладнання залізничного рухомого

складу, або EN 60601-1-2 для медичних приладів.

ЧИМ ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ СТАНДАРТИ ЕМС В РІЗНИХ КРАЇНАХ СВІТУ?

Хоча міжнародні стандарти пояснюють, що, як і в яких межах потрібно тестувати, існують також місцеві норми (рис. 3). Перед продажем також необхідно довести, що ваш продукт пройшов випробування на відповідність вимогам ЕМС.

В Європі продукти, які можуть випромінювати електромагнітну енергію або бути чутливими до неї, повинні демонструвати відповідність директиві ЕМС. Оскільки це дуже загальне правило, то відповідністю можна вважати, якщо досягнуто дотримання існуючих узгоджених стандартів електромагнітної сумісності. Після того, як виробник завершив необхідні випробування, він може підтвердити відповідність за допомогою самодекларації. Однак пристрої, призначені для передачі радіосигналів, такі як бездротові телефони, розглядаються по-іншому. Вони підпадають під дію RED (*Radio Equipment Directive*, Директива про радіобудівництво), а не директи-

ви ЕМС. Для таких продуктів необхідне обов'язкове залучення уповноваженого органу для підтвердження відповідності.

Сполучені Штати мають подібний підхід до декларації постачальника про відповідність — SDOC (*Supplier's Declaration of Conformity*). Це частина Програми авторизації обладнання. Класи граничних викидів визначені в Частині 15 FCC, яка охоплює комерційні продукти, або в Частині 18 для промислового обладнання. Пристрої, що підпадають під дію цих стандартів, повинні мати відповідне маркування. Поправки дозволяють проводити випробування з використанням тих самих методів, що й у CISPR. Обмеження подібні до європейських стандартів, але під час випробувань пристрої повинні тестуватися з застосуванням стандартної для США напруги живлення.

В інших країнах світу, як і слід було очікувати, існують додаткові відмінності. У Китаї є CCC, в Євразії — EAC, а в Австралії — RCM, і це лише деякі з них. Процедури затвердження, природно, відрізняються, хоча часто існують схожість у лімітах і процедурах тестування. Слід зазначити, що більшість відхилень на національному рівні стосуються готових пристроїв та обладнання, а не джерел живлення як компонентів.

ЧИ ВІДПОВІДАТИМЕ ПРОДУКТ TRACO POWER ВАШИМ КОНКРЕТНИМ ВИМОГАМ ЩОДО ЕМС?

Оскільки більшість блоків живлення в асортименті TRACO POWER призначені для встановлення у прилад/систему або припаювання їх до друкованої плати, вони класифікуються як компоненти за стандартами електромагнітної сумісності. Ми прагнемо відповідати найактуальнішим стандартам, що дозволяє використовувати наші блоки живлення в більшості продуктів, середовищ і ринків.

Звичайно, існують винятки. Наприклад, стандарт EN 12895 регулює електромагнітну сумісність для промислових вантажівок, які є важливим стандартом для навантажувачів. Хоча у нас немає блоків живлення, сертифікованих за цим стандартом, сертифікація можлива і, швидше за все, покривається вже досягнутим рівнем електромагнітної сумісності (рис. 4).

Використання компонентів, що відповідають вимогам ЕМС, не означає, що системи, в які вони інтегровані, пройнуть тестування на електромагнітну сумісність бездоганно. Вони лише збільшують ймовірність дотримання вимог щодо ЕМС.



Рис. 3. Незважаючи на те, що існують загальні обмеження на електромагнітну сумісність і методи тестування, інженери повинні знати про відмінності, щоб досягти відповідності вимогам національних ринків

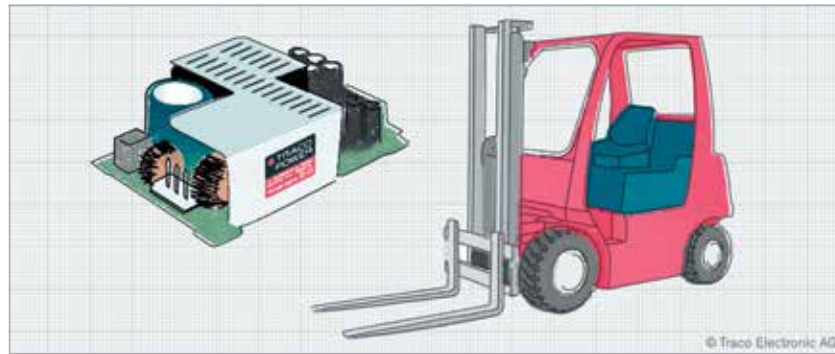


Рис. 4. Хоча блок живлення з відкритим корпусом може відповідати загальним стандартам електромагнітної сумісності, конкретні вимоги для навантажувачів можуть відрізнятися, що вимагає додаткової сертифікації

**ДІЕЛЕКТРИК U2J
ДЛЯ КЕРАМІЧНИХ
КОНДЕНСАТОРІВ**

U2J — надзвичайно стабільний діелектричний матеріал, який демонструє незначну зміну ємності від зміни напруги та може похвалитися передбачуваною й лінійною зміною ємності по відношенню до температури навколишнього середовища без ефекту старіння. Зокрема, їх ємність може досягати значення до 470 нФ, а номінальна напруга постійного струму до 100 В, що відкриває широкий спектр можливостей для застосувань у різних галузях. Матеріал збільшує ємність в 10 разів порівняно з COG і витримує струм пульсації. Компоненти цієї класифікації підходять для застосування з резонансними ланцюгами або там, де потрібна добротність та стабільність ємнісних характеристик. Має низький ESR та ESL, що забезпечує високу продуктивність.

Компанія SEA з 1990 року займається поставкою електронних компонентів. Для придбання або для отримання кваліфікованої консультації, зверніться до спеціалістів SEA.

EMC — це складна тема, оскільки на її поведінку впливають електропроводка і навантаження. Тому EMC необхідно враховувати на системному рівні з самого початку вашого проекту. Якщо ви і ваша команда дбає про дотримання необхідних стандартів EMC, в процесі реалізації проекту варто звернутися за допомогою до експертів якомога раніше.

Джерела живлення TRACO POWER відрізняються високою надійністю та оптимальним співвідношенням ціна/якість. Місія Traco Electronic AG полягає в тому,

щоб забезпечити клієнтів оптимальним рішенням з електроживлення за заданими технічними параметрами, за відмінної якості та відносно невисокої вартості.

За додатковою інформацією, а також з питань придбання продукції TRACO POWER звертайтеся до офіційного дистриб'ютора Traco Electronic AG на території України — Компанії SEA:
тел.: (044) 330-00-88,
e-mail: info@sea.com.ua





650Вт / 1200Вт
Надійний, Модульний
і Конфігуруєми Індустріальний
Блок Живлення

Серії NMP

-  **Кілька виходів DC для живлення окремих пристроїв в обладнанні**
 - модуль з одним виходом: 5В / 12В / 24В / 48В
 - модуль з двома виходами: 5-30В / 5-30В
-  **Можливість паралельного включення модулів для навантажень із високим енергоспоживанням**
-  **Тонкий розмір 1U для розміщення в обмеженому за висотою просторі всередині обладнання**

Компанія SEA — авторизований дистриб'ютор MEAN WELL на території України





ІННОВАЦІЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
 тел./факс: +38 044 330-00-88
 info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

Вибір джерела живлення для роботи з трифазною вхідною напругою

Девід Бак (David Buck), менеджер із розвитку бізнесу, TDK-Lambda

У статті розглядаються особливості експлуатації в різних країнах джерел напруги від компанії TDK-Lambda.

Джерелам живлення з номінальною вхідною потужністю понад 2500 Вт часто потрібна вхідна трифазна висока напруга змінного струму (АС). Наприклад, навантаження в 3000 Вт, що працює від однофазної напруги 230 В АС, споживає 13 А ($3000 \text{ Вт} / 230 \text{ В} = 13 \text{ А}$). Те саме навантаження, що працює від вхідної трифазної напруги 400 В АС, споживає всього 4,3 А ($3000 \text{ Вт} / (400 \text{ В} \cdot \sqrt{3})$) на фазу.

Використання вхідної трифазної напруги дає змогу позбутися провідників

великого діаметру в електричній схемі, сильноточових роз'євів змінного струму або навіть жорсткого з'єднання з розподільною панеллю. Крім того, на відміну від однофазних схем, що працюють із великими струмами, в обладнання із вхідною трифазною напругою менше проблем із балансом струму.

Під час вибору джерела живлення необхідно добре уявляти собі, в яких умовах його експлуатуватимуть, і його вхідні напруги. У Європі величина трифазної узгодженої напруги становить 400 В АС. Насправді в континентальній Європі застосовується напруга 380 В АС, а у Великобританії — 415 В АС, тоді як у США величина трифазної напруги дорівнює 208 або 480 В АС.

У більшості країн енергоблоки генерують і передають високу напругу в трифазній конфігурації «дельта» (в українській літературі таке з'єднання називається «трикутник») (див. рис. 1), що дає змогу використовувати кілька трансформаторів підстанцій. Ця напруга знижується і подається кінцевим споживачем.

Зауважимо, що в такій конфігурації застосовуються тільки три дроти, серед яких немає нейтрального або заземленого. Завдяки цьому економляться витрати на додаткову проводку, яка не потрібна для передачі електрики.

Наприклад, у Великій Британії трансформатор загального призначення, встановлений поруч з обладнанням, отримує напругу величиною 11 кВ у дельта-конфігурації з національної енергомережі. Понижувальний трансформатор перетворює цю конфігурацію на три фази або на зіркоподібну конфігурацію з чотирьох дротів (див. рис. 2) для під'єднання до розподільчої панелі обладнання (див. рис. 3). Як уже згадувалося, у мате-

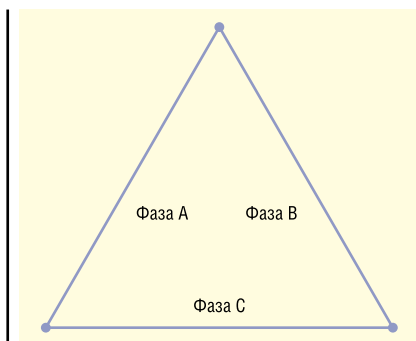


Рис. 1. Дельта-конфігурація

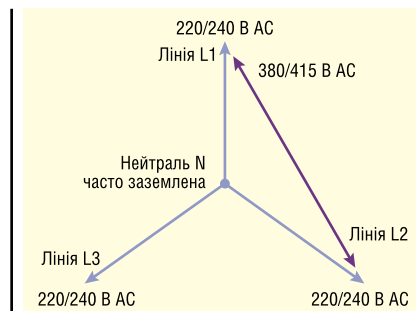


Рис. 2. Зіркоподібна конфігурація 380/415 В АС

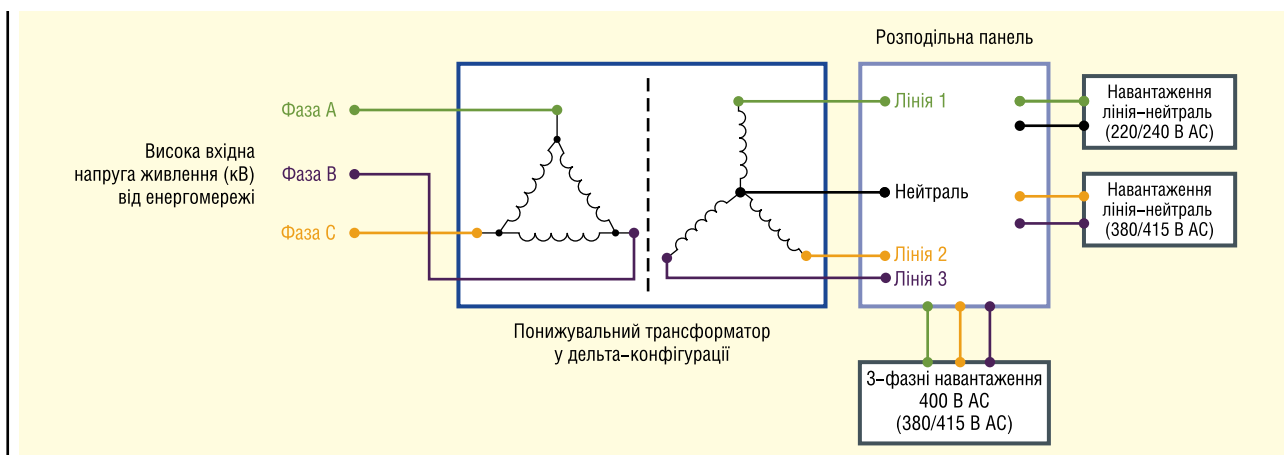


Рис. 3. Значення напруги типового європейського енергообладнання

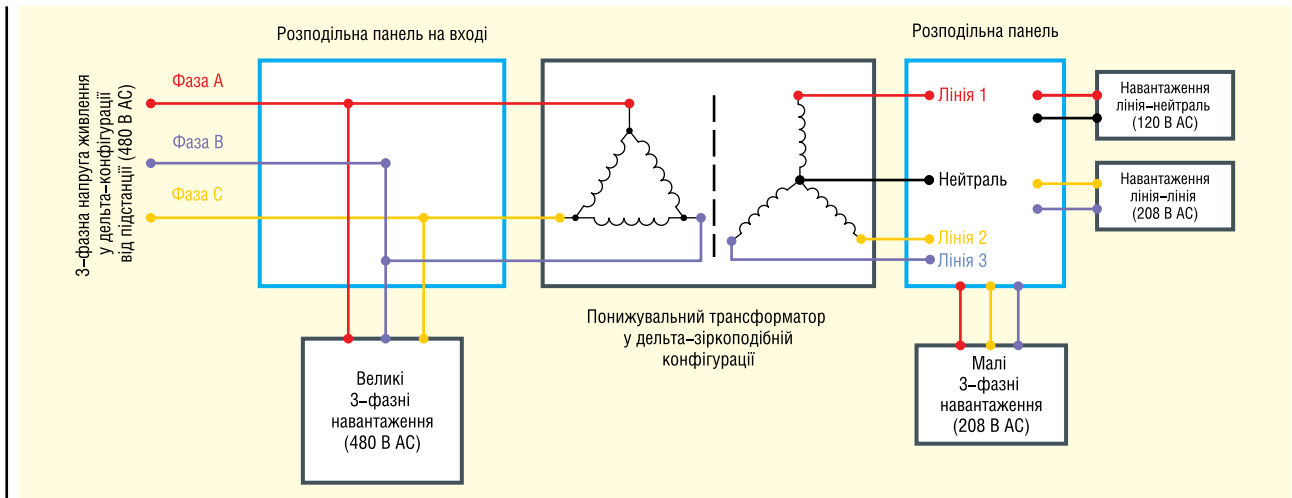


Рис. 4. Типова схема розподілу живлення у США

Таблиця 1. Параметри джерел живлення AC/DC серії GENESYS+ від TDK-Lambda			
Модель	Вихідна потужність, кВт	Діапазон вхідної напруги, В AC	Значення напруги (ном.), В AC
GH1.5kW/G1.7kW	1.5 і 1.7	10 85–265	100, 120, 200, 208, 230
G2.7kW/G3.4kW	2.7 і 3.4	10 170–265	200, 208, 230
		30 170–265	200, 208
		30 342–460	380, 400, 415
		30 342–528	380, 400, 415, 440, 460, 480
G5kW/GSP10kW/GSP15kW	5 і 15	30 170–265	200, 208
		30 342–460	380, 400, 415
		30 342–528	380, 400, 415, 440, 460, 480

риковій Європі зазвичай використовують перетворення 380 В/220 В AC, а в Англії — 415 В/240 В AC.

Розподільна панель не тільки подає однофазну і трифазну напругу живлення 380/415 В AC (виміряну між двома фазами), а й напругу 220/240 В AC у разі під'єднання до однієї з трьох ліній і нейтралі. Напругу 380/415 В AC використовують для навантажень середньої потужності, яка, як правило, вища за 5 кВт. Навантаження такого типу створюють великі печі, вимірювальне обладнання або машинобудівні верстати, апарати лазерного різання і установки для пошарового друку. Напруга 220/240 В AC застосовується в тих випадках, коли навантаження менше 5 кВт, тобто, наприклад, у побутових штепсельних розетках. У США обладнання живиться напругою 480 В AC у трипровідній дельта-конфігурації від місцевої підстанції (див. рис. 4).

Понижувальні трансформатори в конфігурації «дельта-зірка» подають напругу живлення на навантаження потужністю менше 25 кВт. Унаслідок зниження забезпечується однофазна напруга величиною 208 В AC, трифазна й однофазна напруга 120 В AC (див. рис. 5). На відміну від європейських норм, на високотужне обладнання трифазну напругу 480 В AC подають безпосередньо в дельта-конфігурації; водночас її не знижують за допомогою трансформатора, що дає змогу зменшити вартість, споживану енергію та зайняти місце в заводському цеху.

Серія GENESYS+ програмованих джерел живлення AC/DC потужністю 1.5–15 кВт від TDK-Lambda характеризується широким рядом діапазонів напруги живлення залежно від величини вихідної потужності (див. табл. 1).

У разі використання потужніших джерел живлення серії GENESYS+ у європейському обладнанні обира-

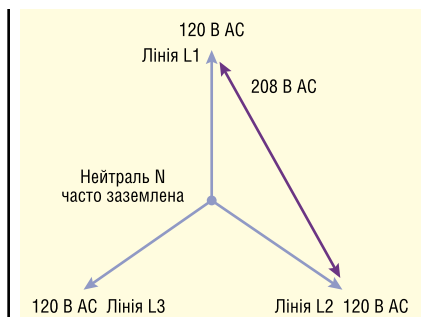


Рис. 5. Зіркоподібна конфігурація 208 В AC

ється діапазон трифазної напруги 342–460 В AC за номінальної вхідної напруги 400 В. Для обладнання США обирається ширший діапазон вхідної напруги: 342–528 В AC. Трифазну вхідну напругу для джерел живлення серії GENESYS+ можна використовувати в трипровідному під'єднанні в конфігураціях «дельта» і «зірка» із заземленням.

Можливий і варіант: якщо систему електроживлення розробляють для експлуатації в США, потрібно визначити заздалегідь, яка трифазна напруга необхідна — 208 або 480 В AC. Серія TPS4000 промислових джерел живлення з номінальною потужністю 4000 Вт із вхідною 3-фазною напругою в діапазоні 350–528 В AC працює в обох згаданих конфігураціях у всьому світі.

Якщо потрібно, щоб джерело живлення функціонувало в різних регіонах, слід визначити, чи працює воно з високою напругою в підключеннях «дельта» і «зірка». Вироби, що пропонуються за меншою ціною, працюють тільки за 230 В AC у підключенні «дельта» або за 400 В AC — у зіркоподібній конфігурації. При цьому кінцевому споживачеві, можливо, доведеться встановити великий дорогий понижувальний трансформатор.

Компанія **TDK-Lambda**, що входить до корпорації **TDK**, займає одне з перших місць у світовому рейтингу виробників AC/DC джерел живлення, DC/DC-перетворювачів та EMI фільтрів. Особливе місце серед цих виробів займають програмовані джерела живлення серії ZUP, Z+, Genesys 750–2400 Вт, Genesys 3300–5000 Вт, Genesys+ Half-Rack, Genesys+, потужні Genesys+/GSP. Завдяки своєму функціоналу та надійності вони знаходять найцікавіші та найсмисливіші застосування.

Інтегрований силовий модуль забезпечує тепер на 25 % більше потужності

Бернхард Айхлер (Bernhard Eichler), директор з управління виробництвом систем та потужних модулів, Semikron Danfoss Elektronik GmbH & Co.

Адаптований переклад українською та технічне редагування:

Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с., Інститут електродинаміки НАН України

Модуль SKiiP 4 (рис. 1) від Semikron Danfoss тепер оснащений новим високопродуктивним охолоджувачем із ребрами спеціальної форми, який оптимізовано для конструкцій без базової плити та для різноманітних конфігурацій площ діода і чипа IGBT, що забезпечують значні переваги у функціонуванні як зі сторони генератора, так і, наприклад, в мережі компактних перетворювачів для вітроенергетики.

Впродовж більше 20-ти років їх застосування інтелектуальні інтегровані силові модулі Semikron Danfoss, також відомі як модулі SKiiP, довели, що вони є надійним рішенням для перетворення електроенергії, пропонуючи високий рівень інтеграції при компактних розмірах. На додаток до, власне, силових електронних компонентів — IGBT і діодів SEMIKRON CAL4F у напівмостовій конфігурації, модулі SKiiP мають у своєму складі драйвер із затвором для надійної ізоляції сигналу, надточні датчики струму та напруги, ефективний радіатор і можуть виконувати різноманітні функції захисту.

Еволюцію цих інтелектуальних силових модулів можна відслідкувати, аналізуючи ринок перетворювачів для вітроенергетики з його постійно змінюваними та зростаючими вимогами, які

завжди спонукали до розвитку та вдосконалення технології SKiiP. Для того, щоб нормально функціонувати в нерідко несприятливих умовах зовнішнього середовища, силова електроніка має бути надійною та стійкою. Завдяки інноваційним технологіям виготовлення, таким як спікання та з'єднання без пайки, новий модуль SKiiP 4 цілком відповідає цим вимогам.

СТРУКТУРА МОДУЛЯ SKiiP 4

Модуль SKiiP 4 побудований без базової плити; його притискають безпосередньо до верхньої частини охолоджувача. Між ними знаходиться попередньо нанесений тонкий шар високоефективного теплопровідного матеріалу. На рисунку 2 показані основні компоненти напівмосту SKiiP 4. (у конфігурації напівмосту)

Підкладка DCB (Direct copper bonding) модуля SKiiP 4, яка показана на рисунку 2, містить дві половини, до яких спікають IGBT і діоди; її притискають до радіатора компоненти, що лежать над нею. Конструкція напівмосту забезпечує рівномірний розподіл механічних зусиль у напрямку згори-вниз, від притискної частини на сендвіч-конструкцію силових шин. Цьому сприяє шар прес-піни. Сендвіч-конструкція силових шин утворена з плоских провідників, розташованих один над одним, з ізоляційними прокладками

між ними. Тиск передається на підкладку DCB, розташовану нижче; вона, у свою чергу, рівномірно притискається до верхньої охолоджувача.

Традиційні конструкції модулів, у яких використовується шар міді на підкладці та притискне з'єднання для розділення сигналів, передбачають низку технічних компромісів. Модуль SKiiP 4, навпаки, має три додаткові рівні, які забезпечують однаково ефективну передачу таких сигналів, як (+) і (–) напруги постійного струму, а також вихід напруги змінного струму (AC) на підкладку (DCB). Сендвіч-конструкція забезпечує наднизьку індуктивність шин в силовому модулі, а багатопальцеві контакти забезпечують передачу сигналів «вниз» до визначених точок на підкладці (DCB). Крім наднизької індуктивності шин від силового входу і до чипів, ще однією важливою перевагою сендвіч-конструкції з кількома пальцями є однорідний розподіл напруг та струмів вздовж підкладки (DCB). Це дозволяє одержати дуже рівномірний розподіл статичних і, що більш важливо, динамічних навантажень на окремі чипи.

Завдяки таким конструктивним рішенням напівміст SKiiP 4 забезпечує низку переваг порівняно зі звичайними конструкціями модулів у сильнострумівих застосуваннях, однією з яких є його надзвичайна міцність — ключовий параметр, який ще більше покращується завдяки спеціально розробленому повністтю цифровому драйверу SKiiP 4. Вся логічна схема драйвера інтегрована в розроблених SEMIKRON модулях ASIC (Application-specific integrated circuit, «інтегральна схема для специфічного застосування»), які використовують лише декілька зовнішніх компонентів і якими керує високошвидкісний процесор. Для виявлення небезпечних ситуацій драйвер використовує температуру

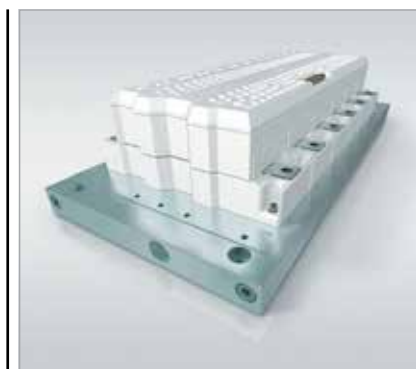


Рис. 1. Модуль SKiiP 4

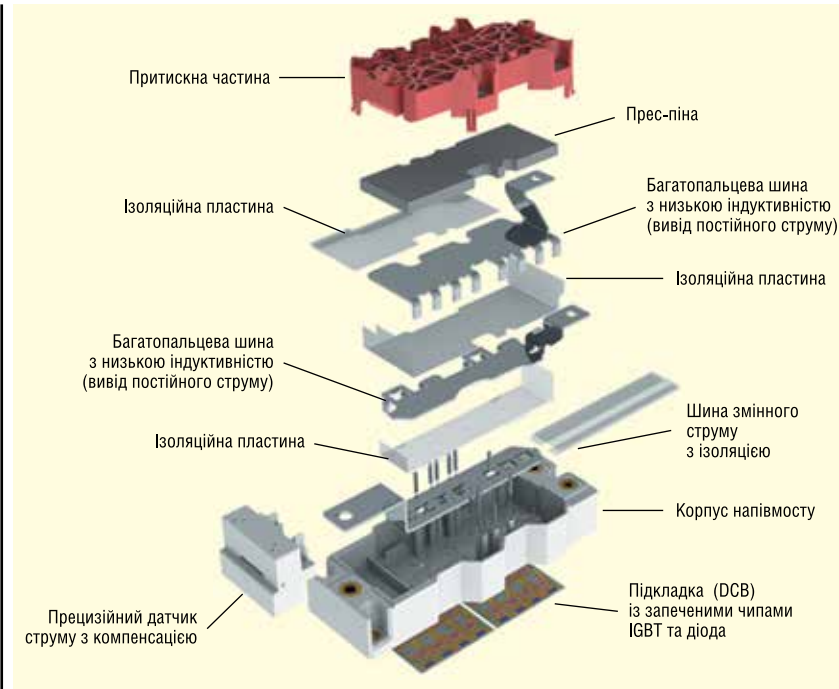


Рис. 2. Напівміст SKiiP 4 в розгорнутому вигляді

підкладки DCB, температуру самого драйвера, інформацію від інтегрованих швидкодіючих і точних датчиків струму у колі зворотного зв'язку, а також відслідковує вихід з насичення IGBT. За необхідності драйвер може ініціювати м'яке відключення IGBT і надіслати повідомлення про стан несправності системі керування через цифровий інтерфейс.

Через інтерфейс шини CAN можна встановити багато параметрів, захисних функцій і безпечних порогів спрацьовування, забезпечуючи високий рівень гнучкості та змін у конфігурації. Модуль SKiiP 4 також має режим «Подолання несправності» (Fault Ride Through (FRT)), який можна за потреби активувати, як це часто буває у за-

стосуваннях для індукційного генератора з подвійним живленням (double fed induction generator, DFIG). Програмований цифровий драйвер дає можливість споживачам застосовувати просто безліч варіантів конфігурації через інтерфейс CAN і поставляється з заводу з широким набором регульованих, гнучких опцій, що дозволяє реалізувати навіть найбільш незвичні або специфічні функції, потрібні клієнту; також можливі різноманітні варіанти дизайну інтерфейсу.

НАДІЙНІСТЬ І СТІЙКІСТЬ

Окрім надійності самого напівмосту SKiiP 4 і багатьох різноманітних функцій захисту драйвера, значний вплив на його надійність у польових умовах мають інші фактори, тобто умови навколишнього середовища, або, іншими словами, як силові модулі працюють у реальних умовах експлуатації, включаючи можливі фактори впливу, що діють на компоненти. На ринку перетворювачів для вітроенергетики важливу роль відіграють вологість і температура, а також здатність витримувати циклічні навантаження. Можливості модуля SKiiP 4, розробленого в основному на основі кліматичних умов класу 3К3, були значно розширені у ключових напрямках, як видно на графіку температури/вологості (рис. 3).

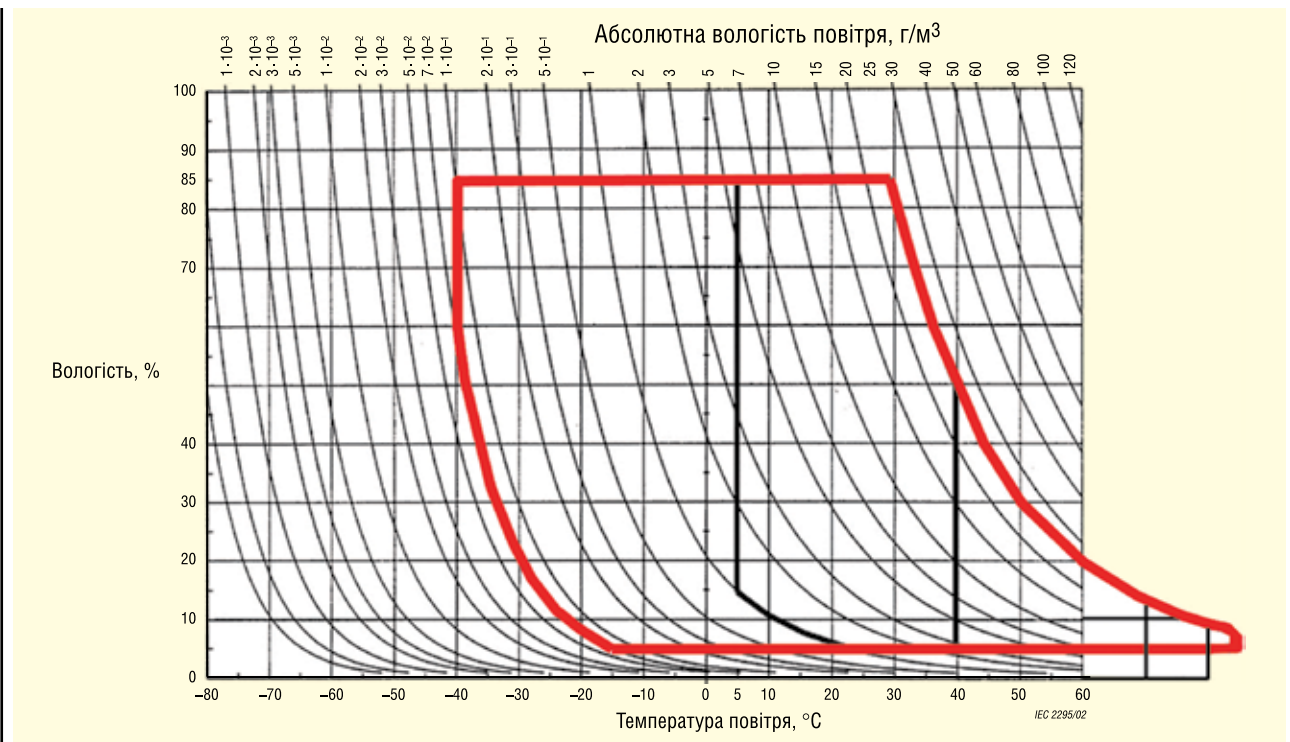


Рис. 3. Кліматичні умови класу 3К3 (чорний колір) і розширена область, досягнута SKiiP 4 (червоний колір)

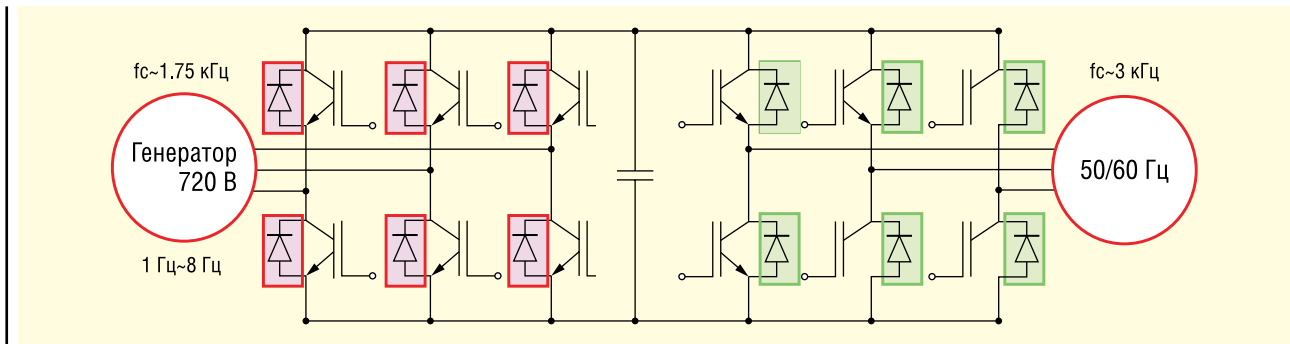


Рис. 4. Повномасштабна топологія back-to-back перетворювача

Для областей високих і низьких температур модуль SKiiP 4 (червона лінія) розрахований на роботу в умовах навколишнього середовища, що виходять далеко за межі класу ЗКЗ (чорна лінія), підкреслюючи надійність модуля з його інтегрованим силовим каскадом, драйвером та інтегрованими датчиками струму, в тому числі для роботи в офшорних (морських, прибережних) вітрових установках. Насправді умови, в яких працюють вітрові електростанції, не повністю охоплюються класом експлуатації ЗКЗ. Реальні кліматичні умови, що інколи виникають, є однією з відомих причин деяких передчасних відмов обладнання після багатьох років безперервної роботи. Розробка та відповідний вибір компоновки модуля може допомогти значно знизити інтенсивність відмов, що підтверджено статистичними даними щодо інтенсивності відмов модуля SKiiP 4 у порівнянні з інтенсивністю відмов силових модулів із меншою кількістю захисних функцій. Це стосується не тільки термостійкості або вологостійкості, але і стійкості до циклічності навантаження, що є ключовим параметром при конструюванні силових модулів, особливо для силових електроніки зі сторони генератора.

За кількома винятками, більшість сучасних вітрових турбін використовують back-to-back перетворювачі (рис. 4): перетворювачі з боку мережі, які працюють на частоті 50/60 Гц, і перетворювачі з боку генератора, які звичайно працюють на частотах починаючи з кількох герц (DFIG і Direct Drive) до частот понад 100 Гц (для застосувань з постійними магнітами та індукційними генераторами).

Тут робота на низьких частотах може спричинити відчутне коливання температури в компонентах силових електроніки, оскільки на цій частоті генератора струм навантаження по черзі керується діодами та IGBT. Через обмежену теплоємність, яку можна розділити

між діодами та IGBT, підвищення температури буде тим більшим, чим менша вихідна частота. Для силового модуля на боці генератора це призводить до значного зростання циклічного навантаження, що впливає на механічне з'єднання між самим чипом і з'єднанням з підкладкою (DBC), а також на провідники, які з'єднують між собою компоненти силового модуля, що призводить до передчасного виходу з ладу цих компонентів. Більше того, з'єднання «DCB-чип великої площі» особливо чутливе до фактори впливу, спричинених циклічною зміною навантаження.

СПІКАННЯ

Ще в 2007 році компанія SEMIKRON розробила процес спікання, який можна використовувати для з'єднання чипів, і вперше застосувала спікання в серійному силовому модулі SKiiP 4. У цьому процесі замість звичайного паяного з'єднання між чипом та підкладкою (DCB) застосовують срібний порошок для спікання, температура плавлення якого приблизно в чотири рази перевищує температуру звичайного припою, і який розплавляють під тиском в умовах чистого приміщення. В результаті створюється надзвичайно міцне та довговічне з'єднання між металізованою нижньою частиною чипа та металеву поверхню підкладки (DCB).

Однак у спікання є свої проблеми. Вони пов'язані з тонкою структурою кремнієвих чипів і величезним тиском, який діє на компоненти. Тим не менше перевірка кількості циклів навантаження, які можуть витримувати з'єднання спіканням, показує, що їх здатність до циклічного навантаження у шість-вісім разів вища, ніж у звичайних паяних з'єднань. Тому з'єднання компонентів модуля спіканням має вирішальне значення, коли необхідно досягти високого ступеня надійності, і воно абсо-

лютно необхідне для перетворювачів вітроенергетики, особливо зі сторони генератора. Процес спікання, який використовує SEMIKRON, постійно вдосконалюється з метою подальшого підвищення надійності.

На додаток до високої здатності витримувати циклічні навантаження, важливу роль у забезпеченні безпеки та надійної роботи перетворювача відіграє також максимальна температура р-п переходу чипів, що вимагає ефективного розсіювання їхніх теплових втрат.

ОХОЛОДЖЕННЯ

На сучасному ринку перетворювачів для систем сонячної енергетики найпоширенішим рішенням є системи повітряного охолодження. Коли йдеться про використання енергії вітру, охолоджувачі водою виявилися найефективнішими завдяки високій здатності відводити тепло та продуктивності, яким мають відповідати перетворювачі, які використовуються для потреб вітроенергетики. Модулі SKiiP поставляються як з водяним, так і з повітряним охолодженням.

ВИСОКОПРОДУКТИВНИЙ ОХОЛОДЖУВАЧ (HIGH-PERFORMANCE COOLER, HPC)

З початку 2021 року модуль SKiiP 4 оснащений спеціально розробленим високопродуктивним водяним охолоджувачем із ребрами спеціальної форми як альтернативою існуючому водяному охолоджувачу. Два різних водяних охолоджувачі модуля SKiiP 4, які оптимізовані для модуля SKiiP 4 без базової плити, показані на рисунку 5.

Тепловий опір чипів з охолоджувачем стандартної форми (рис. 5а) достатньо сильно залежить від положення

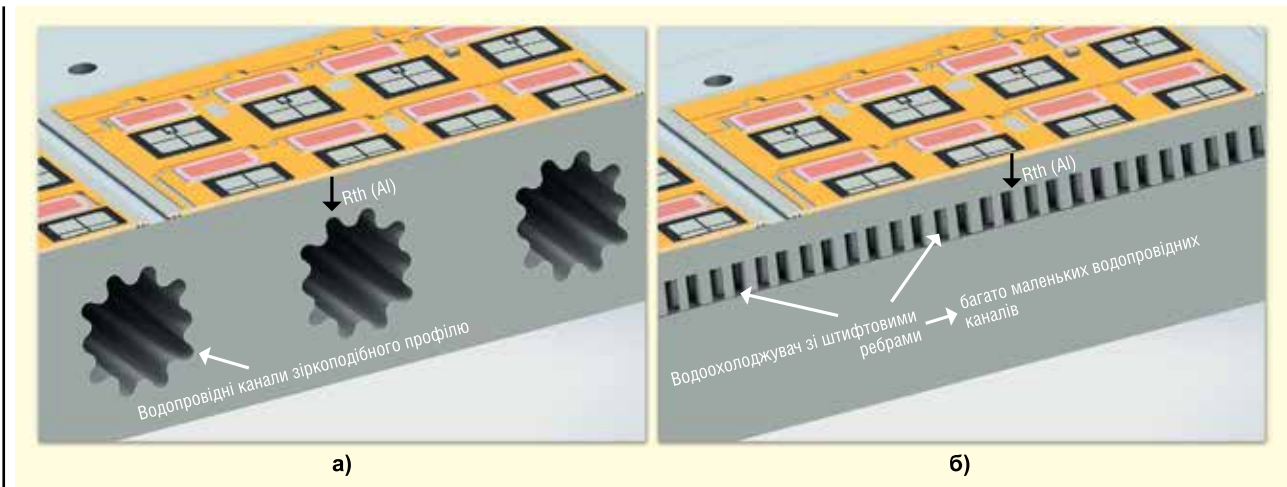


Рис. 5. Стандартний охолоджувач з ребрами у формі зірки (а); новий високопродуктивний охолоджувач (НРС) (б)

чипів. Це пояснюється різною відстанню між кожним із чипів та водяними каналами в такому охолоджувачі. Із-за виробничих обмежень шлях, по якому тепловий потік від IGBT і діодів розповсюджується через алюміній до водяного каналу, є відносно довгим.

Нова конструкція високопродуктивного охолоджувача із ребрами спеціальної форми забезпечує набагато ефективніші умови охолодження чипа. Поперечний переріз охолоджувача показує, що відстань проходження тепла від чипів до води значно коротша та розподіляється набагато однорідніше по всій підкладці DCB для всіх чипів. Геометрію фінальної конструкції ребра було оптимізовано для відповідних розмірів чипів та їх розташування на модулі напівмосту SKiiP 4 без базової пластини. У результаті тепловий опір чипів, встановлених на DCB з високопродуктивним охолоджувачем, приблизно вдвічі менший, ніж у стандартного водяного охолоджувача за аналогічної швидкості потоку води, а допустима втрата тиску води лише трохи вища.

Для нового модуля SKiiP 4, встановленого на високопродуктивному охолоджувачі, це означає збільшення вихідного струму приблизно на 25%, тобто збільшення потужності на 25% за такого самого зростання температури на проміжку між p - n -переходом чипа та водою. На рисунку 6 показана максимальна температура p - n -переходу як функція вихідного струму для стандартного охолоджувача (NHC300) і нового охолоджувача НРС.

Ці дані були отримані за допомогою веб-програми моделювання SEMIKRON SemiSel V5 і вони стосуються нового модуля SKiiP2414GB17E4-4DUHP з охолоджувачем НРС та параметрами

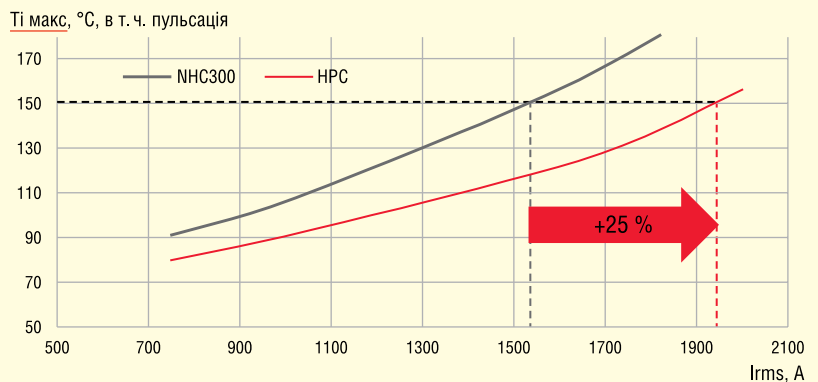


Рис. 6. Збільшений вихідний струм із SKiiP 4: допустимі струми зі стандартним охолоджувачем NHC300 і новим охолоджувачем НРС

$V_{DC} = 1150 \text{ В}$, $m = 0.85$, $\cos(\phi) = 0.85$, $f_{sw} = 2.5 \text{ кГц}$, $T_w = 55 \text{ °C}$ (16 л/хв., холодоагент — розчин 50% етиленгліколю).

Однією з головних причин, чому стало можливим таке значне збільшення потужності, є скорочення шляхів від точок, де відбуваються втрати потужності в чипі, до води; іншими словами, збільшення потужності стало можливим тому що в конструкції вдалося обійтися без додаткової базової пластини. Це означає, що можна створити більш компактні перетворювачі з набагато більшою питомою потужністю за набагато вигіднішими цінами за одиницю потужності.

Для модулів SKiiP, які вже широко використовуються у перетворювачах для вітроенергетики провідних світових виробників, це фактично відкриває можливість їх дооснащення в рамках оновлення. Тобто в уже існуючій вітрової установці можна замінити стандартний модуль SKiiP новою модифікацією цього модуля, яка сумісна з точки зору механічної конструкції, але забезпечує на 25% більше потужності. В результаті можна одержати значне збільшення ви-

хідної потужності з мінімальними затратами часу та зусиль.

Двостороння конструкція охолоджувача з модулем SKiiP 4 з кожного боку (однозначно, з усіх сторін) (рис. 7) сприяє подальшому збільшенню питомої по-

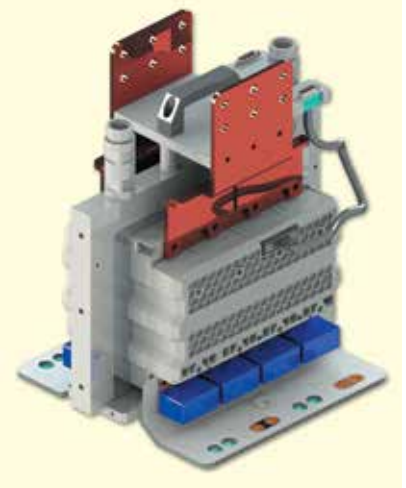


Рис. 7. Подвійний модуль SKiiP з охолоджувачем НРС

тужності. При її правильному розташуванні це також може полегшити доступ до ланки постійного струму.

Для кращого уявлення про те, як двосторонній модуль SKiiP 4 може бути сумісним з конструкцією ланки постійного струму (вона тут не показана), наприклад, у вигляді збірки, на рисунку 6 показані деякі з опційних додаткових частин, а саме сендвіч-конструкція шин для DC(+) і DC(-), що з'єднує двосторонній SKiiP з ланкою постійного струму, двома лініями водопостачання та монтажним кріпленням. Двосторонній високопродуктивний охолоджувач (*double-sided high-performance cooler, DHPC*) має дві окремі внутрішні ділянки з ребрами спеціальної форми, які з'єднані паралельно, тобто він працює так само, як два незалежних охолоджувачі НРС, і його роботу можна легко моделювати за допомогою програми SemiSel V5.

Така конструкція може полегшити доступ до ланки постійного струму, за умови, що один модуль SKiiP розташований з одного боку від DHPC, наприклад, біля однієї фази генератора, а другий модуль SKiiP з другого боку DHPC працює з фазою мережі. Це гарантує, що частина струму проходить по найкоротшому шляху зі сторони генератора через ланку постійного струму на сторону мережі. Крім того, таке розташування зменшить втрати і пульсації струму у конденсаторі ланки постійного струму, у порівнянні з окремо виділеним генератором і перетворювачем на стороні мережі, що розташовані на деякій відстані один від одного.

АСИМЕТРИЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ЧИПІВ

Через порівняно низькі частоти на стороні генератора та високі частоти на стороні мережі, а також через потрібну полярність напруги постійного струму вимоги, яким мають відповідати силові каскади, можуть суттєво відрізнятися. Залежно від типу використовуваного генератора цілком може бути так, що для генератора знадобляться набагато потужніші та, як наслідок, більші за розмірами діоди, ніж ті, що застосовуються у стандартних модулях. Найбільш очевидним варіантом було б додати більшу кількість стандартних напівмостів і передбачити для діодів додаткове місце, необхідне для їх розміщення. Однак таке рішення збільшило б загальний об'єм і означало б, що площа

для чипів IGBT, за яку платить споживач, не використовується; тому такий підхід не є бездоганним.

Завдяки унікальній конструкції шини з кількома пальцевими відводами та надзвичайно рівномірному розподілу струму по підкладці DCB, напівмост модуля SKiiP 4 має одну дуже важливу перевагу перед конструкціями звичайних модулів. Загальна площа, виділена у чипі для діодів, може бути збільшена на підкладці DCB без серйозних небажаних ефектів перерозподілу струму на цій підкладці. На практиці це означає, що вперше в силовому електронному модулі можливі варіації виконання стандартного напівмосту SKiiP 4 згідно з конкретними потребами замовника або для конкретних особливостей застосування модулів, і, завдяки можливості асиметричного розташування чипів, що дало змогу отримати необхідний розподіл струму між чипами IGBT та чипами діодів. За потреби початковий об'єм для розміщення діодів можна навіть збільшити до 50% без необхідності застосовувати додатковий напівмост.

Розглянуті вище підходи мають особливий сенс у генераторах, які виробляють високі вихідні напруги вже при низькій номінальній частоті. Практика показала, що збільшенням місця для розташування діодів в напівмості SKiiP 4 лише в межах від 13 до приблизно 20% можна легко досягти необхідної довговічності модулів завдяки їх високій стійкості до циклів високих навантажень, що, в свою чергу, є результатом застосування з'єднань спіканням всередині модулів.

Двосторонній високопродуктивний охолоджувач у поєднанні з асиметричним розташуванням чипів є ключовим технічним рішенням, яке робить силові модулі компактнішими та гнучкішими для використання, що дозволяє скоротити витрати сировини та досягти величезної економії коштів.

Більш детальну інформацію щодо продукції Semikron Danfoss можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ НВП «Техносервіс-привід»:

**03057, м. Київ,
пр-т Берестейський, 56,
офіс 335,
тел. +38 (044) 458-47-66,
e-mail: sp.tsdrive@gmail.com,
www.tsdrive.com.ua,
https://semismart.com.ua** CN

СТВОРЕНО РЕКОРДНУ ЗА ГУСТИНОЮ ЕНЕРГІЇ ЛІТІЙ-ПОВІТРЯНУ БАТАРЕЮ

Багато власників електромоделів мріють про акумулятор, якого вистачало б на півтори тисячі кілометрів без підзаряджання. Фахівці з Аргонської національної лабораторії Міненергетики США розробили літій-повітряну батарею, яка одного дня зможе живити регіональні літаки і фури. Вони домоглися найвищої на сьогодні густини енергії для елементів живлення такого типу.

Основний компонент нової літій-повітряної батареї — твердотілий електроліт. На відміну від рідких, вони не схильні до протікання і займання, тобто набагато безпечніші. Але це ще не все — хімія нової батареї дає змогу збільшити густину енергії чвертеро порівняно з літій-іонною. Це означає, що запас ходу акумулятора стане в рази більшим.

«У цієї літій-іонної батареї найвища задана густина енергії серед будь-яких батарей, які вважаються наступним поколінням після літій-іонних», — заявив Ларрі Кертісс.

У літій-повітряних батареях попередніх конструкцій літій у літій-металевому аноді рухався через рідкий електроліт, щоб у процесі розряджання з'єднатися з киснем і перетворитися на пероксид літію або супероксид літію на катоді. Під час заряджання пероксид або супероксид знову розщеплюється на літій і оксид.

Новий твердотілий електроліт складається з керамічного полімерного матеріалу з відносно недорогих елементів у вигляді наночастинок, повідомляє Phys.org. У результаті хімічної реакції у фазі розряджання виробляється оксид літію. Суть у тому, що в реакції з супероксидом або пероксидом літію на одну молекулу кисню припадає один або два атоми електрона, тоді як у випадку оксиду літію — чотири. Чим більше електронів — тим вища густина енергії.

Вченим вдалося розробити першу літій-повітряну батарею, здатну досягти чотириелектронної реакції за кімнатної температури. Також вона може працювати з киснем, отриманим із повітря навколишнього середовища. Це дасть змогу відмовитися від кисневих балонів. А випробування показали, що нова батарея здатна витримувати до 1000 циклів зарядки-розрядки без втрати стабільності.

<https://phys.org/>

НВП "ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД"

Офіційний представник Semikron Danfoss в Україні

www.tsdrive.com.ua



**SEMİKRON
DANFOSS**

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



03057, Київ-57, пр-т Берестейський, 56, оф. 335,
тел./факс: (044) 458 47 66
E-mail: sp.tsdrive@gmail.com

Паралельне включення MOSFET у лінійних схемах

Володимир Кондратьєв, інженер

У статті розглядається розв'язання задачі паралельного ввімкнення силових MOSFET у лінійних схемах з метою збільшення максимально допустимого вихідного струму.

ВСТУП

У джерелах живлення нерідко використовують паралельно встановлені силові MOSFET для збільшення максимально допустимого вихідного струму. Їхнє використання спрощується завдяки позитивному температурному коефіцієнту опору відкритого каналу $R_{DS(ON)}$ MOSFET, який запобігає протіканню всього струму регулятора через окремий MOSFET унаслідок нерівномірного розподілу. Однак ця умова виконується в тих випадках, коли MOSFET повністю відкритий (у ділянці насичення), як у комутаційних схемах, а не тоді, коли транзистор працює в лінійній ділянці характеристики.

Таким чином, в імпульсних джерелах живлення характеристики паралельно ввімкнених силових MOSFET відповідають задуму розробника, якщо їх застосовують як силові ключі в каскадах перетворення потужності, а не як силові MOSFET для захисту схеми та електронного навантаження. До інших прикладів використання силових MOSFET належать електронні запобіжники та схеми з гарячою заміною, у яких ці ключі працюють у лінійній області. Ми розглянемо питання, пов'язані з використанням паралельно ввімкнених силових MOSFET у таких лінійних колах, а також опишемо методи розподілу струму в цих застосуваннях.

ПАРАЛЕЛЬНІ MOSFET: СФЕРА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ І ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ЧЕРЕЗ ТЕМПЕРАТУРУ

Паралельне включення силових транзисторів — звичайний метод підвищення допустимого навантаження за

струмом. У біполярних транзисторах через негативний температурний коефіцієнт напруги (ТКН) база–емітер V_{BE} струм колектора зростає з температурою. Це зростання можна контролювати, оскільки значна крутість характеристики біполярного транзистора дає змогу керувати розподілом струму за допомогою емітерних резисторів. Зауважимо, однак, що у всієї групи паралельно ввімкнених біполярних транзисторів усе ще може спостерігатися відхилення

параметрів у разі зміни температури, якщо не передбачено температурної компенсації або вони перебувають у контурі керування струмом.

Однак із появою MOSFET ситуація змінилася. Як видно з рисунка 1, позитивний температурний коефіцієнт $R_{DS(ON)}$ MOSFET означає, що окремий пристрій обмежує власний струм стоку. Однак при цьому необхідно, щоб драйвер затвора MOSFET формував напругу для повного відмикання ключів. Проте, ця ситуація відрізняється від тих, коли MOSFET працюють у тріодній або лінійній сферах, оскільки ці ключі перебувають у лінійному ланцюзі.

Таким чином, це одна з проблем під час паралельного вмикання силових

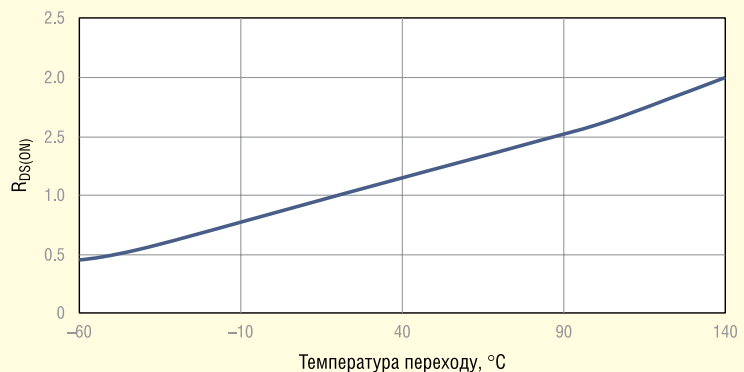


Рис. 1. У MOSFET — позитивний температурний коефіцієнт опору $R_{DS(ON)}$

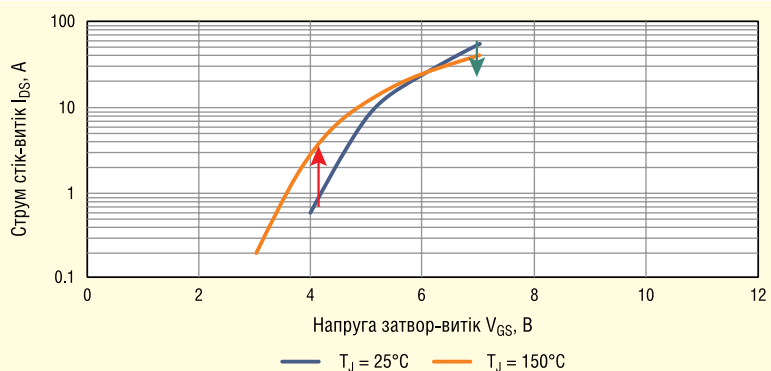


Рис. 2. Залежність напруги затвор–витік V_{GS} MOSFET від температури

MOSFET у лінійних колах. Друга складність виникає через температурний коефіцієнт напруги V_{GS} (див. рис. 2). Хоча у більшості MOSFET залежність струму стоку від напруги затвора характеризується від'ємним температурним коефіцієнтом, як показано зеленою стрілкою, ця область з'являється тільки за надто високих струмів, які не використовуються. Більша частина кривої, як показано червоною стрілкою, має позитивний температурний коефіцієнт струму стоку, що перешкоджає коректному розподілу струму і може призвести до теплового відхилення параметрів одного або декількох паралельних MOSFET.

Лінійні схеми, які допускають паралельне ввімкнення силових MOSFET, поділяються на такі три основні категорії:

- Прості паралельні конфігурації MOSFET, які не рекомендується використовувати.
- Електронні запобіжники eFuse, або захисні схеми комутованого типу, які зазвичай повністю відкриті, але можуть переходити в струмообмежувальні режими ввімкнення та захисту, які вимагають лінійної робочої характеристики одного або декількох паралельних MOSFET.
- Електронні навантаження і лінійні підсилювачі потужності, в яких MOSFET завжди перебувають у лінійній області. Підкреслимо, що в цій статті основна увага приділяється лінійному і тепловому режимам роботи паралельно ввімкнених MOSFET. Зазвичай рекомендується встановлювати послідовні резистори затвора величиною 10–100 Ом для запобігання паразитних коливань у MOSFET.

КОЛА ЕЛЕКТРОННОГО ЗАПОБІЖНИКА ТА СТРУМООБМЕЖУВАЛЬНОГО КЛЮЧА

Пристрої eFuse виконують майже ті самі функції, що й контролери напруги з можливістю гарячої заміни. Ці пристрої обох типів працюють у компутаційному та лінійному режимах. За потреби їх можна повністю вимкнути, повністю відкрити або використовувати в лінійному захисному режимі. Зауважимо, що в деяких застосуваннях електронні запобіжники мають тільки режими повного вимкнення або увімкнення (під час комутації). Такі додатки забезпечують надійну реалізацію паралельно ввімкнених MOSFET. В іншому разі ви-

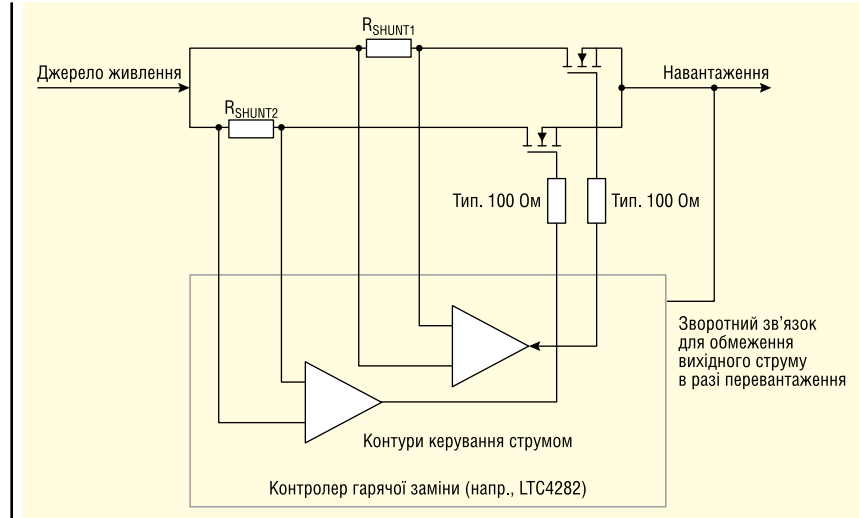


Рис. 3. Приклад контролера гарячої заміни, призначеного для керування паралельними MOSFET і забезпечення всієї області безпечної роботи кожного транзистора

ваються додаткові заходи щодо розподілу струму.

Запобіжники eFuse і контролери гарячої заміни зазвичай здійснюють вимірювання струму і керування затвором захисного регульовального контуру MOSFET. Багато контролерів оснащено одним датчиком струму й одним драйвером затвора. За допомогою контролера цього типу можна запаралелити MOSFET, але слід врахувати, що коли один драйвер затвора керує двома (або більше) транзисторами, можлива ситуація нерівномірного розподілу струму в паралельно ввімкнених транзисторах.

Ця ситуація сама по собі не є небезпечною або небажаною — потрібно, щоб розробник ставився до пари MOSFET так, начебто в них була одна область безпечної роботи. Як правило, щоразу, коли один і той самий драйвер затвора здійснює керування більш ніж одним MOSFET, доводиться виходити з області безпечної роботи лише одного MOSFET (незважаючи на перевагу використання повністю увімкненого MOSFET з меншим $R_{DS(ON)}$).

Деякі нещодавно вдосконалені контролери здійснюють окремі вимірювання струму та керування затвором кожного MOSFET. У результаті ефективність MOSFET зростає завдяки використанню всієї області безпечної роботи пари ключів (або іншої кількості пристроїв, яким контролер виділив канали).

На рисунку 3 наведено приклад саме такого контролера. Як ми побачимо, концепції, що використовуються в LTC4282, можна застосувати до паралельного ввімкнення MOSFET у будь-якій лінійній схемі для реалізації всієї

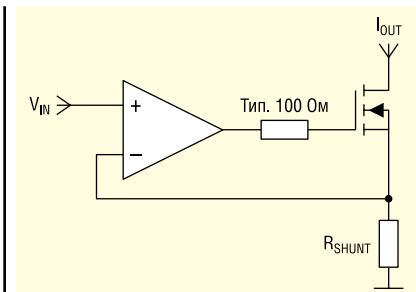


Рис. 4. Спрощена схема каналу електронного навантаження

SOA кількох MOSFET. Ідея в тому, що запаралелюються схеми керування, а не тільки MOSFET.

РОЗРОБКА ЛІНІЙНИХ СХЕМ ІЗ ПАРАЛЕЛЬНИМИ MOSFET

Протягом багатьох років електронні навантаження демонструють надійну роботу паралельно ввімкнених MOSFET. Основний блок електронного навантаження складається з ОП і джерела струму, що базується на силових MOSFET (див. рис. 4).

Робота цієї знайомої і простої схеми зрозуміла. Вхідна напруга V_{IN} задає струм; при цьому її значення визначається як функція V_{IN} і шунтувального резистора за допомогою простого рівняння, яке може бути застосовано до схем на рисунках 3–4:

$$I_{OUT} = \frac{V_{IN}}{R_{SHUNT}}$$

У наявних на ринку електронних навантажень використовують групу цих

ГІБРИДНА МІКРОСХЕМА

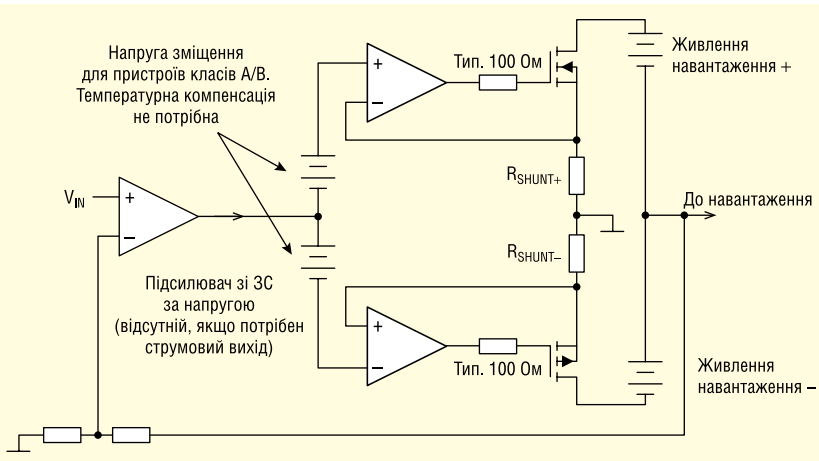


Рис. 5. У цій топології підсилювача потужності з лінійною вихідною напругою використовуються контури керування струмом для кожного MOSFET і загальний контур зворотного зв'язку за напругою

Якщо система будується у вигляді гібридної мікросхеми, можна скористатися ще одним досить незвичайним методом паралельного включення. У цьому разі купуються некорпусовані кристали MOSFET з гарантією від виробника, що вони розташовувалися на одній напівпровідниковій пластині до її різання, і тому у них майже однакові характеристики.

Такий метод було успішно реалізовано компанією Arax Microtechnology в потужних лінійних підсилювачах, робота яких виявилася стійкою і надійною. Як приклад наведемо підсилювач PA05 від Arax (див. рис. 7).

ВИСНОВКИ

Отже, пряме паралельне ввімкнення дискретних MOSFET навіть із використанням емітерних резисторів не забезпечує довгострокову надійність за екстремальних значень напруги живлення, робочої температури та умов навантаження. Рішення з використанням кристалів з однієї пластини, які забезпечують майже ідеальне узгодження MOSFET, було випробувано на виробництві, але є складним у реалізації та дорогим.

На щастя, сучасні операційні підсилювачі компактні, економічні та мають характеристики, що спрощують розробку схем, які забезпечують безпечно паралельне з'єднання MOSFET. Мікросхеми контролерів гарячої заміни, електронні запобіжники та блоки навантаження підтверджують доцільність схемної методики паралельного включення MOSFET.

Нарешті, рекомендується застосовувати MOSFET великого розміру, який виключає необхідність у паралельно-

паралельно ввімкнених джерел струму, що забезпечує необхідний високий струм, потужність і область безпечної роботи. Якщо базова схема є джерелом струму, то блоки навантаження можуть оснащуватися загальними контурами керування, щоб забезпечити постійний струм, постійну напругу, зробити їх резистивними і навіть реактивними. Мало того, ці блоки навантаження дають змогу надійно запаралелити велику кількість схем MOSFET, а не тільки власне MOSFET.

У лінійному підсилювачі потужності або двоспрямованому електронному навантаженні вихідний силовий каскад із плаваючим навантаженням легко конфігурується як вихідне коло джерела струму (див. рис. 5). Вихід джерела напруги забезпечується за допомогою додаткового підсилювача на вході із загальним колом зворотного зв'язку від навантаження. Локальні схеми MOSFET здійснюють контроль зміщення струму спокую залежно від температури, а та-

кож розподіл струму. Характеристики керування струмом схеми покращують за допомогою операційних підсилювачів із високою вихідним опором і малим зміщенням.

Зауважимо, що ця схемна конфігурація вихідного каскаду вимагає враховувати такі параметри MOSFET, як коефіцієнт посилення за напругою, а також смугу пропускання і фазовий зсув при використанні із загальним контуром. Перевага такої конфігурації в тому, що ОП керування можуть працювати від стандартних джерел живлення ОП з порівняно меншою напругою (наприклад, від ± 15 В), а вихідний каскад підсилює напругу і забезпечує вищі напруги, обмежені лише номінальною напругою MOSFET і напругою джерел живлення у вихідному каскаді.

Метод паралельного включення MOSFET на основі схеми на рисунку 5 ілюструється рисунком 6. Зверніть увагу на просте з'єднання вхідів і виходів окремих джерел струму.

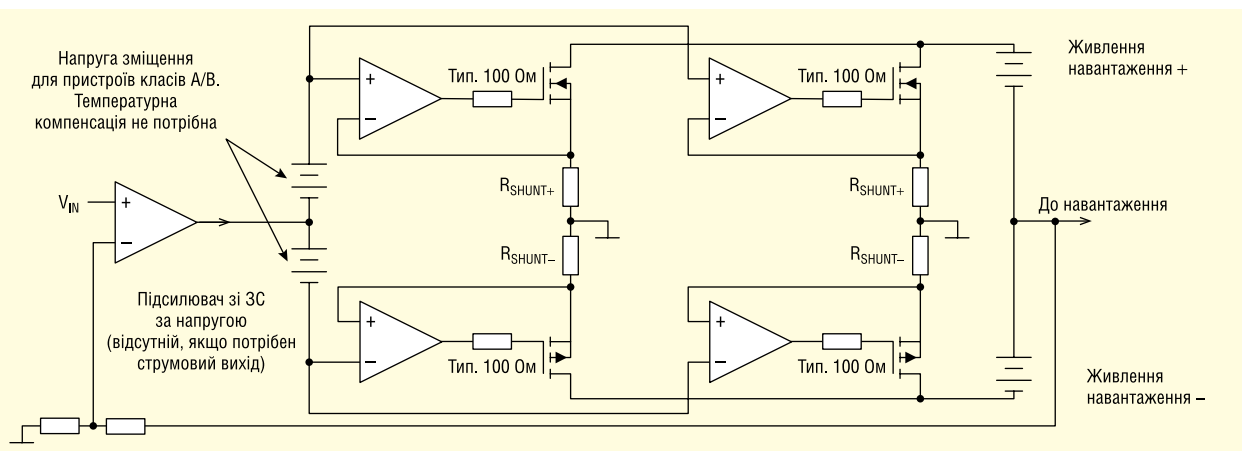


Рис. 6. Лінійний підсилювач потужності з окремо керуваними паралельними MOSFET, що керуються окремо

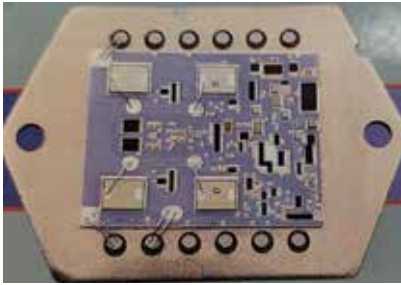


Рис. 7. Операційний підсилювач потужності PA05 від Арех забезпечує паралельне включення MOSFET, виготовлених з однієї напівпровідникової пластини. До MOSFET прикріплені кристал біполярного транзистора слабкого сигналу для теплового обмеження



Рис. 8. Великі MOSFET IXYS IXA60IF1200NA в корпусі SOT-227 забезпечують необхідну потужність, виключаючи необхідність у паралельному включенні

му підключенні пристроїв. До таких MOSFET, наприклад, належать IXYS IXA60IF1200NA на 88 А/1200 В. Багато з цих великих MOSFET випускаються в корпусах SOT-227 (див. рис. 8).

Більш детальну інформацію можна отримати, звернувшись до партнера компанії Infineon на території України – компанії Rainbow Technologies:
04112, Україна, м. Київ,
вул. Дегтярівська, 62, оф. 46,
тел./факс: (044) 290-41-69,
(044) 290-41-82,
e-mail: svl@rainbow.com.ua,
www.rainbow.com.ua

Література:

1. Using power MOSFETs in parallel. Nexperia application note AN11599. July. 2015.
2. James B. Forsythe. Paralleling Of Power MOSFETs for Higher Power Output. International Rectifier.
3. Toshiba FAQ. What are the considerations when using MOSFETs in parallel? **CN**

RAINBOW

TECHNOLOGIES

ODU

A PERFECT ALLIANCE.

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

Радіотелефонія та передача даних по радіоканалу

- Відміне екранування
- Відмінні характеристики

З'єднання з каскою

- Мінімальні розміри / низькопрофільний рознімач

Прилади нічного бачення / дисплеї TFR

- Версія з підружничними контактами рогу ріп

Персональний комп'ютер

- Малий розмір
- Мала вага
- Можливе колірне кодування

Модуль навігації

- Версія з простим розміщенням контактів

Обмін даними з автомобілем

- З'єднання роз'єднання під навантаженням

Блок управління, що носить

- З'єднання кабель-кабель

GPS антена

- Квадратні розміри розміру "0"
- Push-pull зачіпка

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

Компактний і легкий тяговий інвертор потужністю 600 кВт на SiC MOSFET-модулях Wolfspeed

Метью Фетадо (Matthew Feutado), Деніел Мартін (Daniel Martin),
Переклад: Євген Карташов, Валерія Смирнова

Тяговий привід — це вузол, де споживається майже вся енергія електромобіля (EV). Тому привідна система має працювати з найбільшою ефективністю, мати малу вагу і займати мінімально можливий простір — все це необхідно для максимального збільшення пробігу EV. Через використання здвоєних приводів для підвищення тягових характеристик, а також архітектури 800 В для зниження втрат промисловість потребує інверторів, що забезпечують збільшення вихідної потужності завдяки меншим габаритам і значно перевершують за густиною потужності можливості технологій на основі кремнію (Si), таких як IGBT. Силкові карбідокремнієві (SiC) модулі останнього покоління Wolfspeed розроблені для задоволення цих вимог завдяки зниженню втрат, збільшенню густини потужності та зменшенню габаритів. У статті описано еталонну конструкцію здвоєного трифазного інвертора CRD600DA12E-XM3 і показано, як його компоненти, включно із силовим модулем SAB450M12XM3 із драйвером CGD12HBXMP, створюють поряд з іншими ключовими технологіями рішення для тягових приводів електромобілів наступного покоління.

КОНСТРУКЦІЯ ІНВЕРТОРА CRD600DA12E-XM3

Інвертор CRD600DA12E-XM3 містить два силові модулі SAB450M12XM3, кожен з яких керується драйвером CGD12HBXMP (рис. 1). Основна мета розробки полягає в підвищенні продуктивності системи шляхом збільшення потужності та зниження паразитної індуктивності конструкції, а також зменшення її вартості та складності.

Під час розроблення системи враховували п'ять ключових моментів:

1. Висока густина потужності, що досягається завдяки використанню технології карбиду кремнію (SiC). Оскільки чипи SiC здатні працювати за великих температур, для підвищення густини потужності потрібне

впровадження передових технологій розсіювання тепла.

2. Високі швидкості комутації роблять систему більш схильною до перевантажень і осциляцій, викликаних наявністю паразитної індуктивності. Це вимагає мінімізації розподіленої індуктивності завдяки оптимізації дизайну силових шин.
3. Описана вище проблема також вимагає застосування низькоіндуктивних компактних емностей, що допускають високі пульсації струму.
4. Драйвер затвора повинен мати достатню потужність, необхідну для роботи на високих швидкостях комутації, що забезпечуються SiC-технологією.
5. Загальна густина потужності має відповідати вимогам кінцевого застосування.

ВИБІР ПЛАТФОРМИ СИЛОВОГО МОДУЛЯ: XM3

Силовий модуль 100% SiC, створений на платформі Wolfspeed XM3, є очевидним вибором завдяки відмінним показникам густини потужності. Його вага і габарити приблизно вдвічі менші, ніж у стандартного 62-мм модуля, різниця ще більш виражена, як порівняти з корпусом EconoDUAL (рис. 2).

У конструкції платформи XM3 передбачено планарні шини, що перекиваються і забезпечують зниження паразитної індуктивності. Широкі та низькопрофільні струмові контури всередині модуля гарантують рівномірний розподіл струмів між чипами, що забезпечує їхні еквівалентні опори у відкритому стані. Силкові термінали модуля зміщені по вертикалі, це дає змогу спростити конструкцію DC-шини, що з'єднає конденсатори ланки постійного струму і модуль, і залишається ламінованою до самого модуля.

У результаті сумарна паразитна індуктивність силового контуру — всього 6.7 нГн при частоті 10 МГц. Це приблизно вдвічі менше, ніж у стандартних промислових модулів, до того ж розміри основи (53×80 мм) становлять менше половини. Платформа XM3 пропонує компоненти, оптимізовані за характеристиками перемикачів і провідності для різних цільових застосувань. До них належить напівмостовий модуль SAB450M12XM3 (1200 В, 450 А), використаний в описуваній системі.

Модулі XM3 мають вбудований датчик температури, встановлений поруч із нижнім ключем; положення контакту для моніторингу напруги насичення (de-sat) забезпечує простоту інтеграції драйвера; високонадійна під-

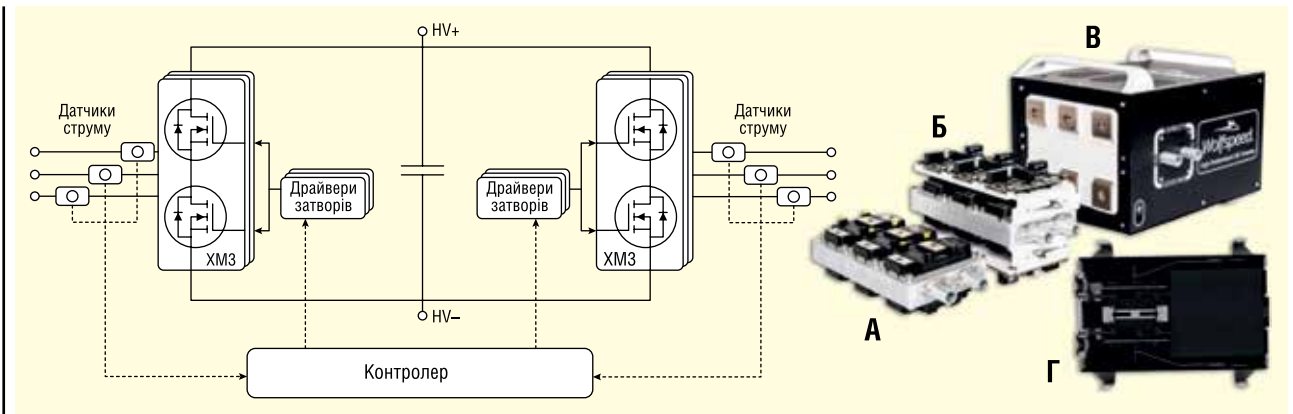


Рис. 1. На блок-схемі системи (ліворуч) виділено три основні компоненти: два силові модулі, драйвери затворів і контролер. Модулі змонтовані на теплостіці (А), на них встановлена плата керування з драйверами (Б). Здвоєний інвертор поміщено в корпус (В). Ручки й опори передбачені для зручності транспортування. Г – поперечний переріз 204×267.5 мм

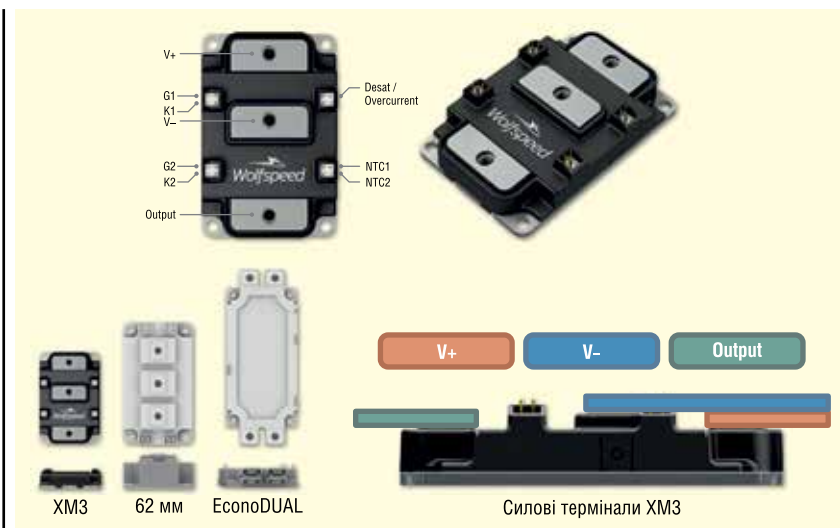


Рис. 2. Модуль XM3 (угорі), порівняння розмірів (внизу ліворуч), вид збоку, що показує непланарні силові виводи XM3 (внизу праворуч)

кладка з нітриду кремнію (Si₃N₄) покращує стійкість до термоцикування. Висока продуктивність системи додатково забезпечується впровадженням технологій, спрямованих на підвищення ефективності охолодження, зменшення паразитної індуктивності, спрощення схеми та зниження габаритів.

у високому тепловому опорі, який відрізняється для різних сторін, а також у високому перепаді тиску, що призводить до нерівномірного охолодження на сторонах і на поверхні.

На відміну від цього в інверторі CRD600DA12E-XM3 використано радіатор, виконаний за технологією мікродеформації Microcool (MDT)

від Wieland (рис. 3). Запатентована MDT-технологія передбачає недорогий виробничий процес механічної та пластичної деформації заготовки для формування кінцевих повторюваних мікроканалів.

Ця технологія лежить в основі високоефективного радіатора з вбудованими каналами, призначеного для охолодження контактної поверхні модуля XM3. Профіль двостороннього тепловідведення CP4012D-XP оптимізовано для відповідності з габаритами XM3 завдяки зменшенню розмірів радіатора CP3012 попереднього покоління.

Збалансований потік охолоджувальної рідини, що проходить зі швидкістю 4 л/хв у кожній із шести позицій розташування модуля, забезпечує низький тепловий опір 0.048 °C/Вт (на позицію) або 0.008 °C/Вт (на радіатор). Систему охолодження протестовано з інвертором CAB450M12XM3 за розсіюваної потужності до 750 Вт на ключ.

ДРАЙВЕР ЗАТВОРИВ

○ скільки карбідокремнієві модулі SiC MOSFET гарантують високу про-

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ

Висока густина струму, що забезпечується карбідокремнієвими (SiC) приладами, вимагає застосування високоефективної теплової збірки з максимальною теплопередачею. Серед безлічі наявних варіантів найпопулярнішими є рідинні радіатори із запресованими мідними трубками. Недолік доступних тепловідвідів із тонкими (~12.7 мм) мідними трубками, що допускають двосторонній монтаж модулів, полягає



Рис. 3. Wolfspeed використовує радіатор із технологією мікродеформації MDT від WIELAND, що має 20 ребер на дюйм (у стандартних радіаторів 12 ребер на дюйм), що забезпечує зниження теплового опору і рівномірне охолодження



Рис. 4. Шасі «здвоеного силового ядра» XМ3 зі встановленими драйверами затворів забезпечує стабільність і ефективне проходження теплового потоку

дуктивність, драйвер має забезпечувати струм керування (піковий і середній), достатній для ввімкнення та вимкнення транзисторів із високою швидкістю. Для виконання цього завдання рекомендується драйвер із номінальним вихідним струмом понад 10 А, наприклад Wolfspeed CGD12HBXMP. Двоканальний пристрій керування захищено від перевантаження за струмом і зворотної полярності напруги, він має вбудоване ізольоване джерело живлення потужністю 2 Вт для підтримки частоти комутації до 80 кГц. Резистори увімкнення і вимкнення затвора налаштовуються користувачем, що дає змогу оптимізувати втрати перемикачів.

Драйвер має настроювану функцію детектування струму перевантаження з плавним вимкненням, забезпечує блокування в разі зниження напруги, а також унеможливує перекриття вхідних ШІМ-імпульсів керування. Час блокування захисту від перевантаження становить ~ 2 мкс для безпечного вимкнення струму короткого замикання.

Оскільки SiC MOSFET-транзистори вирізняються високою швидкістю комутації dV/dt , недостатня стійкість до синфазних шумів (CMTI) може при-

звести до замикання драйвера і подальшої відмови силового модуля. Плата керування CGD12HBXMP має високі показники CMTI (100 кВ/мкс), малу бар'єрну ємність (< 5 пФ), а також диференціальні входи для підвищення заводозахищеності.

Розміри CGD12HBXMP узгоджені з габаритами модуля XМ3, що дає змогу створити компактне силове ядро з шести модулів CAB450M12XМ3 із драйверами, встановленими на радіаторі (рис. 4). Таке компакте рішення легко інтегрується в конструкцію приводу з двома інверторами.

ЛАНКА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Зменшення паразитної індуктивності — ключова проблема проектування. Як вже згадувалося раніше, вона частково вирішується завдяки вертикально зміщеним выводам живлення модулів XМ3. Такий дизайн силових терміналів спрощує конструкцію DC-шини і знижує індуктивність силового контуру.

Не менш важливим є вибір блоку DC-ємності, варіанти якого показано на рисунку 5. Розміри конденсаторів — одна з найбільших перепон на шляху збільшення густини потужності. Для досягнення необхідного струму пульсацій зазвичай використовують шість циліндричних ємностей 100 мкФ, які займають площу 451 см² і вимагають окремої шини для підключення.

Замість дискретних компонентів Wolfspeed використовує спеціалізований блок DC-конденсаторів (рис. 5) з площею основи всього 234 см². Він має інтегровану ламіновану шину, під'єднану до силових виводів XМ3 з обох боків радіатора, що зменшує паразитну індуктивність і забезпечує рівномірний розподіл струмів в обох модулях. При цьому також скорочується кількість еле-

ментів конструкції за рахунок виключення окремих шин.

Ємність блоку конденсаторів — 600 мкФ, робоча напруга — 900 В, пікова номінальна напруга — 1200 В. Оскільки величина паразитної індуктивності L_S ланки постійного струму і DC-шини має вирішальне значення для зниження стрибків напруги за високих швидкостей комутації di/dt , характерних для інверторів на базі SiC-модулів, конструкція була протестована за допомогою вимірювача імпедансу, який показав еквівалентне значення $L_S = 13$ нГн на силових терміналах. У поєднанні з індуктивністю 6.7 нГн модуля XМ3 сумарна величина L_S силового контуру становить лише 20 нГн, що дає змогу інвертору працювати на високих швидкостях перемикачів.

КОНТРОЛЕР

Вибір контролера керування ґрунтується на таких міркуваннях:

- він повинен мати достатню «обчислювальну потужність» для аналізу всіх вхідних даних і прийняття відповідних рішень;
- він повинен мати високу роздільну здатність АЦП, достатню для вимірювання всіх необхідних станів системи для належного управління і моніторингу;
- він повинен мати швидкі апаратні переривання для адекватного реагування на помилки;
- він повинен підтримувати стандартні протоколи зв'язку, критично важливі для правильної роботи.

У платі контролера використано двоядерний 200-МГц, 32-розрядний DSP із плаваючою комою від Texas Instruments. Пристрій має достатню кількість входів АЦП для вимірювання струму, напруги і температури та забезпечує підтримку стандартних протоколів, включно з ізольованим CAN.

ДАТЧИКИ СТРУМУ

Уздвоеному інвертору передбачено шість датчиків струму на вихідних терміналах. За такої кількості сенсорів дуже важливим є вибір компонентів з мінімальними габаритами. Незважаючи на доступність датчиків струму COTS, вони досить громіздкі для цієї системи. Ба більше, деякі з представлених на ринку сенсорних модулів «три в одному», накладають обмеження на геометрію шин.



Рис. 5. Спеціалізований блок DC-шини (ліворуч) і його порівняння з шістьма стандартними циліндричними конденсаторами (праворуч)



Рис. 6. Датчик Холла MELEXIS IMC дає змогу відмовитися від громіздких феромагнітних осердь і суттєво зменшити габарити виробу

Для інвертора CRD600DA12E-XM3 обрано датчик Холла Melexis MLX91208 з діапазоном частот DC-250 кГц, що забезпечує високошвидкісний аналоговий вихідний сигнал, пропорційний густині потоку зовнішнього горизонтального магнітного поля, час відгуку становить 3 мкс. Сенсор розміщений у восьмиконтактному корпусі SOIC, що дає змогу встановити його на компактну друку-

вану плату, яку можна під'єднати безпосередньо до вихідної шини. Гнучкість кріплення PCB спрощує під'єднання вихідних шин.

Крім того, у датчику MLX91208 є вбудований магнітоконцентратор (IMC), нанесений на CMOS-чип, що усуває необхідність у великому феромагнітному осерді (рис. 6). За об'ємом цей вузол займає всього 91.6 мл, як порівняти з 800 мл для іншого популярного сенсорного модуля, використовуюваного в автомобільній промисловості.

Високі швидкості комутації dV/dt , характерні для SiC-інверторів, можуть створювати завади в чутливих низьковольтних сигналах, таких як сигнали датчиків струму. Близькість сенсорів до ланцюгів комутації робить їх ще більш вразливими до шумів. Це стосується і кабелів між датчиком і контролером, які можуть вловлювати шуми в разі їхнього некоректного прокладання в системі.

Сенсор, обраний Wolfspeed, вимагає тільки багат шарового U-подібного магнітного екрана для захисту від зовнішніх полів і їхньої гомогенізації. Шар заземлення на друкованій платі блокує емнісний зв'язок між шинами і датчиком.

Використання диференціальних каналів значно знижує вплив комутаційних шумів. Крім того, застосування екранованих кабелів з крученою парою CAT6 між платами датчиків і контролером гарантує, що будь-які завади стають синфазними для обох сигналів диференціальної пари.

ТЕСТУВАННЯ

Для перевірки всього силового контуру було проведено стандартний «двоімпульсний» тест з індуктивним навантаженням в умовах жорсткої комутації з використанням низького опору затвора. Аналіз системи за постійного навантаження показав енергію ввімкнення 23.1 мДж за 800 В і 600 А з піковим перевантаженням 113 А, водночас енергія вимкнення становила 30.1 мДж. Запас за напругою шини для чипа досягає 80 В, що відповідає дворазовому перевантаженню щодо номінальних характеристик модуля.

Потім втрати перемикачів на модуль було розраховано з огляду на відому енергію ввімкнення 12.2 мДж і енергію вимкнення 12 мДж за номінального



Офіційний дистриб'ютор

BETTERFUSE
You build electronics, We safeguard them!





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



Захист від високої температури
(серія запобіжників та серія термостатів)



Захист від перенапруги
(супресори обмежувачі електростатичного заряду та напруги)



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



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

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

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

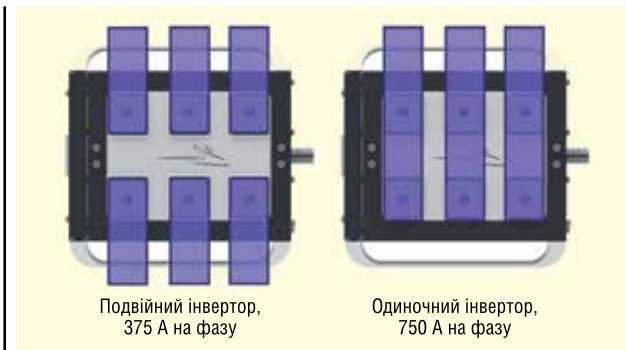


Рис. 7. Топологія вихідних шин забезпечує гнучкість для застосувань, що вимагають високого струму від одного інвертора

струму 300 А. Використовуючи формулу втрат потужності при перемиканні (P_{SW}):

$$P_{SW} = (E_{ON} + E_{OFF}) \times f_{SW} \times (1/2)$$

і підставляючи E_{ON} і частоту комутації (f_{SW}) 10 кГц, отримуємо:

$$P_{SW} = (12.2 \text{ мДж} + 12.0 \text{ мДж}) \times 10 \text{ кГц} \times (1/2) = 121 \text{ Вт (на ключ)}$$

Це значення втрат утричі нижче, ніж у порівнянного Si IGBT (HybridPack 1200 В, 380 А). Великою перевагою карбіду кремнію (SiC) також є гранично низька енергія зворотного відновлення (E_{RR}).

Інвертор було перевірено у схемі з трифазним рециркуляційним навантаженням. Гнучке розташування вихідних терміналів полегшує процес тестування — можна використовувати шість виходів двох незалежних трифазних інверторів зі струмом 375 A_{RMS} або три виходи одного трифазного інвертора

(з додаванням простих шин і паралельним з'єднанням фаз) зі струмом 750 A_{RMS} (рис. 7).

Для випробувань використовували варіант з одним інвертором, АС-виходи U і X об'єднані для формування фази А, V і Y-фази В, W і Z-фази С. Три дроселі навантаження з індуктивністю 125 мкГн під'єднано між виходами інвертора і середньою точкою конденсаторної батареї 2.2 мФ з номінальною напругою 1100 В. Це дає змогу проводити випробування з високою потужністю під час споживання лише кількох кіловат електроенергії, коли DC-джерело забезпечує тільки втрати в системі. Енергія передається від однієї половини банки конденсаторів до іншої через дроселі під час кожного циклу перемикання, а напрямок потоку енергії змінюється на протилежний протягом одного періоду основної частоти.

Після п'ятихвилинного тесту за напруги шини 800 В корпус конденсатора нагрівається на 13 °С вище за температуру навколишнього середовища T_a , водночас температура драйвера затвора в найбільш нагрітій точці на 40 °С вище за T_a . За частоти перемикання 10 кГц і основної частоти 300 Гц середньоквадратичне значення загального вихідного струму становить 750 А, що еквівалентно 624 кВт вихідної потужності. Пульсація струму в індукторі навантаження 160 А при частоті 10 кГц, піковий сумарний струм досягав 1200 А з урахуванням пульсацій.

Енергія перемикання за 10 кГц, 375 А становить 31 мДж. При загальних втратах 5.53 кВт або 460 Вт на ключ, динамічні втрати — 1.8 кВт. Підсумкове значення ККД інвертора потужністю до 624 кВт перевищує 99% (рис. 8).

ВИСНОВОК

Відповідно до п'яти ключових положень, викладених у даній статті, в еталонному трифазному подвійному інверторі CRD600DA12E-XM3 використано силові модулі SAB450M12XM3, що забезпечують пікову вихідну потужність 624 кВт і номінальний струм 375 A_{RMS} на фазу або сумарний вихідний струм 750 A_{RMS} .

Вага інвертора в суцільнометалевому корпусі розміром 204×267.5×157.5 мм (рис. 1) становить 9.7 кг при об'ємі 8.6 л, що дає змогу досягти густини потужності 72.5 кВт/л. Це більш ніж удвічі вище, ніж у попередньої еталонної конструкції потужністю 300 кВт на SiC модулях, і в 3.6 раза вище, ніж у інвертора на базі IGBT з еквівалентним номінальним струмом (табл. 1). **СН**

Таблиця 1. CRD600DA12E-XM3 забезпечує густину потужності 72.5 кВт/л, що в 3.6 вище, ніж еквівалентний пристрій на базі IGBT			
Параметри	Конкурент	CRD300DA12E-XM3	CRD600DA12E-XM3
Напівпровідник	Si IGBT	SiC	
Тип	Одиночний інвертор		
Вихідна потужність, кВт	250	300	624
Об'єм, л	12.6	9.3	8.6
Густина потужності, кВт/л	19.8	32.2	72.5

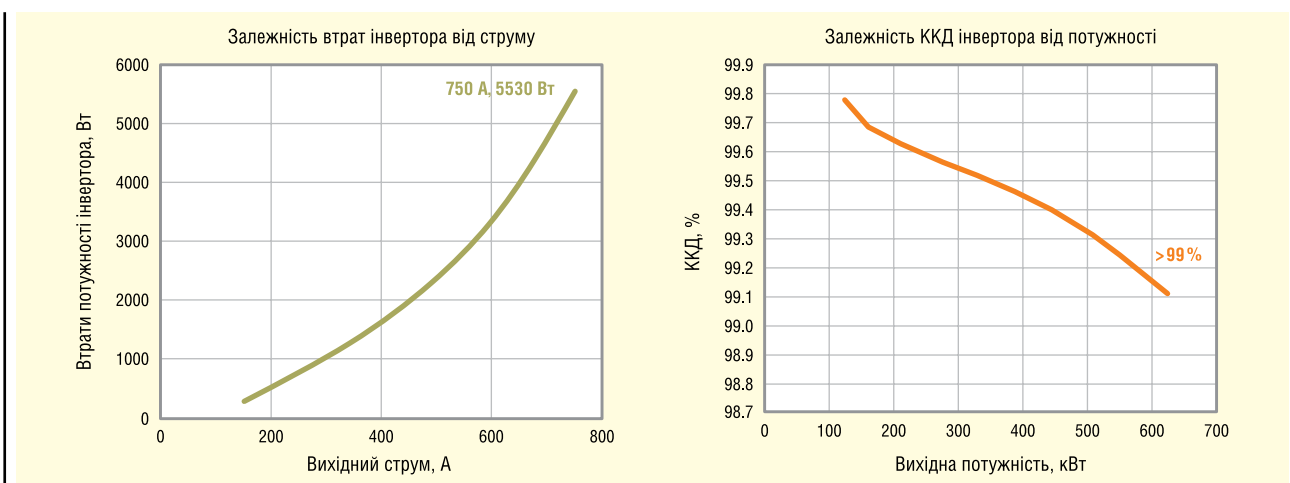


Рис. 8. Втрати потужності інвертора (ліворуч) і ККД (праворуч) за $V_{dc} = 800 \text{ В}$, $f_{sw} = 10 \text{ кГц}$, $T_a = +25 \text{ °С}$

Випробування систем РЛС, радіоелектронної боротьби (РЕБ) і радіотехнічної розвідки (РТР): загальні проблеми випробувань Рекомендації щодо застосування

**Адаптований переклад українською та технічне редагування:
Віктор Бутирін, директор, Юнітест
E-mail: Victor_Butyryn@unitest.com**

У цій статті увага буде зосереджена на випробувальному обладнанні, яке допоможе розв'язати проблеми, з якими можна можна зустрітися під час проектування систем РЛС, РЕБ, РТР.

ВСТУП

Історія сучасних радіолокаційних систем сягає корінням 1940 року, коли ВМФ США розробив те, що стало потім називатися системами радіовиявлення і визначення дальності (RADAR). Наразі сфера застосування цієї технології простягається від пристроїв відчинення дверей у супермаркетах, що використовуються повсюдно і являють собою простий індикатор рухомих цілей (moving target indicator, МТІ), до дуже складних корабельних радіолокаційних систем (РЛС) із фазованою антенною решіткою для керування вогнем.

В оборонній промисловості нещодавно з'явилися дві нові галузі — радіотехнічна розвідка (РТР) і радіоелектронна боротьба (РЕБ). Системи РТР використовуються для виділення інформації з сигналів радіолокаційних систем противника з метою визначення методів боротьби з потенційними загрозами, які пов'язані з цими радіолокаційними сигналами: від кораблів, від літаків, від ракет тощо.

Під час тестування компонентів, вузлів і систем РЛС, РЕБ і РТР часто виникає безліч проблем. Ситуація ускладнюється тим, що всі РЛС працюють в

умовах дедалі більшого забруднення радіочастотного спектра сигналами завод. Так, радіоефір у міських умовах може містити незліченну кількість джерел випромінювання у ВЧ- і НВЧ-діапазонах, які є потенційними джерелами завод. До них можна віднести інфраструктуру систем бездротового зв'язку, бездротові комп'ютерні мережі та РЛС цивільного призначення.

У цій статті увага буде зосереджена на випробувальному обладнанні, яке допоможе Вам розв'язати проблеми, з якими Ви, ймовірно, зустрінетеся під час проектування системи. Через складність теми, що розглядається, спочатку буде надано короткий огляд основ радіолокації та проблем, пов'язаних із системами РЕБ і РТР. Далі будуть розглянуті три основні теми: генерація випробувальних сигналів, приклад штучного випробувального полігона, оцінка та аналіз сигналів РЛС (рис. 1).

Недоліком РЛС першого покоління є значні втрати потужності між переданим імпульсом і прийнятим ехо-сигналом. Переданий сигнал повинен відбитися від цілі і повернутися назад до приймача без будь-якого посилення. Один зі шляхів розв'язання цієї пробле-

ми полягає в передачі довгих імпульсів і накопиченні більшої ніж у коротких загальної енергії в прийнятому ехо-сигналі. Таким чином, довші імпульси забезпечують більшу дальність дії РЛС для таких антени і підсилювача потужності переданого сигналу.

Важливою характеристикою РЛС є її роздільна здатність, пов'язана з тривалістю імпульсу. Здатність розрізняти малі об'єкти дає змогу РЛС отримувати більш детальну картину цілі. РЛС, яка дозволяє розрізняти деталі розміром менше одного метра, дає набагато більше інформації про цілі, що наближаються. РЛС із роздільною здатністю в 100 метрів може бачити одну ціль великого розміру, яку неможливо відрізнити від кількох малих цілей, що складають компактне утворення.

Якщо імпульс РЛС має велику тривалість, ехо-сигнали, відбиті від сусідніх цілей, можуть перекриватися в часі. Для РЛС це виглядає як одна велика ціль, а не кілька окремих дрібніших цілей. Тому, щоб отримати високу роздільну здатність РЛС, бажано використовувати коротші імпульси.

Тобто ми бачимо, що оптимальний діапазон дії РЛС та її роздільна здатність включають конфліктуєчі критерії. Кращий діапазон дії радару потребує довгого імпульсу, тоді як краща роздільна здатність потребує короткого імпульсу.

Для вирішення проблеми оптимізації співвідношення дальність/роздільна

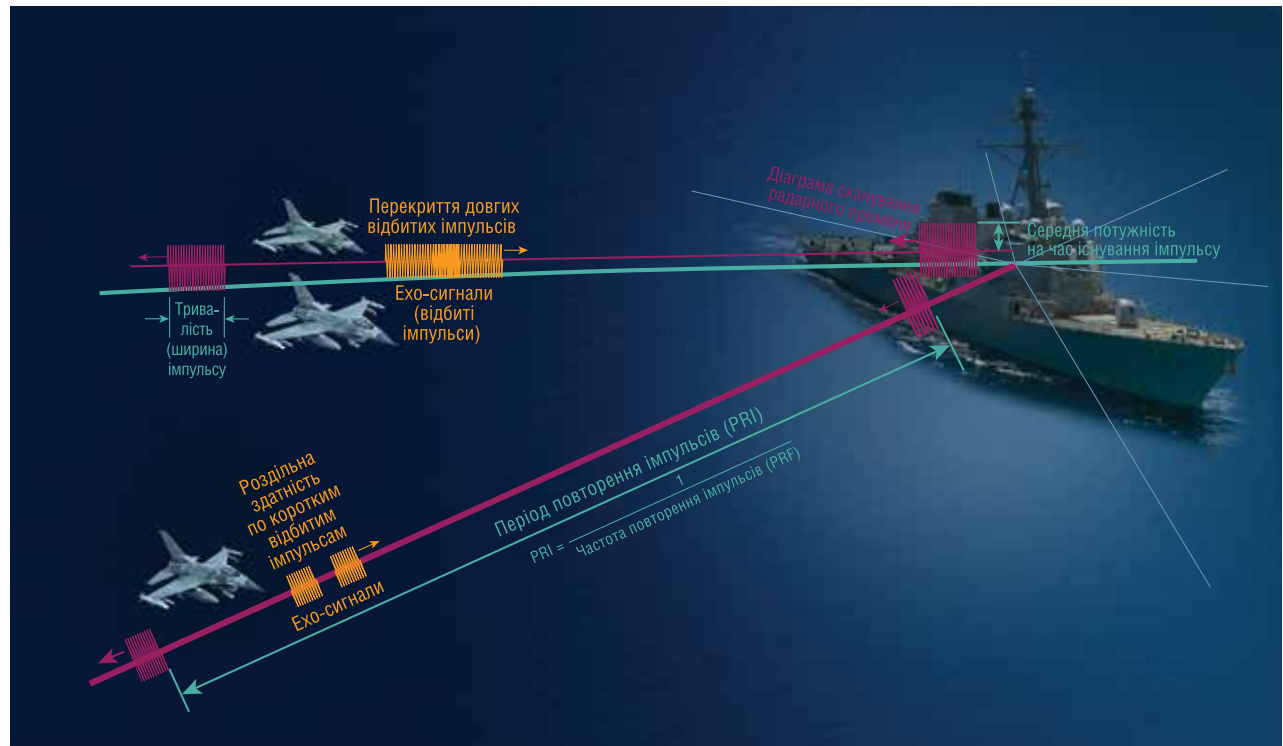


Рис. 1. Терміни та визначення, що стосуються імпульсу РЛС

здатність багато РЛС використовують стиснення імпульсів або модуляцію. Внутрішньоімпульсна лінійна частотна модуляція (ЛЧМ) являє собою систему, що забезпечує простоту модуляції і демодуляції. Частотна модуляція (ЧМ) усередині імпульсу, що здійснюється пилоподібною лінійно зростаючою напругою, створює ЛЧМ-імпульс. ЛЧМ-імпульс потім випромінюється так само, як випромінювався б не стиснутий за тривалістю імпульсу.

Приймач РЛС використовує спеціальний фільтр із високою лінійністю групової затримки, яка протилежна напрямку частотної модуляції в імпульсі. Такий фільтр уповільнює зміну частоти в низькочастотній ділянці ЛЧМ і дозволяє високочастотній частині ЛЧМ раніше з'явитися на виході фільтра. У результаті довгий імпульс із великою повною потужністю виявляється стиснутим у короткий імпульс, який легко розпізнається серед інших імпульсів (рис. 2).

Стиснення імпульсу або модуляція дає й інші переваги з погляду однозначного визначення дальності. Щоб побачити ці переваги, слід розглянути частоту повторення імпульсів (pulse-repetition frequency (PRF)).

Частота повторення імпульсів залежить від дальності дії РЛС. Надсилання нових імпульсів, перш ніж повернуться відбиті раніше надіслані імпульси, може викликати невизначеність відгуку на ехо-сигнал. У загальному випадку

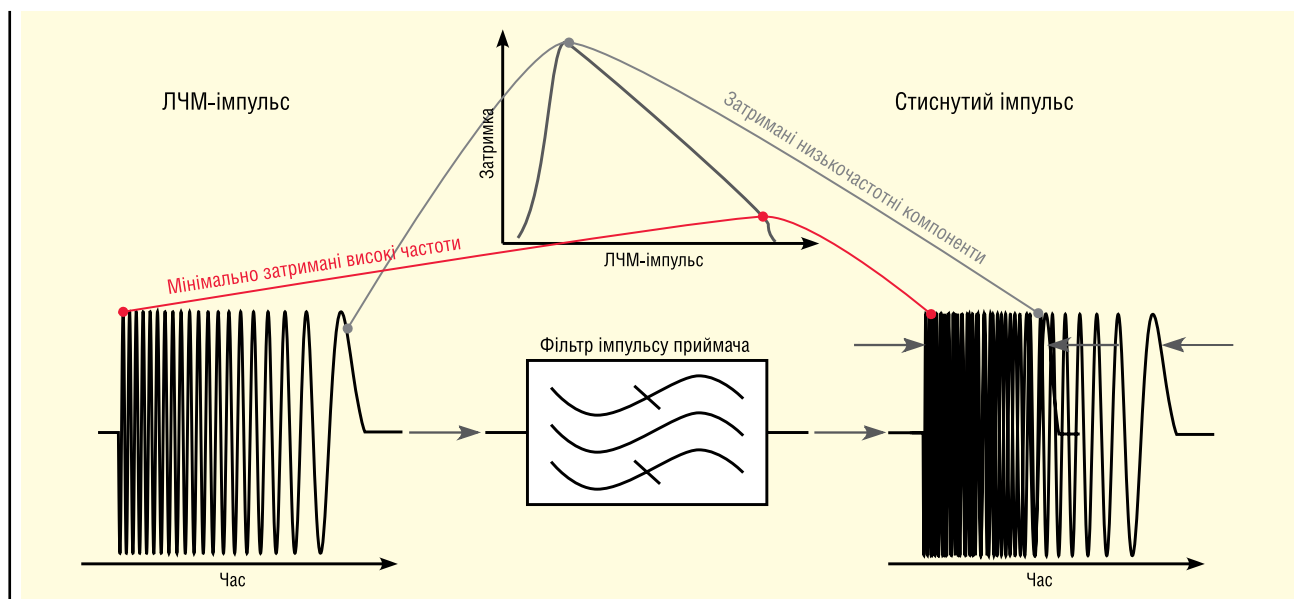


Рис. 2. Стиснення ЛЧМ імпульсу

найпростіше послати імпульс і чекаєти, поки не будуть прийняті всі можливі відбиті сигнали (ехо-сигнали), і тільки після цього послати наступний імпульс. Забезпечення однозначності вимірювання дальності визначає інтервал між послідовними імпульсами (період або частоту повторення імпульсів).

Однак є багато випадків, коли нижча частота повторення погіршує загальні характеристики РЛС. Наприклад, може виявитися, що краще мати вищу частоту повторення для швидшого оновлення екранного зображення, коли РЛС стежить за літаком, що швидко летить. У цьому разі можна допустити неоднозначність зворотного сигналу на користь швидшого оновлення екрана.

Один зі способів виключення заважаючих ехо-сигналів, і що надходять не з потрібної дальності, полягає у використанні стробування за часом або за дальністю (рис. 3). При цьому відбувається вимикання або вмикання приймача РЛС, що дає змогу ігнорувати ехо-сигнали від об'єктів, які або занадто близькі, або перебувають за межами потрібної дальності. Прикладом може слугувати стробування за часом, що дає змогу ігнорувати ехо-сигнали, відбиті від носа корабля, на якому встановлено РЛС. Подібно до цього, РЛС ракети може використовувати тимчасове стробування для ігнорування ехо-сигналів від об'єктів, що знаходяться на відстані, яка перевищує максимальний діапазон дії ракети.

Як згадувалося раніше, стиснення імпульсу може бути використано для виключення невизначеності між послідовними імпульсами. Додавання циф-

рової модуляції до кожного імпульсу дає змогу ввести унікальне кодування сусідніх імпульсів. Використання цифрової модуляції, такої як двофазна маніпуляція (bi-phase keying), дає змогу кодувати імпульси так, що затримку на подвійне проходження кожного імпульсу в прямому та зворотному напрямках легко й однозначно виміряти завдяки унікальному кодуванню кожного імпульсу, що використовується як засіб розділення імпульсів.

Іншою важливою властивістю багатьох РЛС є їхня здатність вимірювати доплерівські зміщення частоти під час відбиття сигналів від рухомих цілей. Вимірювання зміщення частоти ВЧ носійної частоти або зміщення фази залежно від часу дає змогу деяким РЛС точно визначити швидкість руху цілі. Індикатори рухомих цілей (МТІ) використовують доплерівське зміщення частоти зворотного ехо-сигналу для виявлення руху.

ОСНОВИ СИСТЕМ РТР/РЕБ І ЩО З ЦЬОГО ВИПЛИВАЄ

Різноразмірні конструктивні особливості, які впливають на обрану імпульсну послідовність РЛС, несуть багато інформації про характер платформи, підключеної до РЛС. Так, низька частота повторення і велика тривалість імпульсів можуть вказувати на те, що РЛС сканує простір у сотні миль, тоді як висока частота повторення і короткі імпульси можуть вказувати на те, що зона сканування РЛС самонаведення ракети становить одну або дві милі. Система РТР отримує з цього найрізноманітнішу інформацію.

Подібно до цього, характеристики сканування РЛС можуть також дати цінну інформацію про загрози в локальному середовищі (рис. 4). Наприклад, спостереження за амплітудою сигналу залежно від часу може виявити тип антени, якою сканує радар, і діаграму сканування. Ці відомості корисні для визначення, що саме радар випромінює, і як він використовується.

Крім простого накопичення даних РТР про РЛС і її платформу, відомості про радар можуть сприяти покращенню та направленню розвитку техніки РЕБ. Наприклад, комбінації ехо-сигналів можуть бути синтезовані і передані на приймач РЛС раннього попередження для відображення технічних ресурсів, які фізично там відсутні. Ракети можуть відстежувати помилкові ехо-сигнали РЛС, які впливають на їх стробування по дальності і змушують ігнорувати цілі. Інформація про доплерівське зміщення частоти також може бути використана для обману обладнання цілевказування.

ПРОБЛЕМИ ВИПРОБУВАННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ РЛС І РЕБ

Наведений вище огляд деяких питань проєктного характеру, пов'язаних з обладнанням РЛС, РТР і РЕБ проливає світло на рівень складності використовуваних схем. Випробування сучасних радіолокаційних систем висувують унікальні вимоги до випробувального та вимірювального обладнання. Далі коротко обговорюються деякі загальні проблеми, що виникають у процесі випробувань.

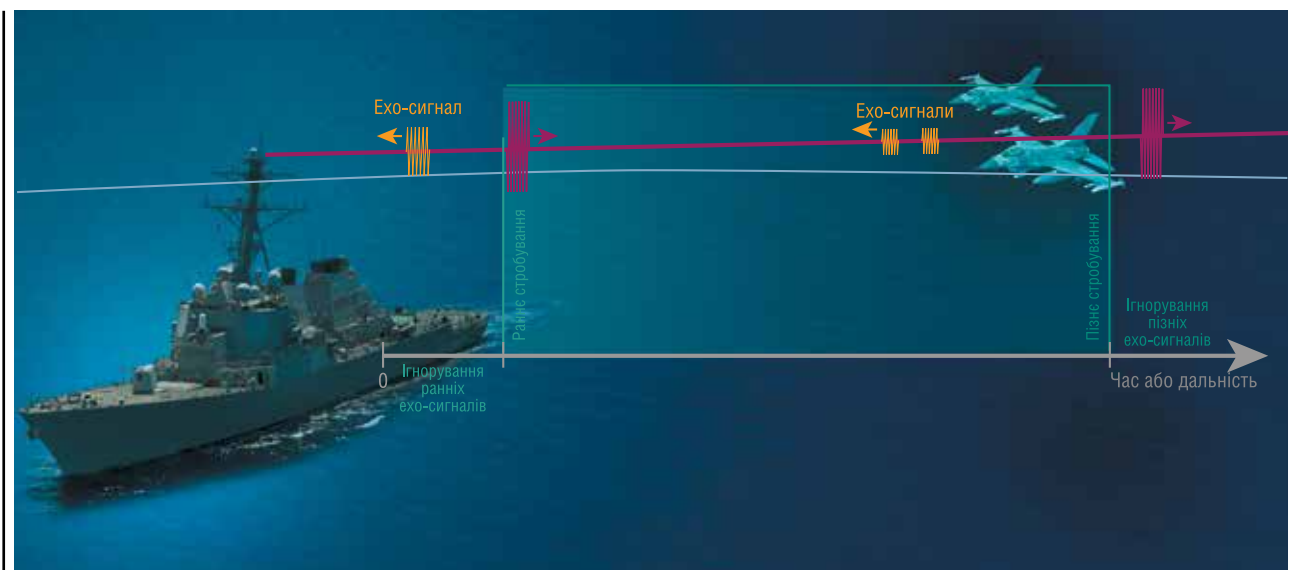


Рис. 3. Часове стробування або стробування за дальністю

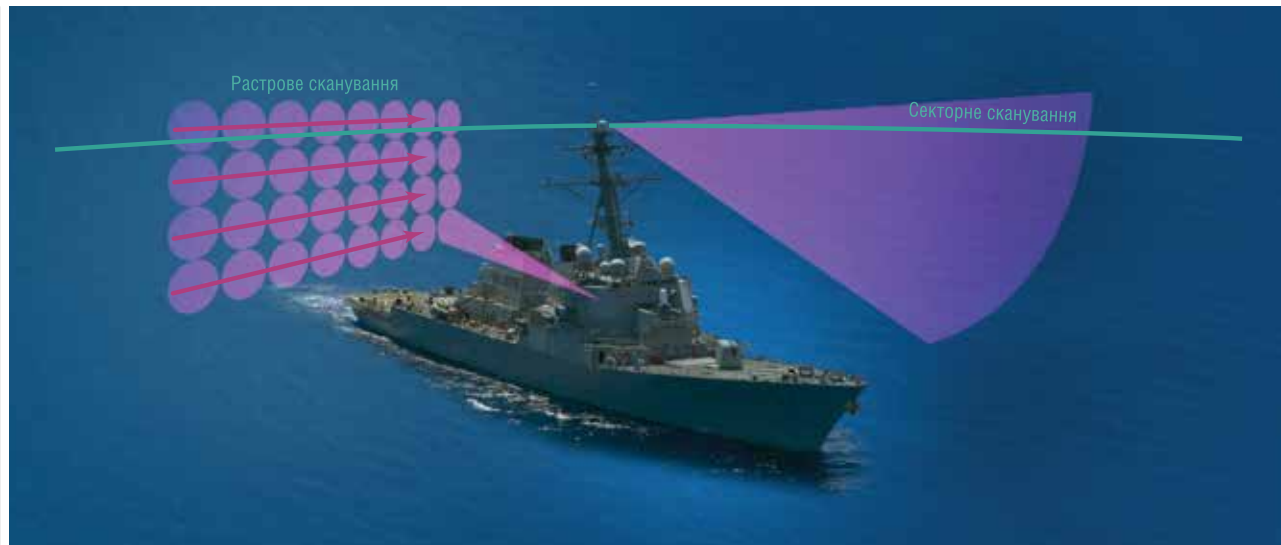


Рис. 4. Діаграми сканування антени

Для багатьох сигналів РЛС характерні широкі смуги частот. Для ЛЧМ або модульованих імпульсів можуть знадобитися смуги частот в декілька ГГц, що вимагає широкосмугового випробувального обладнання.

Іншою загальною вимогою до випробувального обладнання для РЛС є низький рівень фазового шуму. Доплерівські РЛС часто вимірюють швидкість зміни фази в часі, оскільки їхні радіолокаційні імпульси можуть бути недостатньо довгими, щоб проінтегрувати цикли різних частот. При виконанні цих прецизійних вимірювань змін фази фазовий шум має бути дуже низьким, що висуває жорсткі вимоги до характеристик фазового шуму вимірювальних приладів.

Аналогічно іншою проблемою для випробувальних систем РЛС можуть бути високі вимоги до динамічного діапазону. Зазвичай ці вимоги виникають через великі втрати сигналу на шляху поширення від передавача до прийому зворотного ехо-сигналу.

Як ми бачили досі, багато переваг використання стиснення імпульсів для кращої роздільної здатності та однозначного визначення дальності часто викликають необхідність синтезу складних форм випробувальних сигналів. Надалі рівень складності збільшується у зв'язку з необхідністю врахування доплерівських зміщень для РЛС, які визначають швидкість.

Ще однією проблемою, що стоїть перед розробниками РЛС, є поширене використання РЛС, характеристики яких визначаються програмним забезпеченням. Багато сучасних типів РЛС вимагають тестових сигналів і вимірювань не тільки в традиційній ана-

логовій формі на ВЧ, а й у цифрових форматах. Таке багатоматричне випробування може становити реальну проблему за необхідності отримання хорошої відповідності між результатами вимірювань цифрових сигналів і аналоговими вимірюваннями.

Повномасштабне випробування системи часто є основною проблемою для обладнання РЛС, РТР і РЕБ. І насамперед це зазвичай питання вартості випробувального обладнання. Наприклад, для моделювання доплерівських зміщень, заважаючих ехо-сигналів, та інших елементів сигналу під час випробування бортової корабельної РЛС керування вогнем може знадобитися корабель і декілька випробувальних літаків. Користування такими тестовими платформами можуть легко коштувати десятки тисяч доларів на годину, щоб коректно виконати випробування системи цілевказування.

І нарешті, багато РЛС використовують системи з фазовою антенною решіткою. Ці антенні системи використовують розподіл моментів часу приходу хвильового фронту серед багатьох антенних портів для керування положенням головної пелюстки діаграми спрямованості антени. Це вимагає тестових сигналів і вимірювань, що забезпечують багато каналів, фазово-когерентних і фазорегульованих джерел сигналів або аналізаторів. Так звана випробувальна система для багатоканальної антенної решітки (multichannel array test system) ставить перед інженерами-випробувачами РЛС цілком реальні проблеми.

Розглянувши деякі з основ радіолокаційних систем і пов'язані з ними про-

блеми випробувань, тепер слід звернути увагу на унікальні властивості випробувального обладнання компанії Keysight, яке значно полегшує розв'язання деяких складних випробувальних завдань. Спочатку розглянемо генерацію тестових сигналів для РЛС.

ГЕНЕРАЦІЯ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ

У багатьох випадках під час розроблення та виробництва РЛС потрібні широкосмугові мікрохвильові генератори сигналів. Їх зазвичай використовують для таких застосувань, як підстанова стабілізованого гетеродина (STALO), випробування когерентного гетеродина (COHO) та імітація випромінювання цілі.

Створення точної моделі сигналів, які приймає РЛС, може виявитися досить складним завданням. На щастя, сучасні генератори сигналів і генератори сигналів довільної форми, що використовують цифрове оброблення сигналів (ЦОС), здатні створювати модельовані сигнали джерел випромінювання та електромагнітну обстановку з реалістичним погіршенням якості передавання і спотвореннями в тракті поширення сигналів, які точно моделюють віддалені цілі. Одне важливе зауваження: під час використання звичайних універсальних генераторів сигналів і генераторів сигналів довільної форми модельовані сигнали зазвичай не є когерентними щодо приймача РЛС. Незважаючи на це, некогерентні сигнали є ефективним засобом тестування пасивних РЛС, мультистатичних РЛС і систем радіоелектронної протидії (ЕСМ).

Генератори сигналів довільної форми та джерела сигналів компанії Keysight

Справжня перевага генератора сигналів довільної форми (AWG) полягає в його здатності відтворювати практично будь-які форми сигналів, наявні в його пам'яті (рис. 5). Наприклад, AWG, який здатний одночасно забезпечити і високу роздільну здатність, і широку смугу частот, спрощує моделювання ситуації, коли РЛС випромінює, а цілі розсіюють сигнал у межах певного тестового діапазону, що імітує сотні кубічних миль повітряного простору.

У минулому смуга частот була основним обмеженням для більшості генераторів сигналів довільної форми. У найостанніших моделях цю проблему значною мірою вирішено для багатьох застосувань. Наприклад, генератор сигналів довільної форми M8190A забезпечує роздільну здатність 14 біт при частотах дискретизації до 8 Гвб/с і 12 біт — при частотах дискретизації до 12 Гвб/с. Завдяки цьому забезпечується можливість генерації сигналів у смугах частот до 5 ГГц, вільних від ефекту накладення. Використовуючи техніку комбінунвання і перетворення частоти, можна отримати навіть ширші смуги частот, вільні від ефекту накладення.

Ймовірно, більш важливим параметром при виборі генератора сигналів довільної форми, є динамічний діапазон, вільний від паразитних складових (SFDR). На нього впливає бітова роздільна здатність (число біт), що забезпечується цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП) всередині генератора сигналів довільної форми. Також він залежить від якості схеми перетворення частоти, яка переносить сигнал довільної форми в мікрохвильовий діапазон частот.

Теоретично кожен біт роздільної здатності ЦАП може давати максимум 6.02 дБ SFDR. Однак, на практиці для ЦАП часто використовується термін «ефективне число бітів» (ENOB), або «еквівалентне число бітів». З урахуванням проблем, пов'язаних із нелінійністю перетворення ЦАП, дійсне збільшення SFDR буде меншим на біт, ніж теоретичне значення 6.02 дБ.

Широкопasmовий ЦАП також зазнають втрат через явище, яке характеризується спадом плоскої частини АЧХ у межах смуги пропускання, що ще більше знижує динамічний діапазон на високочастотному кінці смуги. Крім того, функція дискретизації має спад характеристики за законом $\sin x/x$. Тому частотна характеристика генератора сигналів довільної форми спа-



Рис. 5. Генератори сигналів довільної форми компанії Keysight

дає зі збільшенням частоти; але оскільки цей спад є властивістю, притаманною функції дискретизації, він не береться до уваги під час формування SFDR. Таким чином, 75 дБ SFDR в загальному випадку характеризує найнижчу частоту діапазону. На найвищій частоті динамічний діапазон зазвичай нижчий на 5–7 дБ.

На додаток до числа біт і втрат SFDR через функції дискретизації, перетворення вверх на частоту мікрохвильового діапазону створює іншу низку проблем при створенні корисних сигналів. Це підвищувальне перетворення може виконуватися або внутрішніми засобами джерела сигналу, або за допомогою окремого зовнішнього пристрою. Може здатися простішим виконати підвищувальне перетворення сигналу на потрібну частоту за допомогою гетеродина (LO) з фіксованою частотою, використовуючи змішувач і пару фільтрів. Але практично гармоніки гетеродина і продукти перетворення часто комбінуються з корисним сигналом і створюють внутрішньосмугові комбінаційні складові, які можуть істотно обмежити SFDR.

Багато РЛС вимірюють фазові зміщення від імпульсу до імпульсу для отримання даних про доплерівське зміщення частоти або про швидкість цілі. Щоб уникнути додавання небажаного фазового шуму під час перетворення частоти вверх, генератор сигналів повинен також мати низький рівень фазового шуму.

Компанія Keysight пропонує повний набір генераторів сигналів і генераторів сигналів довільної форми з чудовими характеристиками SFDR і фазового шуму. Наприклад, аналоговий генератор сигналів E8257D серії PSG має найкращі в

галузі характеристики фазового шуму, майже -143 дБн/Гц (тип.) для сигналу частотою 1 ГГц за відстроювання від носійної 10 кГц (опція UNY). Для перетворення вверх аналоговий генератор серії PSG можна також конфігурувати з внутрішнім змішувачем, або із зовнішнім змішувачем і подвоювачем частоти.

Мікрохвильовий векторний генератор сигналів E8267D серії PSG має входи I/Q-модуляції та забезпечує перекриття за частотою до 44 ГГц (і вище із зовнішніми змішувачами). Входи модуляції сумісні з генератором сигналів довільної форми M8190A. Працюючи спільно, ці два вимірювальних прилади з високими характеристиками можуть виробляти сигнали зі смугою 2 ГГц, з частотою до 44 ГГц і з чудовими характеристиками SFDR і фазового шуму.

Іншим способом полегшення багатьох із цих проблем є пряме цифрове перетворення вгору, яке забезпечується кращими із сучасних генераторів сигналів довільної форми. Широкопasmовий генератор сигналів довільної форми, використовуючи цей спосіб, дає змогу безпосередньо генерувати сигнали ПЧ. У двоканальному генераторі сигналів довільної форми M8190A кожен канал має окремі пристрій цифрового перетворення вгору, і ці канали можна використовувати в «зв'язаному режимі», щоб отримати фазово-когерентні вихідні сигнали. Такі параметри, як носійна частота, амплітуда і форма сигналу, можна встановлювати незалежно, а комплексні дані I і Q перетворюватимуться з підвищенням частоти в потрібний діапазон частот цифровими методами, забезпечуючи чудову якість сигналу,

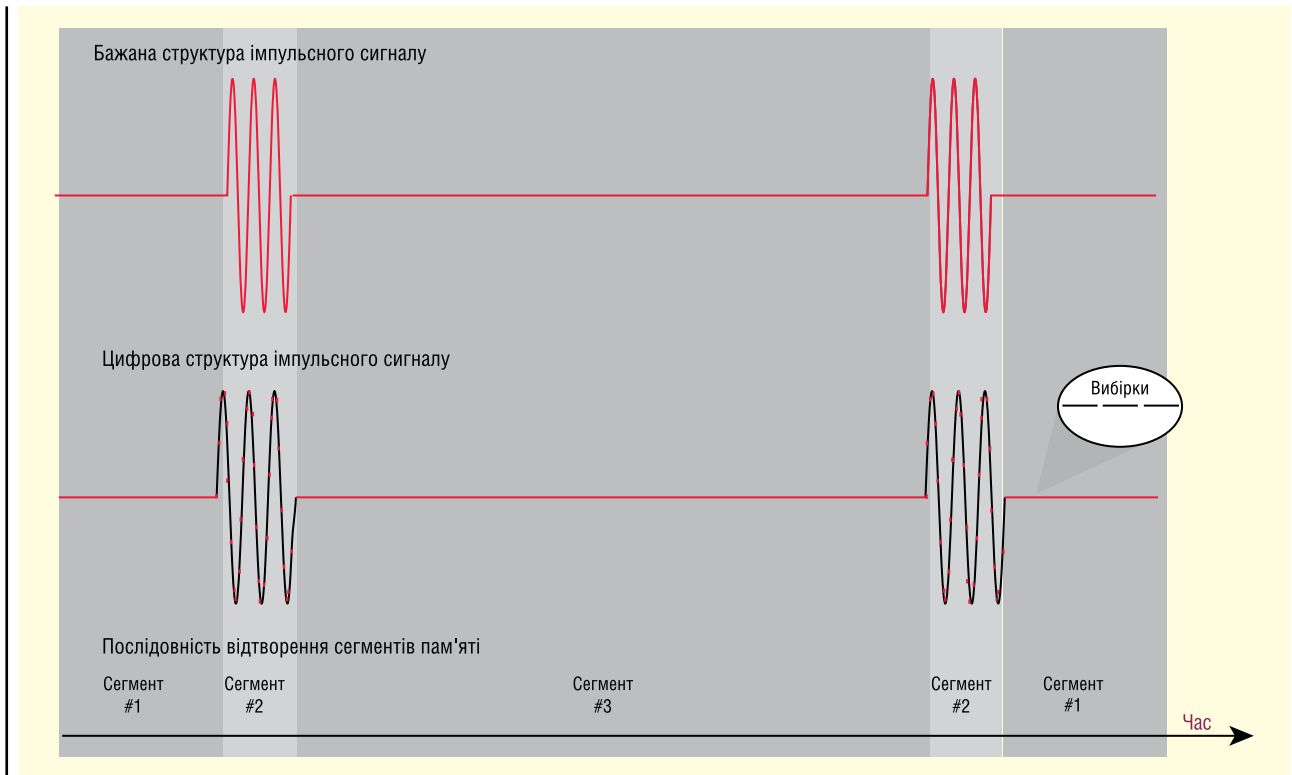


Рис. 6. Сегментування сигналу, формування послідовностей і сценаріїв

з SFDR, що сягає 80 дБн і рівнем гармонійних спотворень, що не перевищує -72 дБн (обидва значення є типовими).

Інший важливий предмет для обговорення при виборі генератора сигналів довільної форми або векторного генератора сигналів з можливостями генерації сигналів довільної форми — конфігурація пам'яті. Будь-який із цих типів приладів створює сигнали за допомогою відтворення цифрової інформації з пам'яті. Додавання стандартних або опціональних можливостей завдання послідовностей і режимів відтворення може ще більше підвищити ефективність використання генератора сигналів.

Найпростіший підхід до організації пам'яті сигналів полягає у використанні одного великого блоку високошвидкісної пам'яті з довільною вибіркою і відтворенні сигналів з цієї пам'яті. Це добре працює в разі одноразових імпульсів або дуже коротких ВЧ-подій; але за високих швидкостей передавання даних, необхідних для підтримки частоти дискретизації 12 ГГц і роздільної здатності 12 біт, сигнал має бути дуже коротким.

Щоб забезпечити триваліший час відтворення, деякі виробники розширили цей підхід з метою забезпечення можливості роботи з великими дисковими масивами (RAID-системами) ¹.

Підхід із використанням одного великого блоку пам'яті відтворення сиг-

налів дуже обмежений у застосуванні, оскільки більшість ВЧ-сигналів є періодичними за своєю природою. Навіть при використанні обсягу пам'яті, що обчислюється терабайтами, з RAID-масиву, час послідовного відтворення може бути обмежений кількома секундами сигналу.

Рішення полягає в тому, щоб для сигналів, що повторюються, таких як імпульсні послідовності РЛС, організувати більш ефективні можливості доступу до пам'яті. Для підтримки генерації повторюваних сигналів швидка пам'ять відтворення сигналів може бути організована таким чином, щоб дозволити відтворювати сегменти сигналу у вигляді циклів або нескінченної послідовності. Розширені можливості генерації послідовностей, як-от умовний перехід, дають змогу створювати дуже складні сегменти та сценарії. Крім того, деякі генератори сигналів компанії Keysight забезпечують динамічне керування послідовностями, яке підтримує пряий доступ до сегментів пам'яті сигналу в реальному часі. При об'єднанні цих можливостей керування з пам'яттю сигналів, досить великою, щоб забезпечити зберігання до 2 Гвиб на вихідний канал генератора сигналів довільної форми (M8190A), стає можливим реалізація дуже склад-

них і реалістичних сценаріїв сигналів з тривалим часом відтворення.

Після того як обрано джерело сигналу зі смугою частот, SFDR, рівнем фазового шуму і можливостями керування послідовностями, що відповідають вимогам розв'язуваної задачі, наступним завданням є створення цифрового еквівалента потрібної форми сигналу з використанням програмних засобів, таких як Signal Studio або SystemVue компанії Keysight чи MATLAB компанії The MathWorks (рис. 6).

Основні характеристики Signal Studio для створення імпульсів

Ця спеціалізована версія програмного забезпечення Signal Studio (N7620B) підтримує великий масив форм імпульсів і діаграм спрямованості антен, імпортованих або визначених за допомогою програмних засобів.

Параметри імпульсу:

- тривалість фронту і спаду;
- форма перепаду;
- джитер;
- структура по тривалості імпульсу;
- внутрішньоімпульсна модуляція.

Параметри імпульсної послідовності:

- число повторень імпульсів;
- період повторення імпульсів (PRI) або частота повторення імпульсів (PRF);

¹ RAID: масив недорогих/незалежних жорстких дисків з надмірністю інформації.

- структури PRI: пакетна, лінійно змінювана, така, що хитається, ступінчасто змінювана;
- джитер PRI: з гаусівським, рівномірним або U-подібним розподілом;
- вобуляція PRI: пилкоподібна, трикутна або синусоїдальна;
- масштабування амплітуди;
- зміщення частоти;
- зміщення фази;
- додаткова тривалість вимкненого стану.

Внутрішньоімпульсна модуляція:

- ступінчаста AM;
- коди Баркера (сім типів);
- BPSK і QPSK, визначається користувачем;
- внутрішньоімпульсна частотна модуляція (лінійна або нелінійна);
- QPSK і QPSK, визначається користувачем;
- багаточастотні коди.

Діаграми сканування антени:

- кругова;
 - конічна;
 - визначається користувачем;
 - двонаправлена растрова;
 - односпрямована растрова;
 - двоспрямована секторна;
 - односпрямована секторна.
- Структури випромінювання антени:
- прямокутна;
 - косинус (п'ять різновидів);
 - Блекмана і точне Блекмана;
 - Хеммінга;
 - триелементна (Three-term);
 - визначається користувачем.

Просте створення імпульсів для генераторів сигналів компанії Keysight

Залежно від застосування, імпульсні сигнали РЛС використовують широкий набір характеристик: тривалість імпульсу; період повторення імпульсів (PRI) або його зворотна величина — частота повторення імпульсів (PRF); модуляція і багато інших. Створення прийнятних випробувальних сигналів вимагає серйозних зусиль, і синтез імпульсних випробувальних сигналів в подальшому ускладнений бажаною системою діагностики: для випробування функцій вимірювання швидкості може бути потрібне доплерівське зміщення частоти або зміщення фаз від імпульсу до імпульсу, для випробування системи РТР може бути потрібна симуляція діаграми сканування антени. Щоб задовольнити ці потреби, програмні засоби повинні підтримувати формування численних структур імпульсних послідовностей для створення сигналів і забез-

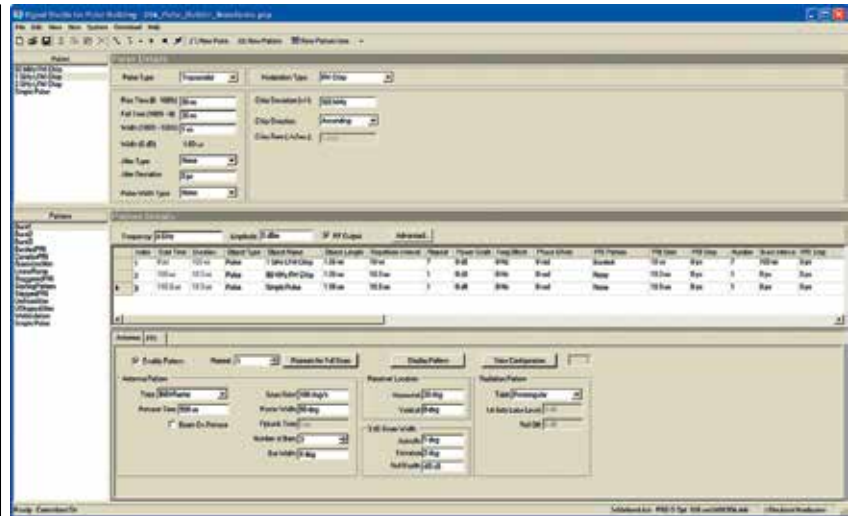


Рис. 7. Програма Signal Studio компанії Keysight для створення імпульсів

печувати широке розмаїття характеристик антен, які можна застосувати для синтезованих сигналів.

Розуміючи складність цих завдань, компанія Keysight розробила програму Signal Studio для створення імпульсів (N7620B) (рис. 7). Ця програма дає змогу легко вводити основні параметри як для простих імпульсів зі станами увімкнено/вимкнено, так і для складних спеціалізованих стиснених імпульсів, в тому числі таких, які визначаються користувачем.

Для тестування компонентів, передачачів і приймачів РЛС, програма Signal Studio для створення імпульсів дає змогу задавати параметри, такі як період повторення імпульсів (PRI), число повторень імпульсів, джитер періоду повторення і вобуляцію PRI. Доступні моделі PRI охоплюють: постійну, лінійно змінювану, таку, що хитається, ступінчасто змінювану. Джитер PRI можна визначити з гаусівським, рівномірним або U-подібним розподілом. Можна вибрати пилкоподібну, трикутну або синусоїдальну вобуляцію PRI. Ці можливості дають змогу проводити низку тестів приймача:

- тестування реакції системи на створення шляхом створення структур тривалості імпульсу з джитером;
- тестування вікна селекції за дальністю і роздільної здатності за дальністю/ доплерівської неоднозначності за допомогою складних моделей PRI;
- тестування режимів селектора рухомих цілей (MTI) і обробки доплерівського зміщення шляхом введення зміщення частоти і фази;
- тестування здатності придушення заважаючих ехо-сигналів шляхом створення спеціальних імпульсів із заважаючими ехо-сигналами.

Параметри кожного імпульсу, які знаходяться в бібліотеці, можуть бути об'єднані в моделі імпульсних послідовностей для синтезу складних наборів моделей випромінювань РЛС. Після того, як параметри імпульсу введені, наступний крок полягає в завантаженні даних форми сигналу в генератор сигналів довільної форми або генератор сигналів. Після цього тестові сигнали будуть готові для відтворення.

Моделювання діаграм антен

Програма Signal Studio для створення імпульсів дає змогу моделювати безліч діаграм антен, які можна застосувати до сигналів. Ця властивість особливо корисна для прикладних завдань, пов'язаних із РТР і РЕБ, коли тестовані системи мають бути поміщені в середовище, насичене сигналами, що імітують реальні цілі. Багато з цих систем РТР і РЕБ використовують дані з діаграми антени для ідентифікації конкретних цілей та загроз, сигнали від яких отримано.

Діаграми антен РЛС є певною мірою унікальними, оскільки вони зазвичай включають сканування або переміщення антенного променя залежно від використання РЛС (рис. 8). Наприклад, корабельна РЛС може мати кругову діаграму сканування, щоб відобразити об'єкти на поверхні океану в усіх напрямках. Реактивний винищувач для своєї погодної РЛС використовує, ймовірно, сканування переднього сектору. Керована ракета дальньої дії може використовувати фазовану антенну решітку для РЛС цілевказання, а ракета, запущена з корабля, могла б використовувати РЛС із конічним скануванням.

Для випробування систем РТР і РЕБ, які реагують на такі типи цілей та за-

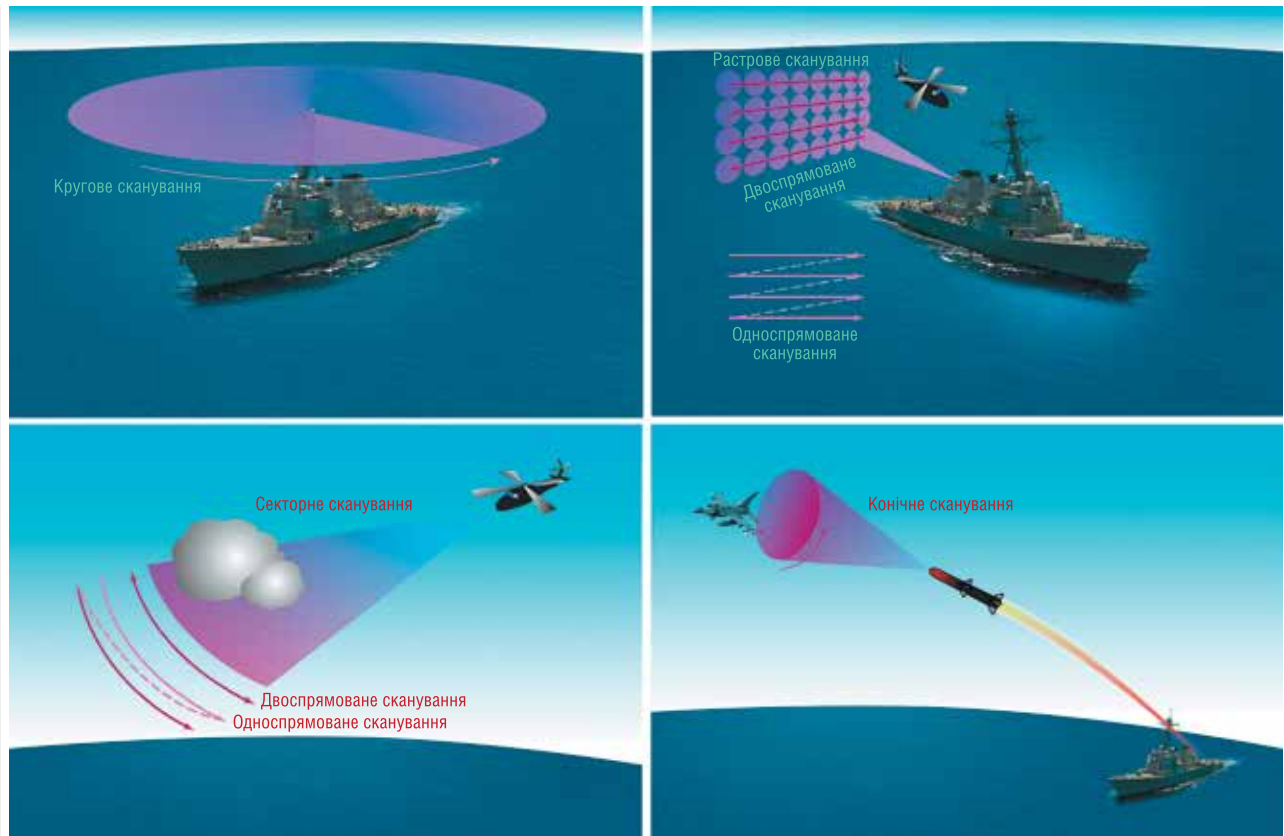


Рис. 8. Діаграми сканування антен

гроз, необхідна можливість формування такої структури імпульсів, яка б імітувала скануючу РЛС.

Програма Signal Studio для створення імпульсів компанії Keysight підтримує різноманітні діаграми сканування, включно з круговою, яка зазвичай використовується на кораблях, секторною, що використовується в літаках, конічною, яка часто використовується в ракетах, і растрове сканування, яке зазвичай застосовують у системах цілевказання з фазованими решітками.

Щоб точно симулювати скануючу антену, необхідно брати до уваги вплив бічних пелюсток діаграми спрямованості антени. Оскільки всі спрямовані антени РЛС мають кінцеві розміри, вони створюють бічні пелюстки деякої форми, які розташовані поза віссю головної пелюстки діаграми спрямованості. Таким чином, коли РЛС сканує зону огляду, бічні пелюстки випереджають головну пелюстку, потім працює головна пелюстка, і нарешті знову бічні пелюстки.

Імітація сигналів, що представляють комбінацію амплітудної модуляції, викликану скануванням антени та її бічними пелюстками, з модуляцією обвідної імпульсу і внутрішньою модуляцією стиснення імпульсу, може виявитися складним завданням.

За допомогою програми Signal Studio для створення імпульсів компанії Keysight спрощує розв'язання цієї задачі, даючи змогу задавати рівні бічних пелюсток антени, вказувати кути, положення цілі, швидкість сканування, ширину променя і швидкість спаду (рис. 9).

Пакет Signal Studio for Pulse Building дає змогу задавати діаграму спрямованості антени, використовуючи популярні

вікна просторового перетворення. Вікна Блекмана, Хеммінга, Хеннінга, прямокутне, триелементне (Three-term), косинусне і навіть програмоване доступні для опису просторового розподілу енергії.

Бібліотеки імпульсних послідовностей

Необхідність генерації імпульсних послідовностей із багатим набором

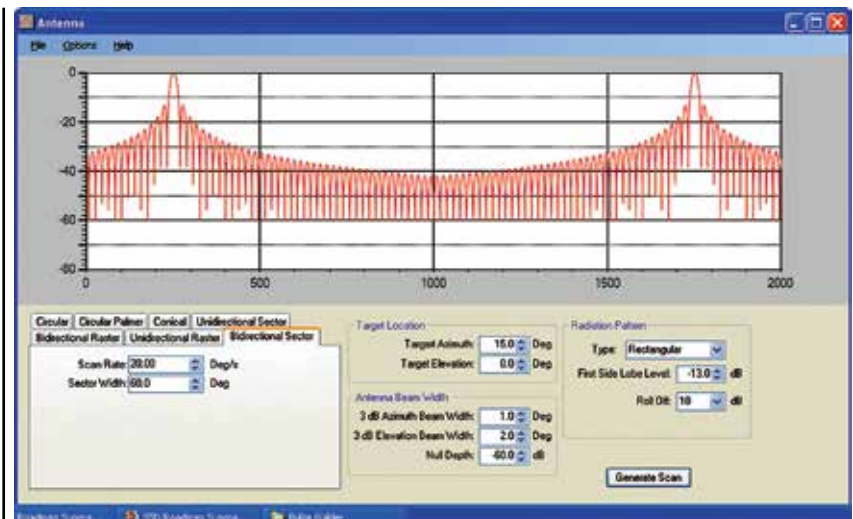


Рис. 9. Моделювання діаграми сканування антени в програмі Signal Studio для створення імпульсів



Рис. 10. Цифрові попередні спотворення за допомогою генератора сигналів серії PSG компанії Keysight

властивостей для імітації складних середовищ систем РТР продовжує зростати в міру ускладнення устаткування, призначеного для автоматичного реагування на множинні загрози. Багато організацій створили каталоги випромінювань від різних радіолокаційних джерел. Це дає змогу заздалегідь запрограмувати системи РТР і системи цілевказання, щоб вони відповідним чином реагували на кожну загрозу.

Програма Signal Studio для створення імпульсів забезпечує зв'язок із популярними базами даних, включно з електронними таблицями Microsoft®Excel, для полегшення імпорту характеристик імпульсів. Ця зручна функція імпорту полегшує генерацію реалістичних сценаріїв виконання завдань систем РТР з метою тестування РЛС і обладнання радіоелектронної протидії.

Широкопasmові попередні спотворення

З точки зору динамічного діапазону, відтворення записів сценаріїв виконання завдання дуже схоже на відтворення аналогового запису музики. Вузкий динамічний діапазон запису знижує його корисність як тестового сигналу для визначення відгуку РЛС або систем РТР.

Генератори сигналів довільної форми і генератори сигналів компанії Keysight мають найкращий з доступних динамічний діапазон (SFDR), який є ключовим критерієм вибору для багатьох застосувань. Щоб зробити ці прилади ще більш корисними, компанія Keysight надає можливість розширення їхніх робочих характеристик за допомогою введення цифрових широкопasmових попередніх спотворень імпульсу РЛС (рис. 10).

Нелінійні ефекти в ЦАП і компонентах, що з'являються в результаті, можуть спотворити структуру імпульсів через інтермодуляцію частотних складових, що утворюють імпульс. Інтермодуляційні

складові значно зменшують динамічний діапазон тестового сигналу.

Використання цифрових попередніх спотворень сигналу, синтезованих за допомогою програми Signal Studio для створення імпульсів (Pulse Building), дає змогу придушити ці інтермодуляційні складові для отримання неперевершеного динамічного діапазону або, навпаки, посилити їх для тестування меж робочого режиму.

За допомогою зовнішнього аналізатора сигналів компанії Keysight, такого як N9030A, синтезована структура тестових імпульсів аналізується, і компоненти попередніх спотворень додаються до джерела для компенсації нелінійності випробувальної системи. Ця складна випробувальна система проста у використанні, автоматично визначає і застосовує необхідні корекції для вимірювання, що мінімізує продукти інтермодуляційних спотворень (IMD).

Тепер можна бачити, як генератори сигналів компанії Keysight за допомогою програми Pulse Building можуть створювати детальні структури імпульсів РЛС, і як це обладнання дає фахівцям із систем РЛС або РТР очевидну конкурентну перевагу при створенні обладнання для вирішення відповідальних завдань. Деякі переваги можна розглянути на прикладі штучного випробувального полігона.

Далі буде

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

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

CN

ГЕНЕРАТОР ВЕКТОРНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЩІЛЬНИХ ШИРОКОСМУГОВИХ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ДОДАТКІВ

Компанія **Keysight Technologies, Inc.** представила новий компактний чотирьоканальний генератор векторних сигналів (VSG), що здатний генерувати сигнали до 8.5 ГГц зі смугою модуляції 960 МГц на канал. N5186A MXG — це високопродуктивний VSG наступного покоління в портфоліо генераторів сигналів Keysight серії X, що забезпечує створення численних, індивідуально складних сигналів, необхідних для щільних широкопasmових багатоканальних застосувань.

Технології бездротового зв'язку і радіолокації, що розвиваються, вимагають більш високого частотного покриття з використанням складних схем модуляції, таких як MIMO, формування променя і мультиплексування, для максимізації пропускної здатності даних. Для тестування цих застосувань потрібні прилади для генерації сигналів, які підтримують відмінну якість модуляції при роботі з великою смугою пропускання. Для досягнення більш високих частот, більшої пропускної здатності і більш складних схем модуляції інженерам-розробникам мереж і конструкторам зазвичай потрібно більше місця на стенді для додаткового випробувального обладнання і пристосувань.

Keysight N5186A MXG вирішує цю проблему шляхом спрощення складних налаштувань за рахунок зменшення кількості зовнішніх підключень і до чотирьох каналів в компактному форм-факторі 2U. Як перший в світі генератор сигналів з вбудованим рефлектометром, N5186A MXG забезпечує надзвичайно точні сигнали для пристрою, що тестується (DUT).

Забезпечуючи стабільні та повторювані результати, генератор векторних сигналів N5186A MXG є ідеальним рішенням для широкого спектру комерційних та аерокосмічних оборонних застосувань. Спеціальні інтегральні схеми (ASIC) ЦАП MXG використовують DDS для передачі точних сигналів, щоб мінімізувати спотворення і відповідати новим стандартам проектування компонентів і модулів. Крім того, вбудований рефлектометр прискорює процес налаштування, коригуючи відповідність DUT, що дозволяє скоротити час тестування.

www.keysight.com

Короткий путівник бездротовими технологіями «Інтернету речей»

Частина 1. Мережі, шлюзи, хмари та протоколи

Володимир Рентюк

У даній серії з чотирьох статей автор стисло, у вигляді загальнодоступного путівника, без акценту на апаратну та програмну реалізацію, представляє основні технології та особливості стандартів і протоколів бездротового зв'язку, які використовуються в рамках концепції «Інтернету речей».

Концепція «Інтернету речей» (Internet of Things, IoT) — уже не технічна екзотика, не мода, а реальність, що нас оточує. Дедалі більше «розумної» електроніки входить у наше життя, і ми починаємо жити не просто в оточенні «розумних» під'єднаних речей і пристроїв, а безпосередньо в загальній екосистемі — «розумних» будинках і містах, з «розумними» транспортними засобами та «розумними» заводами і фабриками. Ми і «розумні» речі стаємо якоюсь спільнотою, і від цього вже нікуди не піти, хіба що відмовившись від благ цивілізації.

Без IoT неможливі:

- Переносна (портативна) електроніка (рис. 1) — від персональних нагільних гаджетів (Smart Wearables, буквально «розумний одяг»), моніторів біометричного контролю до нашійників/трекерів, що допомагають тваринникам і власникам домашніх тварин знаходити своїх вихованців.
- «Розумний» дім (рис. 2), де, поряд із комп'ютерами, мультимедійними центрами та інтелектуальними телевізорами, використовують пристрої, що здійснюють контроль клімату в

приміщенні, керування освітленням і системою безпеки.

- «Розумне» місто (рис. 3). IoT надає можливість оперативного й точного обліку комунальних послуг та зручність їхньої оплати, забезпечує функціонування систем безпеки будівель, збирання відходів, вуличного освітлення, дає змогу економити енергію та збільшує трафік через адаптивні обмеження швидкості та керування світлофорами.
- «Розумне» сільське господарство (рис. 4). Насамперед це «точне землеробство» — «розумне» зрошення, з аналізом вологості ґрунту та погодних умов, моніторинг стану посівів, отримання метеоданих у реальному часі, а також контроль здоров'я, збільшення поголів'я та визначення місцеперебування худоби.
- Підключений автомобіль (рис. 5). Це нові інформаційно-розважальні



Рис. 1. Переносна (портативна) електроніка



Рис. 2. «Розумний будинок»



Рис. 3. «Розумне» місто



Рис. 4. «Розумне» сільське господарство



Рис. 6. Медицина



Рис. 5. Підключений автомобіль

можливості, обробка та передача даних від систем автомобіля. Технологія бездротового зв'язку між автомобілем (V2V) і автомобільною інфраструктурою (V2I), відома як V2X, дає змогу підвищити безпеку керування, зменшити затори на дорогах і збільшити пасажиропотік.

- Медицина (рис. 6). IoT дає змогу значно поліпшити якість та ефективність медичних послуг, даючи змогу працівникам системи охорони здоров'я дистанційно контролювати стан пацієнта та отримувати в реальному часі більш точну інформацію для діагностики, що в деяких випадках не потребує постійного перебування пацієнта в лікарні.
- «Розумне» підприємство (рис. 7). Поряд зі збільшенням автоматизації, IoT дає можливість створити під'єднане

роботизоване виробництво, здатне навчатися і обмінюватися інформацією, організовуючись у високоефективні виробничі системи, здійснювати передаварійне техобслуговування і виробляти продукти з набагато меншими витратами ресурсів.

- «Розумна» енергетика (рис. 8). IoT надає інструменти для моніторингу споживання енергії та зниження її споживання, відкриває можливості для ширшого використання переваг альтернативних технологій: сонячної, вітрової, хвильової, геотермальної тощо.

У цій реальності вже є і так звані «під'єднані» пристрої, і нейромережі, і штучний інтелект з усіма його перевагами та ризиками, і навіть інформаційні хмари, як називають «хмарні» сервери з мультидоступом для зберігання та обробки даних. Багато що в цій екосистемі вже стає для нас звичним, але що змушує все це працювати? Причому, функціонувати так, щоб ми могли не просто довіряти цій новій реальності, а часто довіряти їй і своє життя. Відповідь на це питання — технології зв'язку IoT, які забезпечують обмін інформацією та командами керування. Типові приклади побудови таких мереж наведені на рисунках 9 і 10. Вони допоможуть зрозуміти всю глибину впровадження

технології IoT у наше повсякденне життя й оцінити те, що чекає на нас уже в найближчому майбутньому.

Наразі є досить різні оцінки ринку IoT. Проте, відома аналітична компанія IHS прогнозує прискорене зростання застосування цих пристроїв протягом наступних кількох років. Так, у результаті встановлена база під'єднаних до Інтернету пристроїв до 2025 р. становитиме понад 50 млрд таких пристроїв, а це, з урахуванням постачання нового обладнання, охопить, за прогнозами компанії, обсяг ринку, що перевищує більш ніж 12 млрд доларів на рік. Значна частина цієї встановленої бази, як очікується, буде мати місце в промислових галузях застосування і становитиме приблизно 20 млрд підключених пристроїв, розгорнутих у цілій низці індустріальних ринків.

IoT — це технологія, що здійснює революцію у виробничих процесах. Як уже зазначалося, її впровадження дає змогу збирати дані і в режимі реального часу повідомляти про поточний стан обладнання, ефективніше контролювати функціонування виробництва. Стосовно підприємств, IoT трансформувалася в «Індустріальний Інтернет речей» (Industrial Internet of Things, IIoT), тобто, той, що стосується індустрії, а також у «Корпоративний Інтернет речей» (Enterprise IoT, EIoT). Усе це належить до концепції



Рис. 7. «Розумне» підприємство

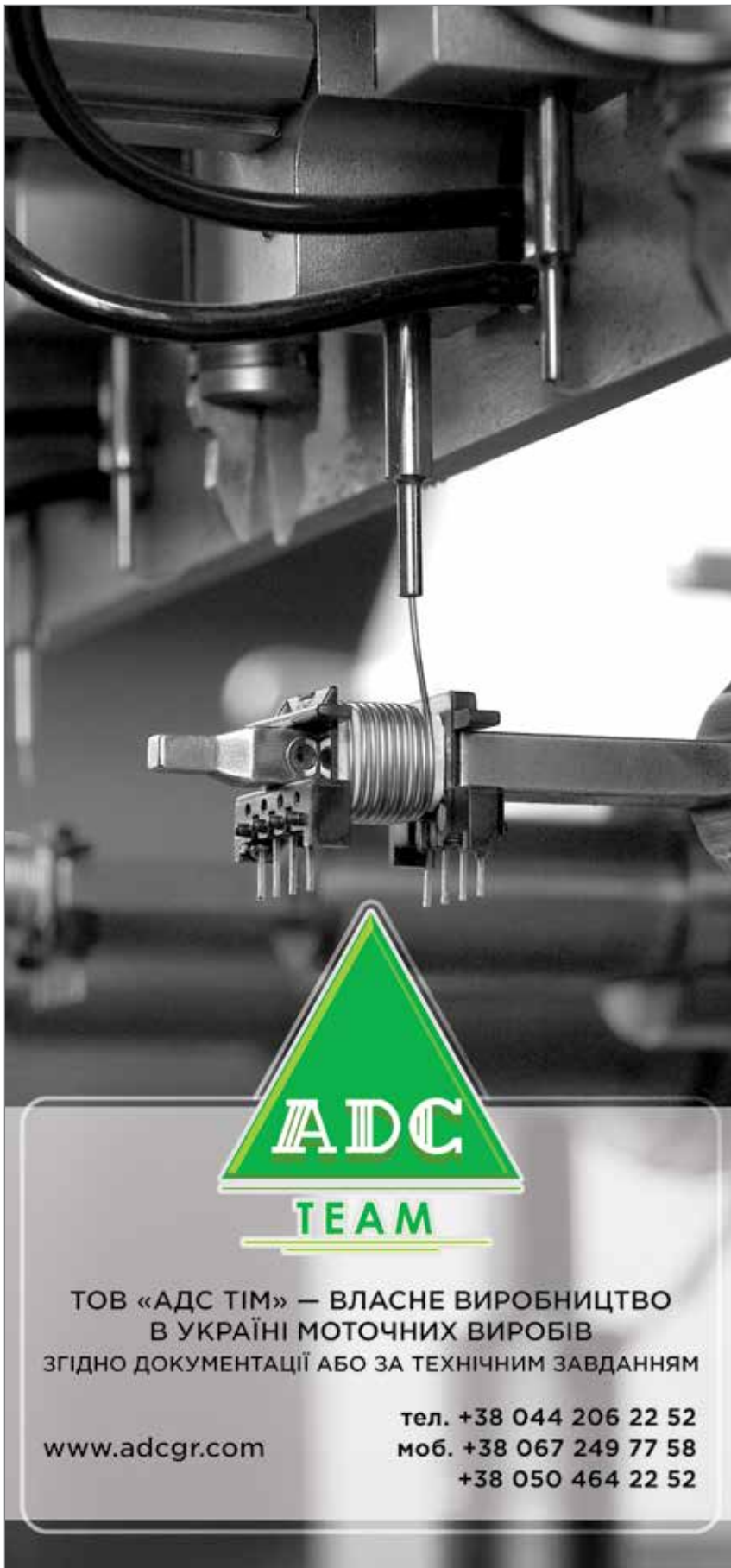


Рис. 8. «Розумна» енергетика

не в авральному порядку, з вимушеною зупинкою виробничої лінії, а, скажімо, під час її планового переналадження.

Для тих, хто хоче поповнити ряди розробників пристроїв IoT, доступний досить широкий вибір стандартів бездротового підключення. Кожен із цих стандартів (протоколів) має свої сильні та слабкі сторони, але, за умови належного підходу до їхнього застосування, багато хто з них може бути, з урахуванням тих чи інших компромісів, успішно адаптований для роботи в конкретному проекті. Деякі бездротові стандарти виявилися вельми зручними і багато років використовуються в IoT-пристроях, і розробники продовжують застосовувати їх у багатьох своїх поточних проектах. Однак стандарти для IoT продовжують розвиватися, пропонуючи нові способи і розширені можливості для бездротових комунікацій, що простягаються далеко за рамки початкової концепції використання бездротового протоколу, який, як правило, був єдиним інструментом організації бездротового зв'язку для комп'ютера або смартфона.

Нині однією з важливих тенденцій є розвиток не просто можливостей організації певного каналу зв'язку. Вона полягає в організації Інтернет-з'єднання, зберігання даних на віддаленому сервері та прикладного програмного забезпечення фізичних шарів для інтеграції бездротових датчиків і виконавчих механізмів на нижніх фізичних рівнях або шарах, як то кажуть, «у полі» (in the field). Збережена інформація у вигляді так званих «великих даних» (Big Data) обробляється й аналізується з використанням інтелектуального програмного забезпечення в хмарі, тобто на віддаленому сервері з мультидоступом. Це дає можливість для підключеної системи представляти/отримувати дані в режимі реального часу і навіть в умовах віртуальної реальності. Використання таких хмарних технологій і пропонованих сервісів спрощує не тільки програмну, а й апаратну реалізацію IoT, розв'язує питання мінімізації окремих пристроїв і підвищення їхньої енергоефективності. У ряді випадків вузли бездротової сенсорної мережі можуть взагалі обходитися без вбудованих джерел енергії і використовувати її збір з навколишнього простору (energy harvesting). Причому, це можуть бути не тільки вже досить звичні нам фотоелектричні перетворювачі (сонячні елементи або батареї), а й використання енергії зовнішнього те-



**ADC
TEAM**

**ТОВ «АДС ТІМ» – ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ ЗАВДАННЯМ**

**тел. +38 044 206 22 52
моб. +38 067 249 77 58
+38 050 464 22 52**

www.adcgr.com

Основна назва	Частота, МГц														Альтернативна назва	
	13.56	169	220		315	426	433	470	779	868	915	920	2400	5800		5900
NFC/EMV	◆															ISO14443
Wireless M-Bus		◆					◆			◆						EN13757
China WMRNET							◆	◆								WMRNET I, II, III, IV
LoRa							◆	◆		◆	◆					
SIGFOX										◆	◆					
Telensa										◆	◆					
OnRamp													◆			802.15.4k
Wi-SUN														◆		802.15.4g/e/6LoWPAN
ZigBee									◆	◆	◆	◆				802.15.4-2003, c d
Thread													◆			802.15.4-2003/6LoWPAN
WirelessHART													◆			802.15.4e
ISA100.11a													◆			802.15.4e/6LoWPAN
Z-Wave										◆	◆	◆				ITU G9959
EnOcean					◆						◆	◆				ISO14543-3-10
ANT+													◆			
Bluetooth													◆			802.15.1
802.11/a/b/g/n/ac													◆	◆		Wi-Fi
802.11ah (HaLow)									◆	◆	◆	◆				Wi-Fi HaLow
802.11p														◆		V2X
802.11af				◆												White Space
Positive Train Ctrl			◆													802.15.4p

Примітка. Білий діапазон телемовлення – 54-698 МГц.

Зеленим кольором позначено сімейство протоколів субгігерцового діапазону. Фіолетовим кольором відзначено сімейство IEEE 802.15.4.

Червоні ромби вказують на відповідність смуги частот технології IoT.

Рис. 10. Розподіл частот для протоколів бездротового зв'язку IoT

пла, вібрації механізмів, зовнішнього електромагнітного випромінювання (зокрема й спеціально наведеного від мобільної гібридної точки доступу). Для цього може, наприклад, використовуватися навіть перетворення в електричну енергію сили потоку рідини в трубах, на яких безпосередньо встановлений такий бездротовий датчик обліку її витрати.

Оскільки з'єднання IoT з хмарою є не тільки очікуваним, а вже цілком реальним фактором, то для реалізованих проєктів можна ефективно використати ці, недоступні раніше і нещодавно додані, нові варіанти рішень для пропозицій бездротового зв'язку. Отже, з чого почати?

Якщо ми згадаємо, що «спочатку було слово», так це справедливо і в цьому контексті. Спочатку був протокол або стандарт, а бездротовий зв'язок виконується вже на їхній основі. Залишається питання вибору. Для відповіді на нього можливі варіанти організації IoT-комунікації згрупуємо за кількома критеріями. Усі рішення, зокрема й засновані на низці нових протоколів, для зручності читачів розглянуто в хронологічному порядку їхньої появи та розділено за радіусом дії, тобто за зоною покриття, доступною для окремого пристрою, а не мережі загалом.

У серії з чотирьох статей будуть розглянуті рішення для бездротового зв'язку технології IoT ближнього радіусу дії (Short range wireless), Wi-Fi і системи зв'язку дальнього радіусу дії (Longer range wireless), які складуть три основні розділи цієї публікації. Технології Wi-Fi будуть описані окремо, оскільки вони використовуються в обох варіантах зони покриття. Усі технології, крім систем з використанням стільникового зв'язку, для їхньої загальної оцінки та зручності читачів, зведено в одну загальну таблицю, наведену на рисунку 11. Більшість із них буде розглянуто далі. Однак під час ухвалення рішення щодо використання конкретних стандартів організації бездротового зв'язку обов'язково потрібно враховувати вимоги національних стандартів і тих чи інших обмежень, пов'язаних із конкретною сферою їхнього застосування.

З огляду на складність і розмаїття теми, у пропонованій серії статей буде представлено тільки необхідну для прийняття рішення загальну інформацію щодо доступних рішень бездротового зв'язку IoT. Для отримання детальної інформації необхідно звернутися до офіційних, чинних на поточний момент, міжнародних версій відповідних стандартів і протоколів з урахуванням національних обмежень.

ПЕРЕДАЧА ДАНИХ ПО ЛАЗЕРНОМУ ЗВ'ЯЗКУ ЧЕРЕЗ СУПУТНИК

Наразі інфраструктура Інтернету спирається на дорогі підводні кабелі, що з'єднують континенти. Це вимагає значних витрат. Однак нова повітряна альтернатива може в майбутньому їх знизити. Нещодавно вчені здійснили технологічний прорив, використовуючи лазерну передачу даних через супутник, що відкриває можливість дешевшого і швидшого з'єднання. Він став результатом співпраці між компанією Thales Alenia Space, що спеціалізується на лазерному цілевказуванні, аерокосмічним дослідницьким інститутом ONERA і дослідницькою групою ETH Zürich (Швейцарія) під керівництвом професора Юрга Лойтхольда. У рамках демонстрації вчені встановили зв'язок між двома окремими точками: альпійською вершиною Юнгфрау і швейцарським містом Берн, розташованими за 53 км одна від одної. Метою було встановлення оптичного зв'язку через супутник, хоча в цьому випробуванні лазер не використовувався безпосередньо з орбітальним супутником. Результати були нещодавно опубліковані в журналі Nature.

www.nature.com

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, пров. Ю. Матушняка, 3, оф. 307
тел. +38 (044) 451-60-80, моб. +38 (067) 919-51-15

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

Розуміння та використання драйверів для роботи без операційної системи та драйверів платформи

Махеш Фальке (Mahesh Phalke)

Щоб спростити процес проєктування сучасних технологічних рішень, потрібна підтримка з боку програмного забезпечення (функції драйверів і приклади коду). У статті описується використання драйверів для роботи без ОС (операційної системи) і набір драйверів, необхідних для створення мікропрограмного забезпечення для взаємодії електронного пристрою з прецизійними аналого-цифровими перетворювачами та цифро-аналоговими перетворювачами компанії Analog Devices, які характеризуються високою швидкістю, малим енергоспоживанням, компактними розмірами та високою роздільною здатністю.

Для підтримки процесу розроблення з використанням прецизійних перетворювачів ADI надає приклади вбудованого мікропрограмного забезпечення, заснованого на драйверах для роботи без ОС, які відповідають за налаштування пристрою, збирання даних, одержування від перетворювача, виконання калібрування тощо. Приклади мікропрограмного забезпечення, засновані на таких драйверах, полегшують організацію передавання даних на хост-комп'ютер для їхнього відображення, зберігання та подальшого опрацювання.

ЩО ЯВЛЯЮТЬ СОБОЮ ДРАЙВЕРИ ДЛЯ РОБОТИ БЕЗ ОС І ДРАЙВЕРИ ПЛАТФОРМИ

Як випливає з назви, драйвери для роботи без ОС можуть бути присутніми в системах на «голому залізі», які не мають будь-якої вбудованої ОС, або застосовуватися з будь-якими (тобто не будь-якими конкретними) операційними системами. Ці драйвери надають високорівневі API-інтерфейси для доступу до даних цифрового інтерфейсу конкретного прецизійного пере-

творювача. Драйвери для роботи без ОС, що застосовують ці API, можуть взаємодіяти з пристроями для їхнього налаштування, читання і запису даних, водночас вони не матимуть відомостей про адреси регістрів (карту пам'яті) та їхній вміст.

Драйвери для роботи без вбудованої ОС використовують рівень драйверів платформи, що дає змогу повторно встановлювати одні й ті самі драйвери на різних апаратних/програмних платформах, завдяки чому мікропрограмне забезпечення можна легко портувати. Використання рівня драйверів платформи ізолює їх для роботи без ОС

від низькорівневих деталей інтерфейсів, специфічних для платформи, таких як SPI, I²C, GPIO тощо (рис. 1), що дає змогу повторно застосовувати ці драйвери на різних платформах без внесення в них змін.

ВИКОРИСТАННЯ ДРАЙВЕРІВ ДЛЯ РОБОТИ БЕЗ ОС

На рисунку 2 представлено стандартну структуру коду драйверів для роботи без ОС. Код драйвера для роботи без ОС для прецизійних перетворювачів, як правило, міститься у двох вихідних файлах, написаних мовою C: *adxxxx.c* та *adxxxx.h*, де під *xxxx* мається на увазі найменування пристрою (наприклад, AD7606, AD7124 і т.д.). Заголовний файл пристрою (*adxxxx.h*) містить опис специфічних для нього структур, перерахувань, адрес регістрів і бітових масок, призначених для загального доступу після включення цього файлу в необхідні вихідні файли. Вихідний файл пристрою (*adxxxx.c*) містить реалізацію функцій, передбачених для ініціалізації та видалення пристрою, читання/запису до регістрів пристрою, читання даних із пристрою, отримання/встановлення параметрів пристрою тощо.

Типові драйвери для роботи без ОС засновані на стандартному наборі таких функцій:

- Оголошення адрес регістрів конкретного пристрою, макросів бітової маски, перерахувань конфігурації пристрою і структур для читання/запису конкретних параметрів пристрою (таких як передискретизація, коефіцієнт посилення, напруга опорного джерела тощо).
- Ініціалізація/деініціалізація фізичного пристрою за допомогою функ-

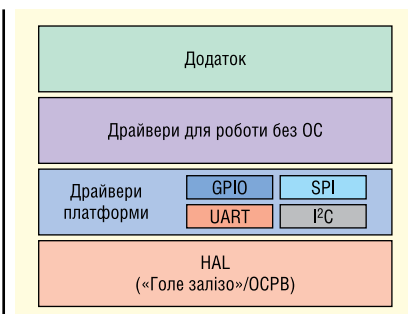


Рис. 1. Стек мікропрограмного забезпечення прецизійних перетворювачів

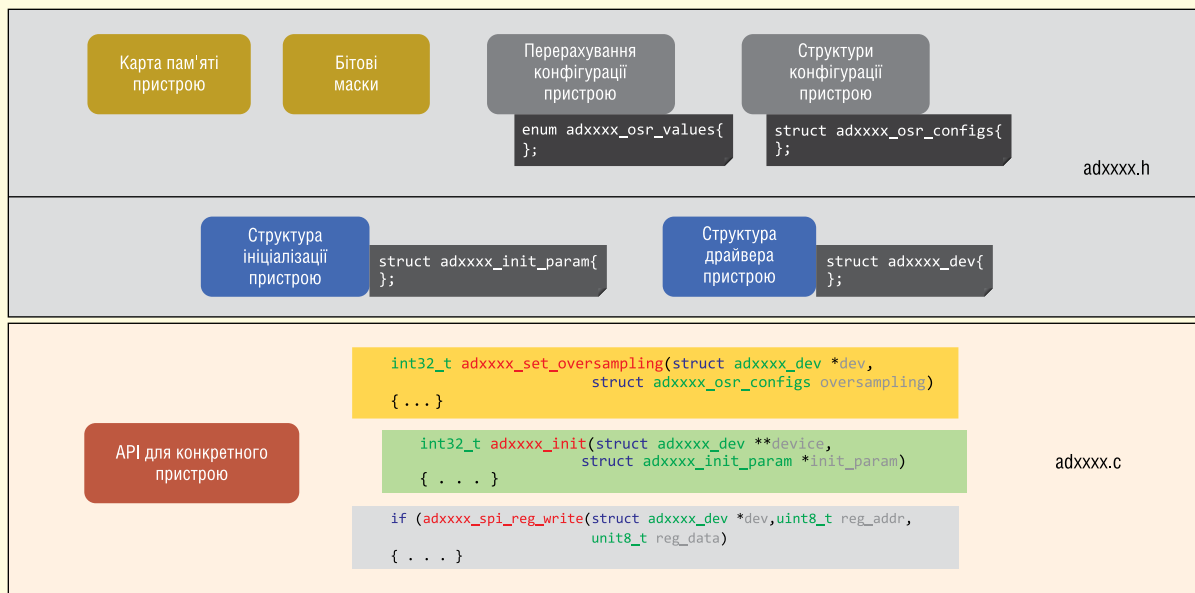


Рис. 2. Структура коду драйвера для роботи без ОС

цій драйвера для ініціалізації/видалення пристрою і специфічних для пристрою структур ініціалізації та драйверів, а також дескрипторів.

- Доступ до карти пам'яті пристрою або бітів регістра за допомогою функцій читання/запису в регістри пристрою, таких як *adxxxx_read_register()* або *adxxxx_write_register()*.

ВИКОРИСТАННЯ ДРАЙВЕРІВ ДЛЯ РОБОТИ БЕЗ ОС

Використання конкретних адрес пристрою, бітових масок, а також структур і перерахувань конфігурації параметрів

Як уже було сказано, заголовний файл *adxxxx.h* містить оголошення всіх специфічних для пристрою перерахувань і структур, які передають у специфічні для пристрою функції або API з метою налаштування або забезпечення доступу до параметрів пристрою. Це показано на рисунку 3.

Структура *adxxxx_config*, представлена на рисунку 3, дає змогу користувачам вибирати канал мультиплектора і встановлювати для нього частоту передискретизації. Обидва параметри цієї структури (*afe_mux_channel* і *oversampling*) є перерахуваннями, присутніми в тому самому заголовному файлі, що містить числові константи всіх можливих значень для обох полів, які користувач може вибрати.

Функція *adxxxx_set_adc_config()*, визначена у файлі *adxxxx.c*, приймає

```

-----
#define ADXXXX_REG_CONFIG           0x02
#define ADXXXX_ADC_CONFIG_ADC_OSR(x) (((x) & 0x3) << 0)
enum adxxxx_config_osr {
    ADXXXX_ADC_CONFIG_OSR_NO_OVERSAMPLING = 0,
    ADXXXX_ADC_CONFIG_OSR_OVERSAMPLING_X_4,
    ADXXXX_ADC_CONFIG_OSR_OVERSAMPLING_X_16,
    ADXXXX_ADC_CONFIG_OSR_OVERSAMPLING_X_64
};
struct adxxxx_config {
    enum adxxxx_afe_mux_channel afe_mux_channel;
    enum adxxxx_config_osr oversampling;
};
-----
int32_t adxxxx_set_adc_config(struct adxxxx_dev *dev,
    const struct adxxxx_config *adc_config)
{
    ret = adxxxx_spi_reg_write(dev, ADXXXX_ADC_CONFIG,
        ADXXXX_ADC_CONFIG_AFE_MUX_CH(adc_config->afe_mux_channel) |
        ADXXXX_ADC_CONFIG_ADC_OSR(adc_config->oversampling));
};
-----

```

Рис. 3. Перерахування, структури та API конфігурації пристрою

передані користувачем конфігураційні значення і параметри через структуру конфігурації і далі викликає функцію *adxxxx_spi_reg_write()* для запису даних до регістра пристрою *ADXXXX_REG_CONFIG* за допомогою цифрового інтерфейсу (в рамках попереднього випадку таким інтерфейсом є SPI).

Ініціалізація пристрою з використанням функції ініціалізації та структур драйверів для роботи без ОС

Крім структур і перерахувань конфігурації, драйвери для роботи без ОС надають дві додаткові структури:

- структуру ініціалізації пристрою;
- структуру драйвера пристрою.

Структура ініціалізації пристрою, іменована також *init*, дає змогу ви-

значати конкретні параметри та конфігураційні значення пристрою в коді користувацького застосунку. Структура *init* (рис. 4) містить елементи інших структур параметрів і перерахувань, що залежать від пристрою. На рисунку 5 показано, як визначається структура ініціалізації пристрою.

Структура драйвера пристрою завантажує параметри ініціалізації пристрою через функцію ініціалізації пристрою *adxxxx_init()*. Структура драйвера пристрою виділяється з простору купи і розподіляється в динамічній пам'яті. Параметри, оголошені в структурі драйвера пристрою і структурі ініціалізації пристрою, практично ідентичні один одному. Структура драйвера пристрою формується під час ініціалізації.

```
struct adxxxx_init_param {
    /** SPI initialization parameters */
    spi_init_param spi_init;
    /** GPIO initialization parameters */
    struct gpio_init_param *gpio1;
    enum adxxxx_device_id device_id;
    /** Configuration register settings */
    struct adxxxx_config config;
}
```

Структура ініціалізації пристрою

```
struct adxxxx_dev {
    /** SPI descriptor */
    spi_desc *spi_desc;
    /** GPIO initialization parameters */
    struct gpio_desc *gpio1;
    enum adxxxx_device_id device_id;
    /** Configuration register settings */
    struct adxxxx_config config;
    uint8_t data_buffer[8];
}
```

Структура драйвера пристрою

Рис. 4. Оголошення структури ініціалізації (init) та драйвера пристрою

Наступні кроки описують стандартну функцію ініціалізації пристрою та процес ініціалізації:

- Крок 1. Створіть визначення (або екземпляр) структури ініціалізації пристрою (наприклад, *struct adxxxx_init_params*) у вашій програмі, щоб ініціалізувати параметри пристрою, що визначаються користувачем, і параметри драйвера, що залежать від платформи. Параметри визначаються під час компіляції.

Примітка. Параметри, визначені в структурі *init*, можуть відрізнятися залежно від пристрою.

- Крок 2. Створіть екземпляр покажчика (змінну) структури драйвера пристрою в коді програми. У додатку користувача необхідно створити єдиний екземпляр покажчика структури драйвера пристрою. Цей екземпляр передається всім API і функціям драйверів для роботи без ОС для доступу до параметрів пристрою. Цей екземпляр покажчика,

визначений у коді додатка, вказує на ділянку пам'яті, що динамічно виділяється, у купі, що реалізується за допомогою функції ініціалізації пристрою, як-от *adxxxx_init()*, визначеної у драйверах для роботи без ОС.

- Крок 3. Ініціалізуйте пристрій та інші периферійні модулі для конкретної платформи, викликавши функцію ініціалізації пристрою.

Функція *adxxxx_init()*, визначена в драйверах для роботи без ОС, ініціалізує пристрій із визначеними користувачем параметрами, переданими через структуру *adxxxx_init_param*. Примірник покажчика структури драйвера пристрою та примірник структури ініціалізації пристрою передаються в цю функцію ініціалізації як два аргументи. Код додатка користувача може викликати функцію *adxxxx_init()* кілька разів за умови, що виклик функції ініціалізації буде супроводжуватися подальшим викликом функції видалення пристрою.

Доступ до карти пам'яті (вмісту регістрів) за допомогою функцій читання/запису регістрів пристрою

Користувачі можуть отримати доступ до вмісту регістрів пристрою (наприклад, ідентифікатора продукту, значення в оперативній пам'яті, регістра стану вихідних каналів тощо) за допомогою властивих драйверам для роботи без ОС спеціальних функцій *adxxx_read/write()* (рис. 6).

У більшості випадків користувачі не застосовують функції доступу до регістрів безпосередньо. Залежні від пристрою функції здійснюють виклик через функції доступу до регістрів, такі як *adxxxx_spi_reg_read/write()*. Для доступу до карти пам'яті пристрою рекомендується використовувати API стану та конфігурації пристрою, а не функції прямого доступу до регістрів, оскільки завдяки цьому забезпечується синхронізація структури драйвера пристрою з параметрами його конфігурації.

ДРАЙВЕРИ ПЛАТФОРМИ

Драйвери платформи є одним із рівнів апаратної абстракції (HAL), який охоплює специфічні для платформи API-інтерфейси. Вони викликаються драйверами пристроїв для роботи без ОС або функцією додатка користувача, щоб забезпечити незалежність

```
struct adxxxx_init_param adxxxx_init_params = {
    .spi_init_param = {
        .max_speed_hz = 2250000,
        .chip_select = SPI_SS,
        .mode = SPI_MODE_0,
        .extra = &spi_init_extra_params
    },
    .gpio1 = &gpio1_init,
    .device_id = ACTIVE_DEVICES,
    .adxxxx_config = {
        .afe_mux_channel = ADXXXX_AFE_MUX_CHANNEL_AIN0,
        .oversampling = ADXXXX_ADC_CONFIG_OSR_NO_OVERSAMPLING
    },
}
```

Визначення пов'язаних із SPI конфігурацій зі структури «spi_init_param»

Встановлення конфігурацій GPIO1 зі структури «gpio1_init_param»

Вибір ідентифікатора пристрою з перерахування/списку «adxxxx_device_id»

Ініціалізація пов'язаних з каналом АЦП конфігурацій (тип каналу та значення регістра стану) з «adxxxx_config»

Рис. 5. Визначення структури ініціалізації пристрою (init) у додатку користувача

```
adxxxx_spi_reg_read(dev, ADXXXX_PRODUCT_ID_L, &product_id_l);
adxxxx_spi_reg_read(dev, ADXXXX_PRODUCT_ID_H, &product_id_h);

int32_t adxxxx_set_adc_config(struct adxxxx_dev *dev,
                             const struct adxxxx_config *adc_config)
{
    ret = adxxxx_spi_reg_write(dev, ADXXXX_ADC_CONFIG,
                              ADXXXX_ADC_CONFIG_AFE_MUX_CH(adc_config>afe_mux_channel) |
                              ADXXXX_ADC_CONFIG_ADC_OSR(adc_config>oversampling));
}

int32_t adxxxx_spi_reg_read(struct adxxxx_dev *dev,
                            uini32_t reg_addr,
                            uini32_t *reg_data)
{
    spi_write_and_read(dev->spi_desc, buf, size);
}

int32_t adxxxx_spi_reg_write(struct adxxxx_dev *dev,
                             uini32_t reg_addr,
                             uini32_t reg_data)
{
    spi_write_and_read(dev->spi_desc, buf, size);
}
```

Рис. 6. Доступ до вмісту регістрів

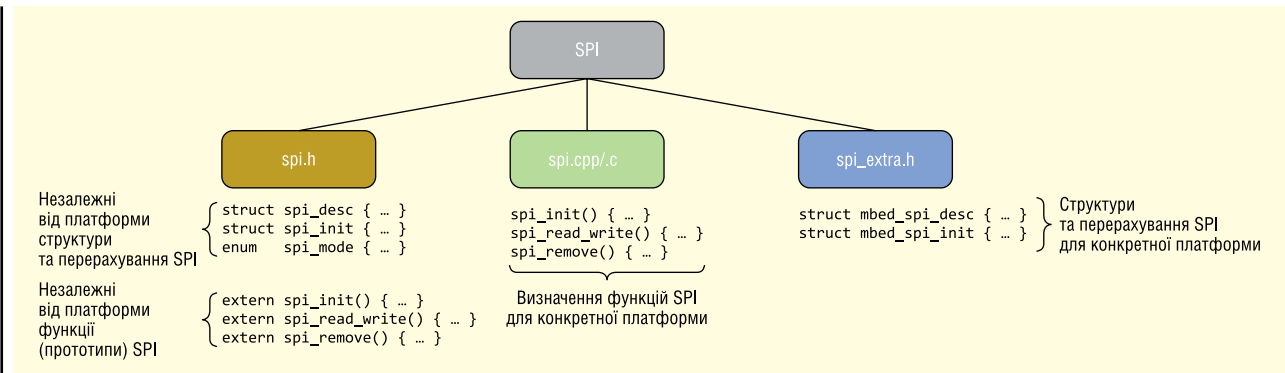


Рис. 7. Структура драйвера платформи для SPI

від будь-яких апаратних і програмних платформ. Драйвери платформи охоплюють низькорівневі апаратні функції, специфічні для конкретної платформи, як-от ініціалізація інтерфейсу SPI/I2C і читання/запис у їхні регістри, ініціалізація блоків ліній GPIO і читання/запис у їхні регістри, ініціалізація інтерфейсу UART та приймання/передавання даних за допомогою UART, затримки, задані користувачем, переривання тощо.

Стандартна файлова структура модуля драйвера платформи для SPI показана на рисунку 7.

ВИКОРИСТАННЯ ДРАЙВЕРІВ ПЛАТФОРМИ

Програмний код драйвера платформи, як правило, міститься у трьох вихідних файлах, написаних мовами C/C++.

- *spi.h* — це незалежний від платформи файл, у якому містяться перерахування і структури пристрою, необхідні для роботи SPI. Написаний мовою C інтерфейс програмування, визначений у цьому заголовному файлі, не має залежностей від платформи. Усі параметри, оголошені в структурах ініціалізації *init* і структурах пристрою, є загальними для інтерфейсів SPI незалежно від платформи.
- Параметр `void*extra`, що використовується в структурі ініціалізації пристрою, дозволяє передавати до-

даткові параметри, які можуть бути специфічними для використовуваної платформи. Параметри, оголошені в структурі драйвера SPI і структурі ініціалізації SPI, практично ідентичні один одному. Структура драйвера формується під час ініціалізації SPI (рис. 8).

- *spi.cpp/c* — файл містить реалізацію функцій, оголошених у файлі *spi.h*, що використовуються для ініціалізації периферійного модуля SPI і читання/запису даних з/в нього для конкретної платформи (рис. 9). Термін «платформа» в ширшому сенсі позначає комбінацію апаратного мікроконтролера (цільового пристрою) і програмного забезпечення (наприклад, RTOS або Mbed-OS). Вміст цього файлу залежить від плат-

форми і має бути змінений під час перенесення на іншу платформу.

Примітка. Доданий код для *spi_init()* і *spi_write_and_read()* є скороченим кодом, тобто в такому разі для простоти розуміння подробиці було опущено.

- *spi_extra.h* — файл містить додаткові перерахування або структури пристроїв, специфічні для конкретної платформи. Завдяки цьому в коді призначеного для користувача додатка можуть надаватися конфігураційні параметри, які не включені до стандартного файлу *spi.h*. Наприклад, номери виводів інтерфейсу SPI можуть відрізнятися залежно від платформи, тому вони можуть бути вказані як частина цих додаткових структур для конкретної платформи (рис. 10).

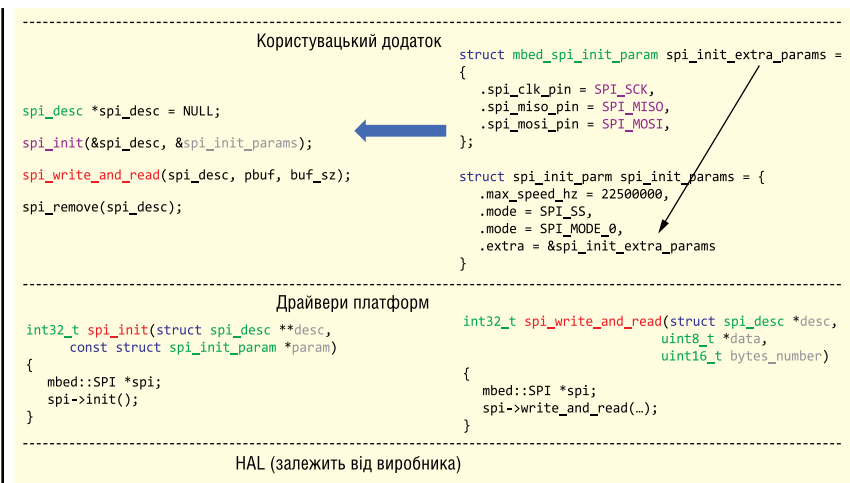


Рис. 9. API-інтерфейси або функції модуля SPI

```

typedef struct spi_init_param {
    uint32_t max_speed_hz;
    uint8_t chip_select;
    enum spi_mode mode;
    void *extra;
} spi_init_param;

typedef struct spi_desc {
    uint32_t max_speed_hz;
    uint8_t chip_select;
    enum spi_mode mode;
    void *extra;
} spi_desc;
    
```

Структура ініціалізації SPI Структура драйвера SPI

Рис. 8. Структура ініціалізації та структура драйвера SPI

```

typedef struct mbed_spi_init_param {
    uint8_t spi_miso_pin;
    uint8_t spi_mosi_pin;
    uint8_t spi_clk_pin;
} mbed_spi_init_param;

typedef struct mbed_spi_desc {
    void *spi_port;
    void *slave_select;
} mbed_spi_desc;
    
```

Додаткова структура ініціалізації SPI Додаткова структура драйвера SPI

Рис. 10. Додаткові структури ініціалізації та драйвера SPI

```

int32_t mbed_spi_init(struct spi_desc **desc,
                    const struct spi_init_param *param)
{
    mbed::SPI *spi; // pointer to new spi instance
    mbed_spi_desc *mbed_desc; // Pointer to mbed SPI descriptor

    // Create the spi description object for the device
    spi_desc * new_desc = (spi_desc *)malloc(sizeof(spi_desc));
    new_desc->mode = param->mode;
    new_desc->max_speed_hz = param->max_speed_hz;

    // Configure and instantiate SPI protocol
    spi = new SPI(
        (PinName)((mbed_spi_init_param *)param->extra)->spi_mosi_pin,
        (PinName)((mbed_spi_init_param *)param->extra)->spi_miso_pin,
        (PinName)((mbed_spi_init_param *)param->extra)->spi_clk_pin);

    // Create the SPI extra descriptor object to store new SPI instances
    mbed_desc = (mbed_spi_desc *)malloc(sizeof(mbed_spi_desc));
    mbed_desc->spi_port = (SPI *)spi;
    new_desc->extra = (mbed_spi_desc *)mbed_desc;

    *desc = new_desc;

    spi->frequency(param->max_speed_hz);
    spi->format(SPI_16_BIT_FRAME, param->mode); // data write/read format
    ss->write(GPIO_HIGH); // set ss high
}
    
```

Виділяє динамічну пам'ять для нового дескриптора SPI і завантажує параметри ініціалізації SPI, передані через покажчик структури 'spi_init_param', у цей новий дескриптор для подальшого використання

Створює екземпляр (об'єкт) SPI для платформи Mbed. Це дає змогу виконувати абстрактні функції рівня платформи Mbed і характерні для пристрою функції HAL, які використовуються для ініціалізації периферійного пристрою SPI для конкретного цільового мікроконтролера

Копіює посилання на новий дескриптор SPI у перший аргумент функції spi_init()

Налаштовує інтерфейс SPI для Mbed за допомогою API, що надаються Mbed (драйвером платформи)

```

typedef struct spi_desc {
    uint32_t max_speed_hz;
    uint8_t chip_select;
    enum spi_mode mode;
    void*extra;
} spi_desc;

typedef struct spi_init_param {
    uint32_t max_speed_hz;
    uint8_t chip_select;
    enum spi_mode mode;
    void*extra;
} spi_init_param;
    
```

Виділяє динамічну пам'ять для структури, що містить додаткові параметри, необхідні надалі для виконання функцій, характерних для платформи (Mbed). Наприклад, екземпляр «spi» копіюється в цю структуру для виклику конкретних для Mbed API читання/запису SPI

```

typedef struct mbed_spi_init_param {
    uint8_t cs_miso_pin;
    uint8_t cs_mosi_pin;
    uint8_t cs_clk_pin;
} mbed_spi_init_param;

typedef struct mbed_spi_desc {
    void *spi_port;
    void *slave_select;
} mbed_spi_desc;
    
```

Рис. 11. Реалізація процедури ініціалізації SPI в Mbed

ПОРТУВАННЯ ДРАЙВЕРІВ ПЛАТФОРМИ

Драйвери платформи можна портувати (перенести) з однієї платформи (мікроконтролера) на іншу, створюючи файли `.cpp/.c` і `_extra.h` для конкретної платформи (рис. 11). Драйвери платформи розташовуються на один рівень вище за специфічний для конкретного пристрою рівень апаратної абстракції (HAL), що надається виробником мікроконтролера. Отже, для портування цих драйверів з однієї платформи на іншу знадобиться внесення мінімальних змін у код драйвера платформи, пов'язаних із викликом функцій або API, наявних у HAL, що надається виробником пристрою.

На рисунку 12 показано відмінності між драйверами платформи для SPI у середовищі Mbed і драйверами платформи для SPI мікроконтролера ADuCM410.

Посилання на репозиторій ADI з драйверами для роботи без ОС і драйверами платформи доступні на сторінках Wiki [2] і GitHub [3] компанії Analog Devices.

ЗМІНА ДРАЙВЕРІВ ДЛЯ РОБОТИ БЕЗ ОС

Драйвери ADI для роботи без ОС поширюються за моделлю open source (з відкритим вихідним кодом) і розміщені на GitHub. Тут представлено драйвери

```

spi_extra.h
-----
typedef struct mbed_spi_init_param {
    uint8_t spi_miso_pin; // SPI MISO pin (PinName)
    uint8_t spi_mosi_pin; // SPI MOSI pin (PinName)
    uint8_t spi_clk_pin; // SPI CLK pin (PinName)
} mbed_spi_init_param;

struct aducm410_spi_init_param {
    /** Select the SPI channel */
    enum spi_channel spi_channel;
    /** Select the operation mode */
    enum master_mode master_mode;

    /** SPI pin muxing configured in application */
    bool miso_gpio_muxing;
    bool mosi_gpio_muxing;
    bool cs_gpio_muxing;
};

spi.cpp/c
-----
int32_t mbed_spi_write_and_read(struct spi_desc *desc,
                               uint8_t *data,
                               uint16_t bytes_number)
{
    ss->write(GPIO_LOW);
    for (size_t byte = 0; byte < bytes_number; byte++) {
        data[byte] = spi->write(data[byte]);
    }
    ss->write(GPIO_HIGH);
}

int32_t aducm410_spi_write_and_read(struct spi_desc *desc,
                                    uint8_t *data,
                                    uint16_t bytes_number)
{
    write ((SpiSta(spi_port) & BITM_SPI_STAT_XFRDONE));
    spi_port->STAT |= ITM_SPI_STAT_XFRDONE;
    for (size_t byte = 0; byte < FIFO_SIZE; byte++) {
        SpiTx(spi_port, data[byte_indx + byte]);
    }
}

mbed HAL (залежить від виробника)          HAL (ADI ADuCM410)
    
```

Рис. 12. Відмінності між драйверами платформ

не тільки для прецизійних перетворювачів, а й для багатьох інших продуктів компанії Analog Devices, таких як акселерометри, приймачі-передавачі, фотоелектронні пристрої тощо. Будь-хто, хто забажає розібратися у вихідному коді цих драйверів, зможе внести до них зміни, згодом підтвердивши зміни (commit) і створивши запит на прийняття змін для їхньої перевірки.

Тут також представлено чимало прикладів проектів, які можна запускати в середовищах Linux і/або Windows. Багато прикладів проектів створено з використанням мови опису апаратури (HDL) для роботи на ПЛІС типу FPGA, що випускаються компаніями Xilinx, Intel тощо, і можуть працювати з процесорами від різних виробників.

Написані мовою C програмні драйвери для систем без ОС доступні в

окремому репозиторії GitHub (No-OS) компанії Analog Devices [4].

На Wiki-сторінці Analog Devices [5] представлено розроблені для прецизійних перетворювачів приклади для роботи із середовищем Mbed і платформою ADuCMxxx.

Література:

1. www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/understanding-and-using-the-no-os-and-platform-drivers.html
2. <https://wiki.analog.com/resources/no-os/drivers>
3. www.github.com/analogdevicesinc/no-OS/tree/master/drivers/platform
4. www.github.com/analogdevicesinc/no-OS
5. <https://wiki.analog.com/resources/tools-software>

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

Безконтактне вимірювання температури

Сергій Гладишев, інженер

У статті розглядаються методи безконтактного вимірювання температури. Як практичний приклад використовуються датчики компаній Amphenol, Melexis і Omron. Наводяться їхні основні параметри.

ВСТУП

Безконтактне вимірювання температури відоме вже досить давно. Останнім часом інтерес до цього методу вимірювання температури помітно зріс. Суть методу заснована на перетворенні електромагнітного інфрачервоного випромінювання в електричний сигнал. Як відомо, будь-яке тіло з температурою, вищою за абсолютний нуль (0 K), випромінює в інфрачервоному діапазоні, яке породжується тепловим рухом молекул. Довжина хвилі ІЧ-випромінювання перебуває в межах 750–1000 нм. Взаємозв'язок між густиною потужності випромінювання і температурою об'єкта визначається формулою:

$$A = \alpha \cdot \beta \cdot (T_2^4 - T_1^4), \quad (1)$$

де A — густина потужності, Вт/м³; $\alpha = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) — постійна Стефана-Больцмана; β — інтенсивність випромінювання; T_2 — абсолютна температура об'єкта; T_1 — абсолютна температура навколишнього середовища, К.

Величина інтенсивності випромінювання β варіюється в інтервалі 0–1. Довжина хвилі інфрачервоного випромінювання людського тіла перебуває в межах 900–1000 нм. Оскільки в цьому діапазоні випромінювання не поглинається атмосферою, температуру тіла можна визначити шляхом вимірювання енергії ІЧ-випромінювання.

СПОСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

Найпоширенішими є два способи вимірювання інфрачервоного випромінювання: за допомогою термобатареї та пірометричного способу. У першому випадку використовується ефект

Зеебека, який іноді називають термоелектричним ефектом. Він виникає при з'єднанні двох різних металів. Метали по-різному нагріваються від ІЧ-випро-

мінювання. На межі їхнього сполучення генерується напруга, яка пропорційна різниці температур.

Другий, пірометричний ефект, виникає при зміні поляризації чутливого елемента при зміні температури. Зміна поляризації призводить до зміни електричного заряду пропорційно до температури нагрівання від ІЧ-випромінювання. Таким чином, при використанні будь-якого з цих двох методів

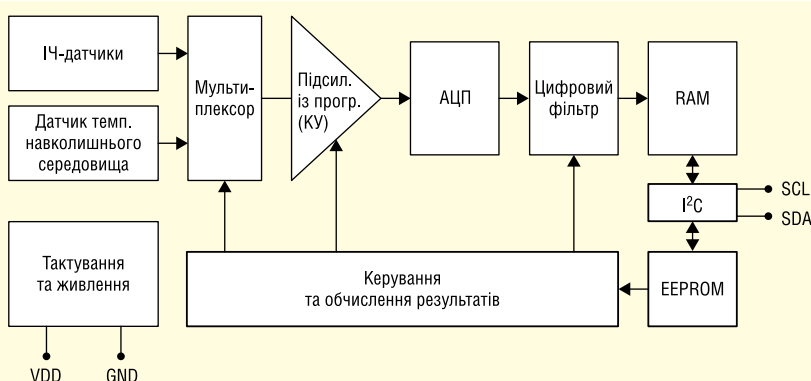


Рис. 1. Структурна схема безконтактного датчика температури

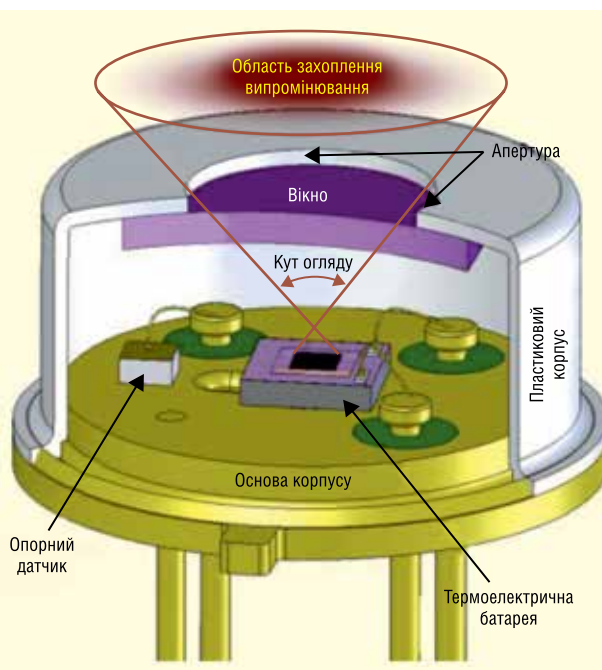


Рис. 2. Конструкція датчика для безконтактного вимірювання температури

ІЧ-випромінювання перетворюється на електричний сигнал, а подальше перетворення — справа техніки, точніше схемотехніки.

У загальному випадку структурну схему цифрового безконтактного датчика температури наведено на рисунку 1. Оскільки остаточний результат коригується залежно від температури навколишнього середовища, необхідно, щоб під час вимірювання дотримувалася теплова рівновага — температура датчика повинна мати стає значення, що дорівнює температурі навколишнього середовища! На жаль, ця обставина не завжди враховується, через що виникає суттєва похибка вимірювання.

Найчастіше як сенсорний елемент використовується термобатарея, сигнал якої перетворюється аналоговим трактом. Якщо АЦП входить в аналоговий тракт, тоді вимірний сигнал передається для подальшої обробки через послідовний комунікаційний інтерфейс. Деякі виробники не включають АЦП до складу датчика, і тоді на виході датчика формується аналоговий сигнал. Якщо ж датчик відк алібрований на виробництві, вихідний сигнал відображає вимірювану температуру, а в інших випадках видаються «сирі» дані, які потребують калібрування.

Конструкцію датчика для безконтактного вимірювання температури наведено на рисунку 2. Як неважко здогадатися з описаного принципу дії датчиків, під час вимірювання необхідно, щоб датчик захоплював ІЧ-випромінювання тільки від об'єкта, що вимірюється; потрапляння випромінювання від інших об'єктів навколишнього середовища призведе до похибки вимірювання.

ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ

У цьому розділі ми коротко опишемо датчики компанії Amphenol, Melexis і Omron.

До складу серії датчиків ZTP від Amphenol входять п'ять датчиків з аналоговим і цифровим виходами. Область захоплення інфрачервоного випромінювання (поле огляду) залежить від модифікації, а межі вимірювання температури залежно від індикації обираються в діапазоні 12–90 °С. Датчики випускаються в компактних корпусах ТО-46/ТО-39. Трохи докладніше розглянемо цифрову версію ZTP-188МА. У неї інтегровано власне датчик і схему обробки. Результати вимірювання передаються по інтерфейсу I²C.

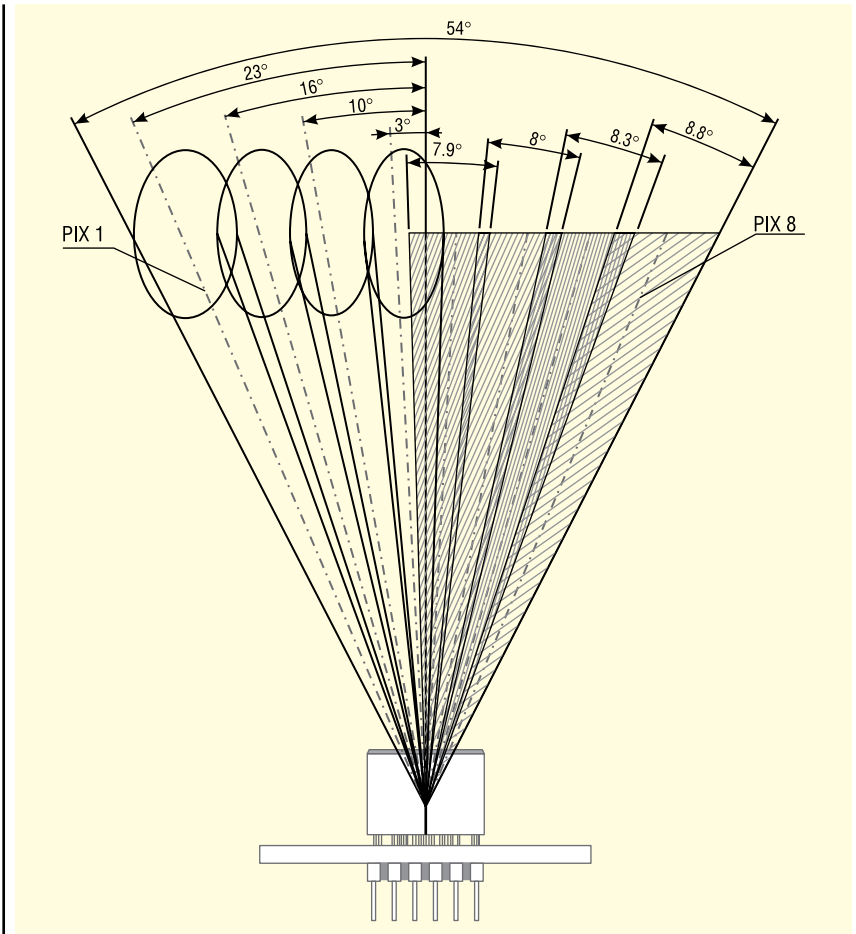


Рис. 3. Горизонтальне поле огляду датчика ZTP-188МА

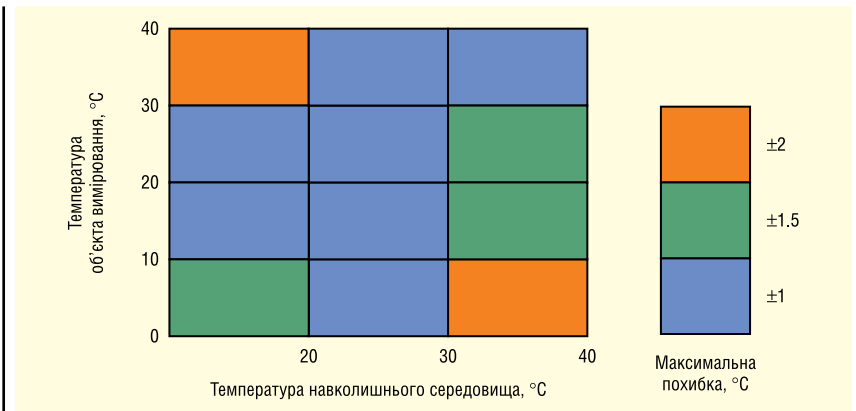


Рис. 4. Залежність похибки датчика ZTP-188МА від температури об'єкта вимірювання та температури навколишнього середовища

Розмір датчика — 30×23×8.5 мм. До його складу входить масив із восьми сенсорних елементів розмірністю 1×8. Горизонтальне поле огляду становить 54°, а поле огляду кожного сенсорного елемента — 7° (див. рис. 3). Вертикальне поле огляду менше — 14°. Роздільна здатність датчика: 0.1 °С; діапазон вимірюваної температури: 0–40 °С. Датчик повністю відкалібрований під час виробництва. Залежність похибки датчика від температури об'єкта вимірювання

і від температури довкілля наведено на рисунку 4.

Цифровий датчик MLX90632 FIR компанії Melexis випускається у двох версіях — стандартній і медичній. Обидві версії калібруються під час виготовлення і працюють у діапазоні температури –20...85 °С. Медична модифікація датчика забезпечує похибку вимірювання ±0.2 °С у діапазоні вимірювання 35–42 °С; водночас датчик здатний вимірювати температуру об'єкта в діапа-

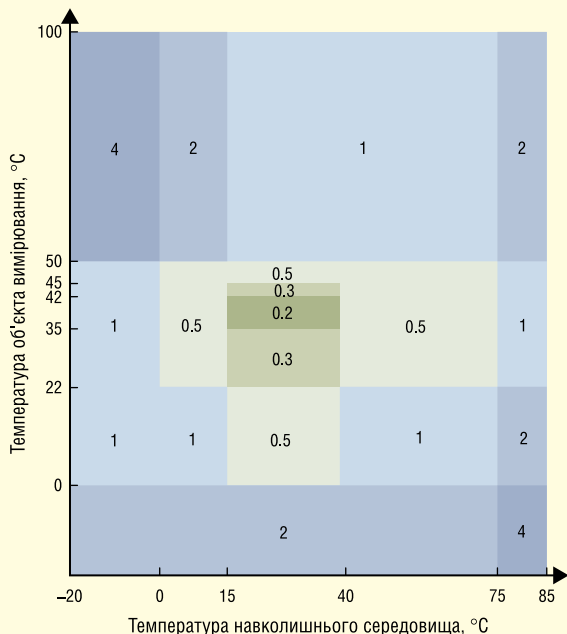


Рис. 5. Залежність похибки медичної модифікації датчика MLX90632 FIR від температури об'єкта вимірювання і температури навколишнього середовища

ВИСОКОТОЧНІ ЛАЗЕРИ З МИЛЬНИХ БУЛЬБАШОК

Словенські дослідники зробили новий крок уперед, перетворивши мильні бульбашки на джерела лазерного випромінювання і використавши їхню структуру для створення датчиків тиску та електричного поля. Цей прорив розкриває несподіваний потенціал повсякденних матеріалів для перспективних наукових застосувань. Одним із конкретних застосувань є створення високочутливих датчиків. Фізики вже багато років вивчають мильні бульбашки, притягнуті їхніми чудовими геометричними властивостями як мінімальних поверхонь, способом їхнього коливання і чудовими інтерференційними картинами, що утворюються на їхній поверхні. На цьому тлі в Люблянському університеті (Словенія) був зроблений дивовижний прорив: мильні бульбашки перетворені на лазері!

<https://journals.aps.org/>

зоні $-20...100\text{ }^{\circ}\text{C}$, але з похибкою $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ поза діапазоном $35-42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Датчик стандартної версії вимірює температуру об'єкта в межах $-20...200\text{ }^{\circ}\text{C}$ із похибкою $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Передбачено два режими енергоспоживання — активний і режим сну. В останньому випадку більшість модулів

датчика перебуває у вимкненому стані, і споживання не перевищує $2.5\text{ }\mu\text{A}$. Датчик можна запрограмувати на безперервне вимірювання із заданою частотою опитування або на одноразове вимірювання. Залежність похибки медичної модифікації датчика MLX90632 FIR від температури об'єкта вимірюван-

ня і від температури довкілля наведено на рисунку 5.

Компанія Omron випускає серію безконтактних цифрових датчиків температури D6T. До її складу входять сім модифікацій датчиків, які загалом покривають діапазон вимірювань $40-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Похибка вимірювання не перевищує $\pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Роздільна здатність датчика залежно від модифікації перебуває в межах $0.02-0.06\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Однією з головних відмінностей між датчиками крім діапазону вимірювання температури є розмірність масиву сенсорів: 1×1 ; 1×8 ; 4×4 ; 32×32 . Різна розмірність масиву сенсорів дає змогу вибрати оптимальний датчик залежно від розміру об'єкта вимірювання та відстані до нього. На рисунку 6 показано поле огляду для датчиків із різною розмірністю масиву, а в таблиці 1 наведено чисельні значення розмірів поля огляду залежно від відстані до об'єкта вимірювання.

СН

Таблиця 1. Розмір поля огляду залежно від відстані до об'єкта вимірювання

Відстань до об'єкта вимірювання, см	Поле огляду, см	Найменування датчика (розмірність масиву сенсорів)				
		D6T-1A-01 (1x1)	D6T-1A-02 (1x1)	D6T-8L-09H (1x8)	D6T-44L-06H (4x4)	D6T-32L-01A (32x32)
10	X	11	4.7	10	8.1	20
	Y	11	4.7	10	8.4	20
50	X	55	24	52	41	100
	Y	55	24	4.8	42	100
100	X	111	47	103	81	200
	Y	111	47	10	84	200
200	X	222	94	206	162	400
	Y	222	94	20	169	400
300	X	333	141	309	244	600
	Y	333	141	300	253	600

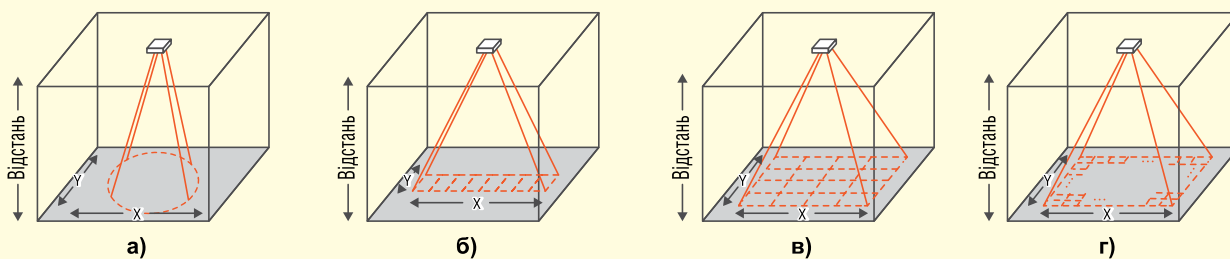



Рис. 6. Поле огляду датчиків із розмірністю масиву: 1×1 (а); 1×8 (б); 4×4 (в); 32×32 (г)

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИвід 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.uaАА
Ві


ТОВ «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання електронних компонентів, пливкових клавіатур, світлодіодної комунікаційної продукції, роз'ємів тощо

тел.: (044)592-54-05
моб.: 098-980-48-38
моб.: 095-553-00-24

ill1982
ill82@ukr.net
ip-com.net.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



- Електронні компоненти
- Світлодіодне освітлення
- Друковані плати
- Контрактне виробництво

B I S

bis_electronics @BISelectronic bis@bis-el.kiev.ua | bis-el.com
+38 (044) 490-35-99

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЦІЯ +
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

- електронні компоненти
- електромеханічні компоненти
- промислова автоматизація
- вимірювальні прилади
- обладнання та матеріали для виробництва електроніки
- друковані плати
- контрактне виробництво

03061, Київ,
вул. Михайла Донця, 6
тел.: +380 (44) 201 02 02
info@vdmals.ua
www.vdmals.ua

ВЕРІКОМ КОМПОНЕНТС

- Виробництво друкованих плат від 1 шт
- Контрактне виробництво
- Власний склад електронних компонентів
- Покриття плат лаком і компаундами
- Відповідасмо вимогам стандарту ISO 9001:2015

Україна, м. Київ
вул. Марії Каніст, 2а, оф. 114
URL: www.verikom.kiev.ua

TIC

тел./факс: (+380) 44-501-8335
(+380) 67-508-0229
E-mail: sales@temys-kiev.ua



**Виробництво електроніки
Вимірювальна техніка
3-D моделювання та друк
Промислові комп'ютерні системи
Дистрибуція електронних компонентів**

пр-т. Відрадний, 95-С, 03061, Україна, м.Київ,
+38044 507-0202, www.biaKOM.com




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;
- жорсткогнучких друкованих плат, гнучких кабелів;
- друкованих плат на металі (алюміній, мідь).

Швидко виготовлення (від 3-х днів).

Висока якість. Оптимальне 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


ТОВ "ДЕЛІП"
**МОНТАЖ SMT ТА SHT
ЕЛЕКТРОННИХ
КОМПОНЕНТІВ**

79060, м. Львів,
вул. Наукова, 5-А, корп. Е
Тел.: +38 (032) 245-75-72
+38 (067) 672-27-40
E-mail: basarab@dely.info



ДРУКОВАНІ ПЛАТИ
ТЕРМІНОВЕ ВИРОБНИЦТВО ВІД 1-ГО ДНЯ!
Одно-, дво-, багатшарові друковані плати,
плати 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 «PCB-ЕТАЛ»
28000, Кіровоградська обл.,
м. Олександрія, вул. Заводська, 1

Для замовлення:
Тел.: +38 (050)288-95-73
e-mail: pcb@etal.ua

З питань ціноутворення:
Тел.: +38 (066)872-60-65
e-mail: sb10@etal.ua

ВЧ- та НВЧ-КОМПЛЕКТУЮЧІ І КОМПОНЕНТИ

мікросхеми • транзистори • коаксіальні фільтри
коаксіальні з'єднувачі • коаксіальні кабелі
матеріал для ВЧ-плат • теплорозподільчі матеріали



ЄВРОКОНТАКТ
www.eurocontact.kiev.ua
т/ф +380 44 500 7991
info@eurocontact.kiev.ua



IMRAD
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

38 (044) 239-96-06
38 (044) 498-01-68www.grandelectronic.com
office@grandelectronic.comБулвар Вацлава Гавела, 8
м. Київ, 03124**Прямі поставки від виробника****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

Незалежний постачальник
електронних компонентів

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більше ніж 8 млн. товарів в каталозі

www.evocom.uaemail: info@evocom.ua
tel. (044) 520-19-13дистрибуція електронних компонентів
контрактне виробництво08298, смт. Коцюбинське
вул. Пономарьова, 7

Тел. +38 044 33 44 575

www.eurocom-c.comE-mail: info@eurocom-c.com


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
e-mail: imsharkov@gmail.comтел.: (073) 757 25 22 (23), (098) 028 89 17
(057) 732 04 50, 732 01 76

K206

Електронні компоненти

Все для виробництва та ремонту зі складу та на замовлення

www.k206.net
+38 096 77-99-665



КОМПАНІЯ СИ-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" +38 044 578 18 15
Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204 +38 096 926 70 69
info@melsys.com.ua +38 063 435 68 10

Партнерство в електроніці

МІКРО ПРИБАД


avalue Touch PARTEX MARKING SYSTEMS mention WAGO LINEAR TEXAS INSTRUMENTS SZ NAGANO

03142, м. Київ, вул. Омеляна Прицака, 4, офіс 101
Тел.: 044 392-93-86, Факс: 044 392-93-87
www.micropribor.com.ua sales@micropribor.com.ua

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 Лоджикс»
www.pcb24.com.ua
info@pcb24.com.ua
pcbprint24@gmail.com
068 614 38 28



ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"

Корпуса пластиків. Клавіатура плівкова. Кабельно-провідникова продукція.

[044] 599.7550 [044] 503.3323 KORPUS.KIEV@GMAIL.COM
ICQ: 148-782-777
03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А korpus.kiev.ua



м. Київ, пров. Ю. Матушака, 3, оф. 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, AMPLEON, WeEn в Україні

Microdis Electronics GmbH
Rheinauer Straße 1
68766 Hockenheim
Germany

MICRODIS

Дистриб'ютор електронних компонентів

Роман Прокопець
Менеджер з продажу

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

www.microdis.net

www.otlodka.com.ua

- Автоматизований SMD монтаж друкованих плат
- Фрезерування панелей, корпусів та пластику
- 3D-друк

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97

ФОР САРІЄВ Р.Б.

КОНТРАКТНИЙ ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ ПІД ЗАМОВЛЕННЯ



+38 044 338 97 73
info@pcba.com.ua
pcba.com.ua



Зручний онлайн PCB-калькулятор
мінімальне замовлення - 5 шт.

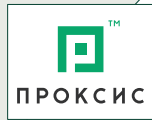
Постачання:

- друковані плати FR-4;
- алюмінієві друковані плати;
- трафарети для паяльної пасту;
- паяльна паста;
- припій.

Сайт: pcbтut.com
e-mail: pcbтut@pcbтut.com
+38 (067) 674 99 14

вбудовані процесорні плати

COMexpress
Qseven
PC-104
ETX



промислові комп'ютери та системи

www.proxis.ua
+380(44)4675977
+380(44)5995977

RADIODETAILS

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

КУПУЙ ВИГІДНО

radiodetails.com.ua

РАДІОМАГ
МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків
Одеса Дніпро

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
- роз'єми
- інструмент
- пасивні компоненти
- Батарейки та акумулятори та багато іншого

RAINBOW TECHNOLOGIES

www.rainbow.com.ua

Rainbow Technologies – офіційний дистрибутор 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

Rich El
electronic components

ТОВ "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

Промислові та ІТ-шафи, щити, електронні системи, системи контролю мікроклімату, струмозрозподільче обладнання, всесезонні шафи та комплексні рішення для ЦОД, ПЗ EPLAN

Ріттал ТОВ - вул. Київська, 6В, 08132, Вишневе, Київська обл.
Тел.: +380 (44) 536 99 44 - E-mail: office@rittal.com.ua
www.rittal.com.ua

SEA ІННОВАЦІЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ 30

м. Київ, вул. Кранівська, 13-Б
тел.: +38(044)330-00-88
sea.com.ua, info@sea.com.ua

Постачання: Електронні компоненти • Джерела живлення • Салідоцірка продукція та автоелектроніка Індикатори, дисплеї • Обладнання для енергетики • Електротехнічна продукція • Кабельно-проводникова продукція • Обладнання для промислової автоматизації • Бездротові компоненти Вимірковальні прилади Паяльне обладнання і матеріали для пайки • Салідоцірна продукція

Виробництво: Світлофори та технічні засоби управління дорожнім рухом • Автоматизована система обліку та контролю енергоресурсів • Паркувальне обладнання і системи • WIM - системи динамічного завантаження транспорту • Світлодіодні екрани та медіафасади SEA • Система керування м'яким освітленням Комплексна система диспетчеризації ліфтів • Джерело безперебійного живлення

Послуги: Великоузлове складання обладнання • Просування друкованих плат Виробництво друкованих плат • Контрактне виробництво електроніки • SMD / DIP монтаж компонентів • Комерційні розробки • Просування, монтаж, модернізація, технічне обслуговування паркувальних комплексів, світлофорних та WIM об'єктів

Харків: kharkiv@sea.com.ua Дніпро: dnp@sea.com.ua Львів: lviv@sea.com.ua

Semisvit
Create with us

ТОВ "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. Желязова, 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

SOFTPROM
VALUE ADDED IT DISTRIBUTOR

Дистриб'ютор Altium в Україні
www.softprom.com/ua/vendor/altium
altium@softprom.com

TOB "Сейфрон Солонини"



НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД
ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНИКИ 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



TMS PROJECT

Контракне 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
єдиного дистрибутора в Україні.

04080, м. Київ
вул. Вікентія Хвойки, 18/14
склад: 10/8

www.distrelec.biz
e-mail: ulajitok@el.com
oksara@tok-el.com

Tel. +38 066 781 56 11
+38 093 890 40 88



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



PHOENIX CONTACT

phoenixcontact.com



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



КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИБОРИ
ЮНІТЕСТ
ТЕХНІКА

ТОВ "ЮНІТЕСТ"
вул. Олесь 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>

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИБОРИ
АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ
продаж • навчання • сервіс

KEYSIGHT TECHNOLOGIES
Авторизований дистрибутор



ЮСТАС

Електронні компоненти провідних світових виробників:
конденсатори всіх типів, транзистори, тиристорні,
мікросхеми, діоди, діодні мости, кварци,
індикаторна продукція всіх типів, вентилятори,
механічні елементи, кабельна продукція

justas@ipm.lviv.ua
justas_k@ukr.net

Магазин "Електронних компонентів"
79018, м. Львів, вул. Героїв УПА, 40,
т/ф (032) 237-31-82, (032) 238-94-41
поведілок - субота з 10.00 до 18.00

<http://justas-electronics.com.ua>
+38 (093) 020-40-51



ВИСТАВКИ 2023

Назва	Сайт	Організатор	Місто	Дата проведення*
SECURITY 2.0 (виставка «Безпека»)	www.bezpeka.ua	Євроіндекс	Київ	04.10–05.10.2023
Electro Install	www.iec-expo.com.ua	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
EcoEnergy Expo	www.iec-expo.com.ua	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
E-Comps + DigiTec	www.iec-expo.com.ua	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
Енергетика в промисловості	www.iec-expo.com.ua	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023
Mining & Minerals Expo	www.iec-expo.com.ua	МВЦ	Київ	17.10–19.10.2023

* Інформація отримана від організаторів виставок. Можливі зміни в залежності від ситуації.

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.

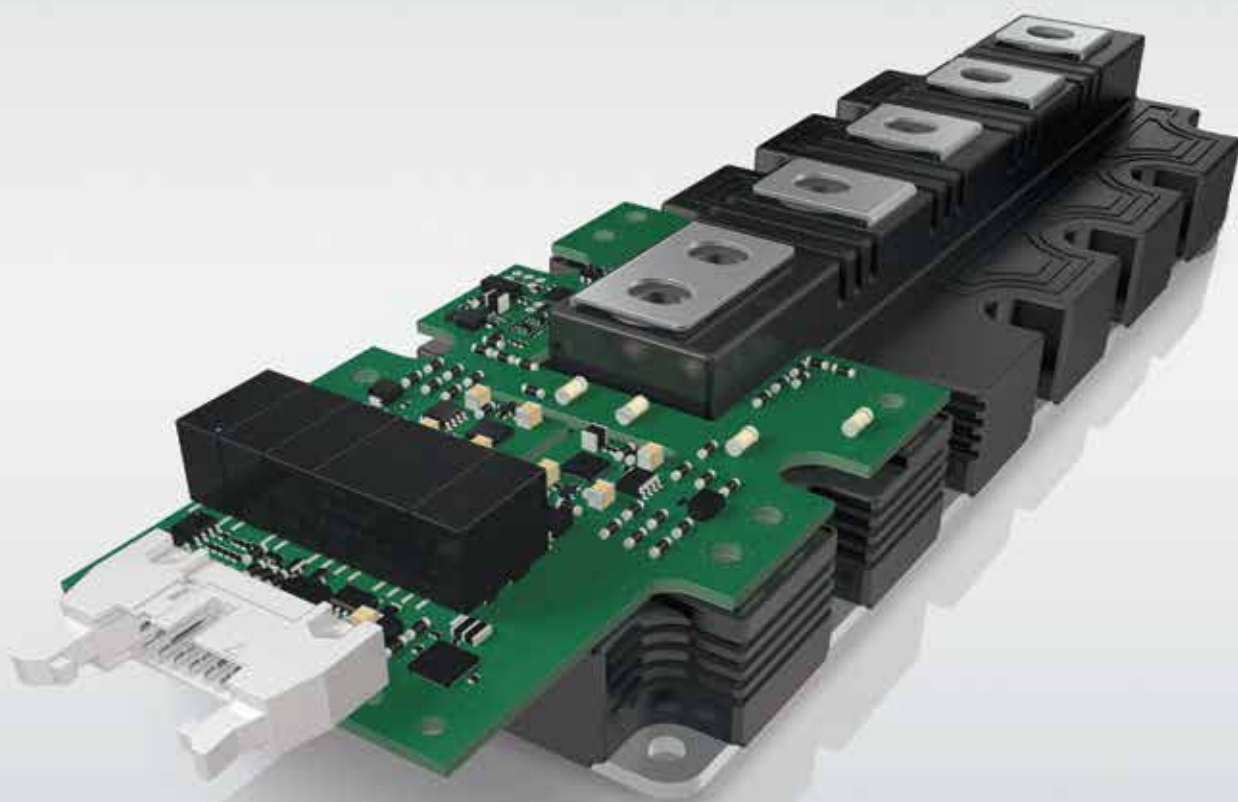
ВИМОГИ ДО РЕКЛАМНИХ І АВТОРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Рекламні матеріали приймаються **тільки українською мовою в форматах «.eps» або «.tif» (300 dpi)**. Кольорова модель — **СМУК**. 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 СМУК. **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 — **СМУК** і надані окремими файлами. Кожний рисунок повинен мати підписуночний 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-danfoss.com



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), високовольних 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

Авторизований дистриб'ютор
WeEn в Україні

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

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