

CHIP NEWS

HARWIN
gecko®



Мікромініатюрні з'єднувачі для відповідальних застосувань

- * авіація
- * метрологія
- * медицина
- * промисловість
- * дрони

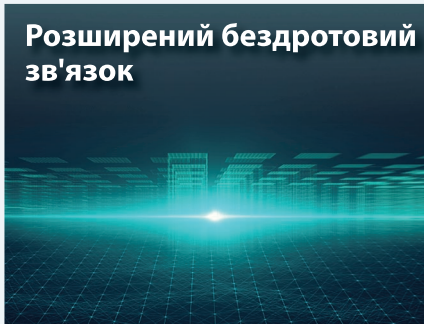
- * функціональна гнучкість
- * мініатюрність
- * ударостійкість
- * віброзахисність
- * температура -60 ... 150 °C

WWW.BIAKOM.COM

- Інновації від WeEn ... стор. 14
- Рішення Mini-Circuits ... стор. 16
- Ідеальний захист техніки ... стор. 30

- Ефективність БЖ та GaN ... стор. 44
- Побудова систем живлення ... стор. 50
- Осердя з порошкових матеріалів ... стор. 56

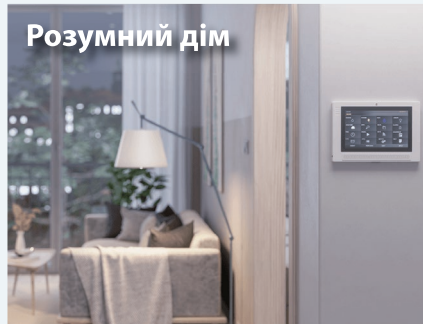
Розширений бездротовий зв'язок



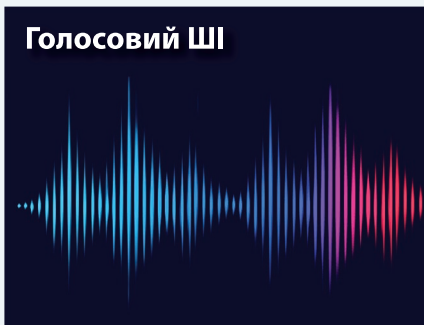
Інтеграція з хмарою IoT



Розумний дім



Голосовий ШІ



ESP

Безпека IoT



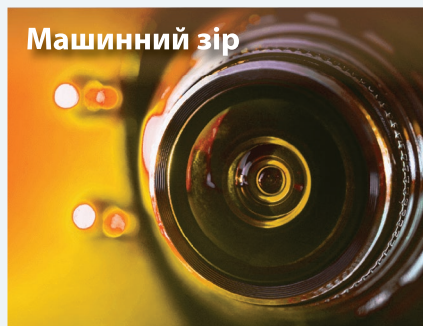
ML та периферійні обчислення



Промисловий IoT



Машинний зір



**Ми прагнемо надати користувачам інноваційні
та інтуїтивно зрозумілі продукти,
які вирішують складні та важливі проблеми**

№ 02 (237), 2025 р.

Науково-технічний журнал
Видається з 2001 р.
ТОВ «Булавів-Посад л.т.д.»Зареєстрований
Міністерством юстиції України.
Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової
інформації
Серія КВ № 25055-14995Р
14.12.2021 р.

Головний редактор:

Сірич О. В.
E-mail: editor@chipnews.com.ua

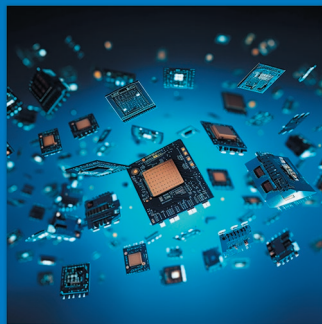
Редакційна колегія:

Войналович М. Ю., Крючатов С. Д.,
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. Відродний, 10E-mail: info@chipnews.com.ua
https://www.chipnews.com.ua

© «CHIP NEWS».

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

ЗМІСТ

НОВИНИ

Новини світу електронних компонентів. 4

ПОДІЇ

Виставка GreenExpo та форум
«Децентралізація енергетики:
виклики та можливості» 10

ІННОВАЦІЇ

Нові компактні промислові комп'ютери
для «розумного» виробництва 12Переклад та редагування: Наталія Апостолюк
Просування інновацій сталого розвитку
та надання потужного імпульсу силовим
пристроєм компанією WeEn Semiconductors. 14

ВЧ- ТА НВЧ-КОМПОНЕТИ

Олег Колотун
Рішення Mini-Circuits для систем зв'язку,
безпеки, спеціальних та аерокосмічних
застосувань 16

МІКРОКОНТРОЛЕРИ

Сергій Волков
Мікроконтролери RZ/G2L компанії Renesas 20

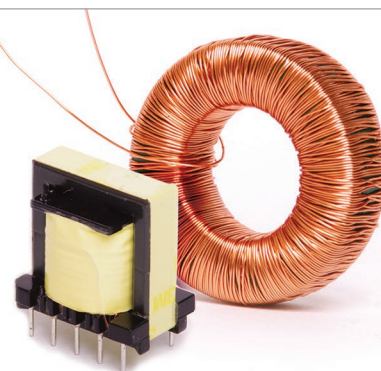
ІНЖЕНЕРНА ПРАКТИКА

Переклад та редагування: Роман Прокопець
Розкрийте можливості точного землеробства
за допомогою OEM-плати Nordan та рішення PX9 28

КОНСТРУКТИВИ

Ліза Піхерер (Lisa Picherer)
Ідеальний захист для чутливої
вимірювальної техніки 30

www.adcgr.com

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

СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Переклад та редагування: Володимир Павловський
Вимірювання пікової напруги модулів IGBT
і вимоги до демпферного конденсатора33

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

Ян Пікард (Jean Picard)
Під «дахом» зворотного ходу: дизайн
імпульсних джерел живлення.
Частина 140
Симеон Тремп (Simeon Tremp)
Переклад та редагування: Юрій Скрипка
Ефективність джерел живлення
та технологія GaN.44

ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

IPS TFT-дисплеї з розширеним
температурним діапазоном
і Bar-type дисплеї Raystar47

НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Переклад: Вадим Потапенко
Редагування: Віктор Бутирін
Особливості побудови систем живлення
і навантажень високої потужності50
Артем Терейковський
Осердя з порошкових матеріалів56
Основні відомості про налаштування
якості зображення60

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПОНЕНТИ

Коаксіальні роз'єми та кабелі
для радіочастотних застосувань64

ІНТЕРФЕЙСИ

Стефані Пінтерік (Stephenie Pinteric),
Улісес Інігес (Ulises Iniguez)
Переклад та редагування: Нікіта Єзерський,
Покращення вбудованих систем
за допомогою I³C70

ВІЗИТКИ72

ВИСТАВКИ77

ІНФОРМАЦІЙНА СТОРІНКА.80

Герметичні промислові роз'єми CNLinko – бездоганне з'єднання в будь-яких умовах



У сучасних промислових, телекомунікаційних та енергетичних системах якість електричних з'єднань є критично важливою. Високотехнологічні герметичні роз'єми CNLinko забезпечують повний захист від проникнення пилу, вологи та механічних пошкоджень, гарантуючи безперебійну роботу обладнання навіть у найскладніших умовах експлуатації.

Що таке герметичні роз'єми CNLinko?

CNLinko – це виробник високотехнологічних промислових з'єднань, що спеціалізується на рішеннях із підвищеним рівнем герметичності та захисту від зовнішніх факторів. Роз'єми відповідають класам IP65, IP67 та IP68, що забезпечує стабільність з'єднань у важких умовах експлуатації.

Ключові переваги CNLinko

Максимальна герметичність

Завдяки ступеням захисту IP65, IP67 та IP68, роз'єми CNLinko ефективно протидіють проникненню пилу, вологи, агресивних рідин та механічних частинок.

Висока механічна міцність

Корпуси виготовлені з анодованого алюмінію або армованого полімеру, що підвищує їхню стійкість до механічних навантажень, вібрацій та ударів.

Різноманітність моделей для будь-яких потреб

CNLinko пропонує [силові](#), [сигнальні та комунікаційні роз'єми](#), що підтримують передавання електроенергії (до 50A), [цифрових даних](#) (RJ45, USB, HDMI) та аналогових сигналів.

Легкий і швидкий монтаж

Інтуїтивно зрозумілі байонетні та гвинтові механізми з'єднання забезпечують надійну фіксацію без додаткових інструментів, знижуючи ризик помилок при підключенні.

Стійкість до температурних перепадів та корозії

Роз'єми CNLinko працюють у температурному діапазоні від -40°C до +85°C та мають антикорозійне покриття для роботи в агресивних середовищах.



Де використовуються роз'єми CNLinko?



- Промислове обладнання та автоматизація – роботизовані лінії, верстати, керуючі контролери.
- Будівельна та сільськогосподарська техніка – герметичні рішення для важких умов експлуатації.
- Енергетика та альтернативні джерела живлення – розподільчі щити, сонячні та вітроелектростанції.
- Системи зв'язку та телекомунікації – високошвидкісні Ethernet-з'єднання для промислових мереж.
- Транспорт та залізнична інфраструктура – вібро- та термостійкі роз'єми для бортових систем.
- Медичне та лабораторне обладнання – стерильні та стійкі до дезінфекції електроз'єднання.

Як правильно обрати роз'єм CNLinko?

- Для зовнішнього використання – моделі з IP67/IP68 для максимального захисту.
- Для передачі даних – RJ45, USB, HDMI з екранованими контактами.
- Для високих струмів – анодовані металеві корпуси для додаткової міцності.
- Для швидкого підключення – байонетні роз'єми із захистом від випадкового роз'єднання.

Де купити роз'єми CNLinko в Києві?



- Широкий асортимент CNLinko у компанії Філур Електрик!
- Оригінальна продукція з офіційною гарантією
- Готові до відправки зі складу в Києві



[CNLinko](#) – стабільність, довговічність, ефективність у кожному з'єднанні.



ТОВ „ФІЛУР ЕЛЕКТРИК, ЛТД“ - Офіційний імпортер CNLinko в Україні

вул. Гетьмана Павла Полуботка, 22/14
м. Київ, Україна, 02100
www.filur.net

+38 (044) 495 75 75
+38 (068) 496 75 75
office@filur.net

Новини світу електронних компонентів

УНІВЕРСАЛЬНИЙ БАЗОВИЙ ВІДЛАДЧИК MPLAB® PICKIT™ BASIC DEBUGGER

Щоб зробити свої потужні можливості програмування та налагодження доступними для широкого кола інженерів, компанія **Microchip Technology** випустила на ринок відладчик мікросхем MPLAB® PICKIT™ Basic, який є економічно ефективним і потужним рішенням для інженерів різного рівня. На відміну від інших складних і дорогих відладчиків, цей бюджетний пристрій пропонує високошвидкісне підключення USB 2.0, підтримку CMSIS-DAP, сумісність з різними інтегрованими середовищами розробки (Integrated Development Environment, IDE) і сумісність з широким спектром мікроконтролерів.

Універсальність цього інструменту дозволяє розробникам використовувати відладчик у різних проектах і на різних платформах, включно з екосистемами VS Code, спрощуючи робочий процес і зменшуючи потребу в декількох інструментах.

- Основні характеристики:
- Кабель USB Type-C®. Програмований відладчик MPLAB PICKIT Basic використовує кабель USB Type-C, який є сучасним, широко поширеним і простим у використанні. З'єднання USB-C® сприяє кращому підключенню, швидкій передачі даних і надійнішому з'єднанню, зменшуючи проблеми, пов'язані із застарілими або несумісними кабелями.

- Економічна ефективність. Багато сучасних інструментів для налагодження і програмування можуть бути дорогими, що робить їх менш доступними для любителів, студентів і невеликих команд розробників. Відладчик MPLAB PICKIT Basic пропонує розширені функції за нижньою ціною, що робить його доступним варіантом без шкоди для функціональності.
- Сумісність і універсальність. Розробники часто стикаються з проблемами, пов'язаними з інструментами, які обмежені певними пристроями або програмними середовищами. Відладчик MPLAB PICKIT Basic підтримує широкий спектр мікроконтролерів і сумісний з MPLAB X IDE від Microchip, Environment (IPE) і MPLAB Extensions for VS Code, а також з опціями сторонніх виробників, такими як IAR Embedded Workbench і різними інтерфейсами налагодження, включаючи чотирипровідний JTAG і Serial Wire Debug.
- Покращений користувацький досвід та розширені функції. Завдяки витонченому і легкому дизайну MPLAB® PICKIT™ Basic дуже легко переносити і використовувати в різних середовищах: від навчальних аудиторій до лабораторій професійного розвитку. Розширені можливості налагодження MPLAB® PICKIT™ Basic містять автоматичний вибір пристрою і підтримку адап-

терів для пристроїв на базі Arm® Cortex®.

www.microchip.com

МІКРОПРОЦЕСОРИ SAMA7D65

Розробники вбудованих систем повинні вирішувати завдання з проектування систем, які досягають балансу між компактністю, енергоефективністю та високою продуктивністю. Оскільки прикладні програми стають дедалі складнішими, вимагаючи вдосконаленої графіки та зв'язку, пропозиція різноманітних рішень, починаючи від SoC і закінчуючи SiP та SOM, спрощує та прискорює терміни розробки. Компанія **Microchip Technology** оголосила про випуск лінійки процесорів SAMA7D65 на базі ядра Arm® Cortex®-A7 з тактовою частотою до 1 ГГц, які пропонуються в корпусі System-in-Package (SiP) з пам'яттю DDR3L об'ємом 2 Гб і в корпусі System-on-Chip (SoC). Процесори серії SAMA7D65 з розширеними графічними можливостями призначені для інтерфейсу людина-машина (HMI) та комунікаційних застосувань.

Серед особливостей графічних процесорів SAMA7D65 — інтерфейси LVDS, MIPI DSI® та 2D GPU. Ці високопродуктивні функції дозволяють передавати та обробляти більше даних для ефективної графічної продуктивності, що робить його оптимальним рішенням для застосування

в промислових, медичних і транспортних системах.

Оснащені вдосконаленими функціями аудіо та зв'язку, графічні процесори SAMA7D65 включають подвійний гігабітний Ethernet з підтримкою чутливої до часу мережі (Time Sensitive Networking, TSN), що забезпечує точну синхронізацію та низьку затримку зв'язку, критично важливу для систем, що працюють в реальному часі. Ці функції орієнтовані на застосування в промислових і автоматизованих системах автоматизації будівель, де безпечний обмін даними і детермінована мережа мають важливе значення для швидкого і надійного користувацького інтерфейсу.

Мікросхема SAMA7D65D2G SiP оснащена пам'яттю DDR3L об'ємом 2 Гб для високошвидкісних синхронних динамічних операцій з довільним доступом, а її низьковольтна конструкція знижує енергоспоживання і підвищує енергоефективність. Мікросхеми SiP призначені для прискорення процесу розробки та виведення на ринок завдяки попередньому вирішенню питань проектування високошвидкісного інтерфейсу пам'яті та спрощенню постачання пам'яті.

Серія SAMA7D65 призначена для застосування з інтерактивними сенсорними дисплеями та доповнює наявний мікропроцесор Microchip SAMA7G54 на базі Arm Cortex-A7 з тактовою частотою 1 ГГц. Розробники вбудованих систем, які використовують мікропроцесори Microchip, можуть скористатися перевагами Microchip Graphics Suite, платформи для створення складних графічних інтерфейсів користувача (GUI) та інших графічних додатків в рамках програмних платформ MPLAB® Harmony v3 і Linux®. Це комплексне рішення для проектування графічних інтерфейсів та інших графічних додатків допомагає розробникам покращити можливість багаторазового використання в різних проектах і спрощує складність проектування.

www.microchip.com

НОВІ ТАКТОВІ ПЕРЕМИКАЧІ

Компанія **Littelfuse** оголосила про випуск тактових перемикачів серії KSC2 KSC Dual Circuit

www.chipnews.com.ua

Pcb24 — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одно- та двошарових друкованих плат

За 24 години виготовимо Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів



Pcb24

ТОВ «Крієтив Лоджікс»
www.pcb24.com.ua

pcbprint24@gmail.com
068 614 38 28

Technology (DCT) від C&K Switches. Останнє доповнення до її інноваційної серії тактових перемикачів пропонує висоту 3.5 мм, що нижче, ніж у KSC4 DCT із висотою 5.2 мм. У поєднанні з конфігурацією SPDT (Single Pole Double Throw — один полюс, два напрямки) та специфікацією Electrical Height, перемикач KSC2 DCT забезпечує неперевершену функціональність у компактному, економічному за простором дизайні.

Перемикач KSC2 DCT надає конструкторам більшу гнучкість для створення тонких, точних і надійних пристроїв. Менша висота забезпечує швидший відгук, що критично важливо для застосувань, які вимагають високої швидкості та точного введення даних. Завдяки стійкому до пилу та вологи захисту класу IP67 та конфігурації SPDT, KSC2 DCT є ідеальним рішенням для складних умов, де важливі компактність, надійність та розширена функціональність.

Нова висота 3.5 мм робить KSC2 DCT унікальним завдяки поєднанню економії простору, швидшого часу відгуку та покращеної інтеграції. Його компактний профіль ідеально підходить для тонких пристроїв, де кожен міліметр має

значення, а коротший хід забезпечує швидку реєстрацію сигналу, підвищуючи продуктивність пристрою. Крім того, зменшена висота дозволяє перемикачу легко вбудовуватися у стислі простори, надаючи конструкторам більшу гнучкість у проектуванні.

KSC2 DCT використовує технологію Dual Circuit Technology (DCT), тобто має конфігурацію SPDT, яка дозволяє генерувати два незалежні вихідні сигнали в межах одного перемикача. Це підвищує надійність і гнучкість, надаючи такі можливості:

- Активне виявлення збоїв — система може перевіряти логіку перед виконанням команд, підвищуючи безпеку (наприклад, запобігаючи ненавмисному відкриттю дверей).
- Складні схеми керування — забезпечує гнучкість у визначенні логічних дій для розширеної функціональності пристроїв.
- Спрощене проектування схем — скорочує кількість перемикачів і проводки, що спрощує розробку та знижує витрати.

Перемикачі KSC2 DCT та KSC4 DCT тепер також мають

специфікацію Electrical Height, яка гарантує точне положення спрацьовування відносно друкованої плати (PCB). Це покращення зменшує накопичення похибок допусків і спрощує інтеграцію у конструкції. Специфікація усуває варіабельність завдяки стандартизованій точності ± 0.15 мм або ± 0.2 мм, що забезпечує стабільну та надійну роботу в різних застосуваннях. Крім того, вона оптимізує процеси проектування, прискорюючи інтеграцію та скорочуючи час розробки для інженерів.

www.littelfuse.com

НАЙМЕНШИЙ У СВІТІ МІКРОКОНТРОЛЕР

Компанія **Texas Instruments** представила найменший у світі мікроконтролер, розширивши свій асортимент мікроконтролерів Arm Cortex-M0+ MSPM0. Маючи розмір всього 1.38 мм², що приблизно дорівнює розміру горошини чорного перцю, пластинчастий корпус (wafer chip-scale package, WCSP) для мікроконтролера MSPM0C1104 дозволяє конструкторам оптимізувати простір

на платі в таких застосуваннях, як медичні носимі пристрої та персональна електроніка, без шкоди для продуктивності.

Мікроконтролер має 16 КБ пам'яті, 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач з трьома каналами, шість універсальних виводів вводу/виводу та сумісність зі стандартними комунікаційними інтерфейсами, такими як універсальний асинхронний приймач-передавач (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART), послідовний периферійний інтерфейс (Serial Peripheral Interface, SPI) та інтерфейс I²C (Inter-Integrated Circuit). Інтеграція точних, високошвидкісних аналогових компонентів у найменший у світі мікроконтролер дає інженерам гнучкість у підтримці обчислювальної продуктивності вбудованих систем без збільшення розміру плати.

www.ti.com

ШВИДКЕ, НАДІЙНЕ ТА МАСШТАБОВАНЕ МЕРЕЖЕВЕ RTK

Компанія **u-blox** оголосила про запуск PointPerfect Live,



Нові компактні джерела живлення потужністю 200 та 300 Вт

Серії LOP-200/300

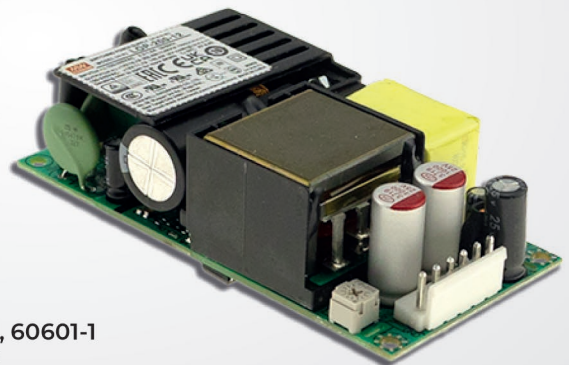
- Діапазон вхідної напруги 80...264 В AC та 113...370 В DC
- Активний PFC, споживання < 0.5 Вт в режимі Stand-By
- Номінальні вихідні напруги від 12 до 54 В DC
- Пікове навантаження до 150% протягом 3 секунд
- Додатковий вихід 12 В / 0.5 А
- Максимальний ККД до 94%
- Діапазон робочих температур від -40 до +80°C
- Розміри 101.6×50.8×25.4 мм
- Глобальні сертифікати безпеки IEC/EN 62368-1, 60335-1, 60601-1
- Відповідність 2×MOPP для медичних приладів Type BF

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

K206

Електронні компоненти

Все для виробництва
та ремонту зі складу
та на замовлення

www.k206.net

+38 096 77-99-665



мережевого сервісу RTK-корекції наступного покоління, призначеного для забезпечення позиціювання на сантиметровому рівні з неперервною швидкістю, надійністю та простотою. Завдяки миттєвому доступу до високоточних поправок клієнти в геодезії, будівництві, гірничодобувній промисловості та сільському господарстві можуть максимізувати продуктивність, зменшити кількість помилок, що дорого коштують, та оптимізувати робочі процеси.

PointPerfect Live розширює перевірені можливості сервісу PointPerfect від u-blox, пропонуючи сантиметрову точність в режимі реального часу для дорогих застосувань, де точність є критично важливою. Він розроблений для задоволення зростаючого попиту на послуги GNSS-корекції, що забезпечує найвищу точність за лічені секунди, тим самим підвищуючи продуктивність. Створене на основі перевіреної технології RTK, воно забезпечує точність у реальному часі в межах 1-2 сан-

тиметрів навіть у складних умовах. Рішення використовує щільну мережу референціальних станцій для забезпечення безперебійної корекції в локальних форматах даних, усуваючи необхідність складних перетворень і знижуючи операційні витрати.

Основні переваги PointPerfect Live:

- Швидка ініціалізація — досягнення операційної точності за лічені секунди, що підвищує продуктивність.
- Висока точність — забезпечує точність 1–2 см для складних завдань.
- Гнучка інтеграція — сумісність з будь-яким GNSS-приймачем з підтримкою RTK, що використовує нестандартні протоколи NTRIP і RTCM.
- Широке покриття — надійна мережева інфраструктура по всій Європі та Північній Америці.
- Безперешкодна інтеграція з робочим процесом — легко адаптується до наявних операційних систем без додат-

кових інвестицій в апаратне забезпечення.

www.u-blox.com

ДВОДІАПАЗОННИЙ GNSS АНТЕННИЙ МОДУЛЬ

Компанія **u-blox** досягла того, що колись вважалося неможливим, випустивши на ринок DAN-F10N — найменший і найнадійніший в галузі дводіапазонний GNSS антенний модуль L1, L5. Завдяки найкращій на ринку компактній дводіапазонній патч-антені, інноваційній технології корпусування та надійній радіочастотній конструкції, цей передовий модуль пропонує готове рішення для швидкого виведення на ринок, зменшуючи складність проектування та виробничі витрати. DAN-F10N ідеально підходить для застосування в системах відстеження об'єктів, післяпродажної телематики, промислової автоматизації та моніторингу, побутових БПЛА

і спортивних трекерах, забезпечуючи точне позиціювання на рівні лічильника, підвищену продуктивність і безперешкодну інтеграцію — навіть для клієнтів, які не мають досвіду роботи з радіочастотними системами.

DAN-F10N інтегрує найменшу на ринку дводіапазонну патч-антену L1, L5 (20 x 20 x 8 мм), пропонуючи винятковий баланс між розміром і продуктивністю. Запатентована технологія корпусування забезпечує можливість поверхневого монтажу, що робить можливим автоматизоване виробництво та спрощує інтеграцію для розробників продуктів.

Радіочастотна архітектура SAW-LNA-SAW у поєднанні з режекторним фільтром LTE B13 у радіочастотному тракті L1 значно покращує стійкість до позасмугових завад, що робить модуль дуже надійним при роботі поблизу стільникових модемів — критично важливий фактор для таких застосувань, як відстеження об'єктів і телематика.

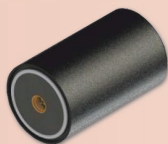
Поєднуючи в собі чудову продуктивність, простоту інтеграції та надійність, антенний модуль DAN-F10N прискорює цикли розробки та дозволяє впроваджувати інноваційні GNSS-рішення в різних галузях промисловості.

DAN-F10N — це перспективне рішення, оснащене внутрішньою флеш-пам'яттю для оновлення прошивки, що забезпечує довгострокову надійність та адаптивність. Крім того, він підтримує функцію перемикання антени, що забезпечує безперебійну роботу з вбудованою патч-антенною або зовнішньою дводіапазонною активною GNSS-антенною L1, L5 для підвищення гнучкості.

www.u-blox.com

MAXTENA

M7HCT-A-SMA



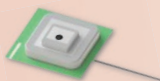
- **Active quadrifilar helix antenna for RTK applications**
- Concurrent GNSS reception on L1: GPS, GLONASS, Galileo, Beidou L2: GPS L2C, GAL E5B, GLO L3OC L5: GPS (M8HCT-A-SMA) L-Band (M9HCT-A-SMA)
- Rugged IP-67 rating with SMA
- Dimensions (mm) Ø 35 x H 57

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



WWW.MICRODIS.NET

Роман Прокопеч — менеджер з продажу

(067) 475-81-86

Roman.Prokopets@microdis.net

КОРПУСНА СИСТЕМА ДЛЯ КОМПАКТНИХ КОНТРОЛЕРІВ

ME-IO Slim — це ефективне рішення **Phoenix Contact** для компактних контролерів, які потребують герметичного фронтального з'єднання. Ширина модуля всього 12 мм дозволяє спроектувати компактну систему.

Після вибору головної станції модуль вводу-виводу можна легко підключити в будь-якій послідовності. Корпуси встановлюються вертикально на DIN-рейку. 18-контактний фронтальний роз'єм із кроком 5 мм підключається безпосередньо до друкованої плати. На штекери вже нанесене маркування, завдяки чому можна легко ідентифікувати полюси. Технологія з'єднання Push-in забезпечує можливість особливо зручного монтажу. Якщо з'єднань RJ45 і USB недостатньо для застосування, можливість змінювати кришки дає змогу інтегрувати додаткової технології з'єднання. Це дозволяє гнучко реагувати на специфічні вимоги відповідної системи. Завдяки своїй простій конструкції та попередньо визначеному розташуванню модулів, ME-IO Slim

є ідеальним сімейством корпусів для чутливих до ціни застосувань вводу-виводу.

www.phoenixcontact.com

БЕЗПЕЧНІ З'ЄДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Нові з'єднувачі із захистом від неправильної полярності серії BPC від **Phoenix Contact** ідеально підходять для використання у пристроях накопичення енергії. Завдяки можливості обертання на 360° і різним способам з'єднання вони пропонують користувачам високий рівень гнучкості.

Контакти із захистом від дотику, а також колірне й механічне кодування забезпечують безпеку при підключенні клем акумуляторної батареї. Водонепроникність з'єднувачів також підвищує надійність монтажу. Висока стійкість до вібрацій і ударів також забезпечує стабільну передачу потужності навіть у складних умовах. З'єднувачі передають високі струми до 400 А і призначені для застосування при напрузі до 1500 В. Вони відповідають усім

відповідним стандартам зберігання енергії згідно з UL 4128, UL 1973 та UL 9540.

www.phoenixcontact.com

ГНУЧКА СИСТЕМА КРІПЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Тримач оціночної плати EVA для корпусу з екструдованого профілю UM-BASIC і UM-PRO від **Phoenix Contact** — це система кріплення із гнучким регулюванням для кріплення друкованих плат різних розмірів за допомогою механічної фіксації або гвинтових з'єднань. Систему можна встановлювати на профіль UM-BASIC/-PRO 122 від Phoenix Contact.

Поперечини можна переміщати у профілі. Пристрій для утримання друкованої плати може бути індивідуально налаштований залежно від розташування отворів на друкованій платі. Це означає, що друковані плати різних розмірів і форм на-

правляються по профілю UM. Механічна фіксація друкованої плати здійснюється за допомогою вставного або гвинтового механізму. Також можливе поєднання із друкованими платами у профілі. Тримач оціночної плати EVA для UM-BASIC і UM-PRO забезпечує високий ступінь гнучкості і дозволяє використовувати велику площу друкованої плати в невеликому монтажному просторі.

www.phoenixcontact.com

НОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ МОДЕЛЮВАННЯ КВАНТОВИХ СХЕМ

Компанія **Keysight Technologies** оголосила про важливий технологічний прорив — розробку нового середовища моделювання, спеціально призначеного для квантових схем. Це перше в галузі програмне рішення, яке дає змогу точно моделювати квантизацію магнітного потоку в частотній області.

Нова система отримала назву Quantum Circuit Simulation (Quantum Ckt Sim) Solution. Її розробка велася в тісній співпраці з



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

дослідницькою групою Google Quantum AI, що є одним із лідерів у галузі квантових обчислень.

У своїй офіційній заяві компанія Keysight підкреслила, наскільки важливо точно моделювати квантування потоку в надпровідних квантових схемах. Це явище, за якого магнітний потік, що проходить через надпровідний контур, може набувати тільки дискретних (квантованих) значень — є фундаментальною фізичною властивістю. Вона відіграє ключову роль у коректній роботі квантових схем, заснованих на надпровідниках. Завдяки можливості точного моделювання цього ефекту, нове програмне рішення дає змогу інженерам і дослідникам розробляти надпровідні схеми, які вирізняються більшою надійністю та ефективністю. За заявою Keysight, це середовище моделювання встановлює новий, вищий стандарт точності та якості моделювання надпровідних компонентів у квантових системах.

Супровідна технічна стаття пояснює, що цей прорив став можливим завдяки впровадженню нових моделей у програмний комплекс Advanced Design System (ADS) від Keysight. Уперше стало

можливим прямо враховувати умови квантування потоку при моделюванні надпровідних пристроїв в ADS. Раніше відсутність такої функції обмежувала застосування сучасних систем автоматизованого проектування електронних пристроїв (Electronic Design Automation, EDA) під час розробки надпровідних мікрохвильових схем для квантових технологій.

Мохамед Хассан (Mohamed Hassan), керівник відділу планування квантових рішень у підрозділі EDA компанії Keysight, висловив своє захоплення цим досягненням. Він зазначив: «Дійсно, надзвичайно цікаво бачити, як інструмент EDA вперше дозволяє точно моделювати квантування потоку в частотній області для надпровідних схем. Це значний крок уперед».

Він також підкреслив, що ця віха демонструє потенціал технологій EDA для значного спрощення процесу розробки надпровідних мікрохвильових схем. Такі схеми необхідні не тільки для квантових обчислень, а й можуть знайти застосування в інших галузях. За словами Хассана, нова можливість особливо допоможе інженерам з квантових технологій підвищити

характеристики параметричних квантових схем — передусім за такими параметрами, як допустима потужність і смуга пропускання. Обидва ці аспекти вкрай важливі при зчитуванні стану кубітів — одного з ключових процесів у квантових комп'ютерах.

www.keysight.com

KEYSIGHT І SAMSUNG РОЗВИВАЮТЬ ТЕХНОЛОГІЮ AI-FOR-RAN НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ NVIDIA AI

Компанія **Keysight Technologies** у співпраці з **Samsung** і **NVIDIA** розробляє моделі штучного інтелекту (ШІ) для технологій 5G-Advanced і 6G від Samsung. Ці моделі дадуть змогу інтегрувати потужний ШІ в програмне рішення vRAN Samsung, яке буде продемонстровано на Mobile World Congress 2025 (зал 5, стенд #5F41). Проєкт реалізується в рамках AI-RAN Alliance.

Оператори стикаються з проблемами традиційної мережі RAN, включно з обмеженою пропускною спроможністю, високою затримкою і неефективним вико-

ристанням ресурсів. У розгортаннях 5G особливо важлива продуктивність висхідного каналу, де обмежена потужність обладнання користувача впливає на співвідношення сигнал/шум (signal-to-noise ratio, SNR). Традиційні алгоритми оцінки каналу не завжди ефективні в умовах низького SNR через шум. Моделі ШІ пропонують новий підхід для точного оцінювання каналу, оптимізації розподілу ресурсів і зниження енергоспоживання, що зі свого боку підвищує пропускну здатність, ефективність мережі та якість обслуговування.

Рішення Keysight для емуляції каналів дають змогу моделювати різні умови каналу, а також обробляти сигнали в реальному часі. Samsung успішно розробила ШІ-моделі для оцінки каналів, що забезпечило значні покращення в лабораторних умовах. Наприклад, використання ШІ для оцінки каналу збільшило пропускну здатність на 30% порівняно з традиційним статичним методом. Оцінювання продуктивності проводили з використанням радіоточки Samsung і розподіленого блоку (distributed unit, DU) на платформі NVIDIA AI Aerial, реалізованої на чипах NVIDIA GH200 GraceHopper Su-

eSUN®

Філаменти для 3D-друку

<https://altwaylab.com/>

perchip, з рішеннями Keysight для емуляції каналів і ядерної емуляції. Це досягнення сприяє інноваціям і прискорює впровадження технологій RAN з покращеним ШІ.

Чарлі Чжан (Charlie Zhang), старший віце-президент Samsung Research, зазначив: «Ми пишаємося досягненнями в галузі оцінювання каналів з ШІ завдяки співпраці з Keysight, NVIDIA та альянсом AI-RAN. Це важлива віха для телекомунікаційних мереж наступного покоління, які будуть засновані на ШІ».

Сомма Велаяутам (Soma Velayutham), віце-президент NVIDIA з телекомунікацій, додав: «ШІ дає змогу значно покращити гнучкість обробки радіосигналів, що підвищує ефективність і продуктивність. Наша співпраця з Keysight і Samsung є важливим кроком на шляху до більш інтелектуальних і надійних мереж».

Джампаоло Тардіолі (Giampaolo Tardioli), віцепрезидент з 6G і технологій наступного покоління в Keysight, підкреслив: «Наше партнерство з Samsung, NVIDIA і AI-RAN Alliance демонструє потенціал ШІ-мереж, які не тільки підвищують продуктивність, а й скорочують енергоспоживан-

ня, прокладаючи шлях до більш енергоефективних рішень».

www.keysight.com

МОДУЛЬНІСТЬ ТА ЗРУЧНІСТЬ

Компанія **ODU** доповнила свій асортимент новим з'єднувачем Push-Lock Medical — варіантом перевіреного модульного з'єднувача ODU-MAC® Blue-Line, пристосованого для використання в медичному середовищі. Це інноваційне рішення поєднує в собі компактний дизайн, простоту використання і максимальну гнучкість і орієнтоване на застосування в умовах, що висувають найвищі вимоги до гігієни, надійності і зручності для користувача.

Push-Lock Medical оснащений інтуїтивно зрозумілим механізмом фіксації, який забезпечує швидке, надійне і безпомилкове з'єднання. Цей з'єднувач пропонує очевидну додаткову цінність, особливо в медичній техніці, де ефективність і точність мають вирішальне значення в повсякденній роботі. Модульність системи дозволяє індивідуальну адаптацію до конкретних вимог за-

стосування, від передачі сигналів і даних до електроживлення.

www.odu-connectors.com

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА ШІ З ГІБРИДНИМ ПРОЦЕСОРОМ

Компанія **Vecow Co** оголосила про випуск серії ECX-4000, що поповнила портфель високопродуктивних безвентиляторних вбудованих систем.

Серія **ECX-4000** створена на базі процесорів Intel® Core™ Ultra серії 200S (Arrow Lake) та Intel® W880 PCH, забезпечує неперевершену продуктивність для граничних застосувань на базі штучного інтелекту (ШІ), від автомобільних обчислень, інтелектуальної логістики до «розумного міста», громадської безпеки тощо.

Серія ECX-4000 з підвищеною продуктивністю, прискореним штучним інтелектом і графікою оснащена процесорами Intel® Core™ Ultra 9 285/7 265 /5 245, що використовують новітню гібридну архітектуру, що поєднує нові продуктивні ядра (P-cores) та ефективні ядра (E-cores) із загаль-

ним числом ядер до 24. Процесор оснащений спеціальним блоком нейронного оброблення (NPU), оптимізованим для ефективних робочих навантажень штучного інтелекту і графічною архітектурою Xe LPG, що забезпечує до 36 TOPS і вдвічі вищі графічні можливості, як порівняти з попередниками.

Попри компактний дизайн, серія ECX-4000 пропонує широкі можливості підключення, необхідні для сучасних граничних розгортань. Серія підтримує високошвидкісну пам'ять DDR5 6400 CSODIMM і має до 6 портів LAN з 4 портами PoE+. Додаткові можливості під'єднання включають 6 портів USB 3.2 Gen 2, 2 гнізда для зовнішніх SIM-карт і 3 гнізда M.2, 2 слоти SUMIT (опціонально) для гнучкого розширення.

Серія ECX-4000 призначена для надійної роботи в складних умовах. Її надійні характеристики включають резервний вхід живлення від 9 до 50 В і вдосконалене програмне керування потужністю живлення, що забезпечує безперебійну роботу найвимогливіших граничних робочих навантажень у різних промислових застосуваннях.

www.vecow.com



ТЕХПРОГРЕСС

www.tpss.com.ua
Постачання електронних компонентів та з'єднувачів
<https://www.instagram.com/techprogres>

Виставка GreenExpo та форум «Децентралізація енергетики: виклики та можливості»

9–10 квітня 2025 року у Києві відбудеться виставка, присвячена розподіленій генерації та альтернативній енергетиці — GreenExpo. В рамках виставки відбудуться тематичні заходи від організаторів та партнерів, одним із яких стане форум «Децентралізація енергетики: виклики та можливості».

Сьогодні реалії енергетичної інфраструктури України вимагають нових підходів. Центральна енергетична модель, що довгий час домінувала, виявила свою вразливість у нинішніх умовах.

Незважаючи на всі виклики та труднощі — ми плануємо долучитися до майбутнього розвитку та трансформації енергосистеми.

Трансформація передбачатиме стабільне забезпечення споживачів енергією, зменшення енергетичної бідності та підвищення енергетичної безпеки.

Застосування інноваційних рішень та технологічних можливостей дозволить максимально інтегруватися до енергонезалежності.

9–10 квітня 2025 року у Києві відбудеться виставка, присвячена розподіленій генерації та альтернативній енергетиці — GreenExpo.

Програма заходу передбачає демонстрацію обладнання, розробки та технології, спрямовані на забезпечення енергетичної стабільності та енергонезалежності.

Понад 70 компаній з 8 країн світу будуть представлені у зоні експозиції.

В рамках виставки відбудуться тематичні заходи від організаторів та партнерів, одним із яких стане форум «Децентралізація енергетики: виклики та можливості».

Форум стане платформою для обговорення:

- потенціалу децентралізованої енергетики;
- інноваційних рішень у сфері альтернативної енергетики;
- фінансових, правових та технологічних аспектів енергетичної трансформації;

- викликів, які стоять перед впровадженням розподіленої генерації/Серед учасників заходу:

- представники державних органів, бізнесу та місцевих громад.
- представники підприємств, що належать до критичної інфраструктури.
- енергетичні компанії та постачальники обладнання та технологій.
- представники донорських організацій, інвестори та фінансові інституції.
- експерти з питань енергоефективності.

Відвідування виставки безкоштовне. Щодо відвідування форуму, перевага надається представникам підприємств критичної інфраструктури та органам місцевого самоврядування. Кількість місць на форум обмежена.

Детальна інформація:

<https://www.greenexpo.com.ua/>

Реєстрація на виставкові заходи:

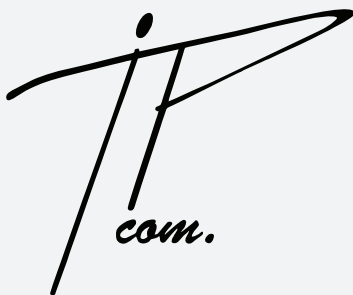
<https://greenexpo2025.ticketforevent.com/>

З питань співпраці:

**+38 (067) 37-57-637,
+38 (095) 37-57-637.**

CN

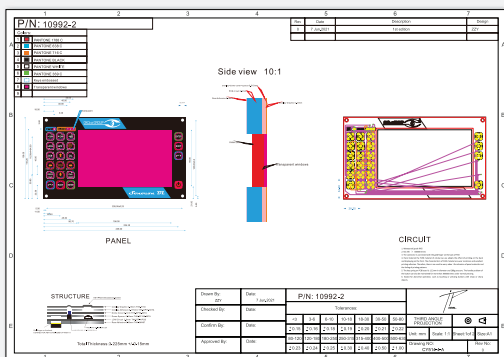




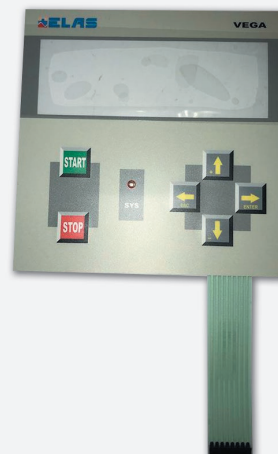
ТОВ «АЙПІ-КОМ. АЙСІ»
(044) 592-54-05
(098) 980-48-38
ill82@ ukr.net
<http://ip-com.net.ua/>

Виготовлення мембранних, плівкових клавіатур та приладових лицьових панелей

Компанія **ТОВ «АЙПІ-КОМ. АЙСІ»**, пропонує послуги з розробки та виготовлення мембранних (плівкових) клавіатур та приладових панелей будь-якої складності з урахуванням технічних характеристик, які пред'являються замовником.



Використовуємо лише якісну сировину для виготовлення гнучких плат та зовнішньої оболонки клавіатур. Плівкова клавіатура, у тому числі мембранна клавіатура, — це найкраще рішення для більшості приладів та пристроїв.



На вимогу замовника можливе провадження за такими критеріями: будь-яка кількість кольорів та відтінків (вибір за каталогом Pantone); пило- та вологозахист не нижче IP65 або за ТЗ замовника; вбудована індикація (світлодіоди тощо); вікна під індикацію (наскрізні, тоновані та прозорі) по ТЗ замовника; компактність (товщина не більше 1,3 мм) або за ТЗ замовника; швидкий монтаж (забезпечується клейовим шаром); стійкість до агресивних середовищ, таких як: розчинники, олії, мастила, спирто-бензинові суміші, мийні засоби, мильний розчин тощо; мембрани різної форми, розміру, зусилля спрацювання тощо.

Клавіатури можуть мати різний тактильний ефект, варіанти підсвічування клавіш та індикаторів, виконання електричної схеми, комутації, а також різне конструктивне виконання (двошарове (двостороннє) виконання струмопровідного шару або більше).

Проекти приймаємо у форматі CorelDraw (*.cdr), креслення в інших форматах — за згодою.

Нові компактні промислові комп'ютери для «розумного» виробництва

Компанія Cincsoze нещодавно випустила нові компактні промислові комп'ютери для «розумного» виробництва.

Виробник захищених вбудованих комп'ютерів компанія Cincsoze випустила останнє доповнення до лінійки продуктів Rugged Computing — DIAMOND — промисловий комп'ютер Entry Performance & Compact серії DC-1300. У компактному корпусі розміром 185 × 131 × 56.5 мм зібрані максимальна продуктивність і гнучкість розширення. Нове покоління серії **DC-1300** може бути оснащено процесором Intel® Alder Lake-N, підтримує основні інтерфейси вводу/виводу для різноманітних варіантів промислового застосування і надає комплексні рішення для бездротового передавання даних (Wi-Fi, 5G, GNSS тощо) (рис. 1). DC-1300 продовжує спадщину серії DC для успішної інтеграції в системах промислової автоматизації з обмеженим простором, надаючи клієнтам найсучасніші рішення.

ПРОДУКТИВНІСТЬ 4.5X І КІЛЬКА ВАРІАНТІВ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

Нове покоління серії DC-1300 відповідає постійним вимогам щодо продуктивності в системах автоматизації. Воно підтримує новітній процесор Intel® Core™ i3-N305 на платформі Alder Lake-N, обчислювальна продуктивність якого в 4.5 рази вища, ніж у попереднього покоління (рис. 2). DC-1300 підтримує до 16 ГБ DDR5 4800 МГц в одному слоті пам'яті. Також є гнучкі варіанти зберігання даних, такі як 2.5-дюймовий SATA HDD/SSD або напівтонкий SSD. Крім того, підтримується розширення через слот M.2 для твердотільних накопичувачів NVMe для задоволення потреб різних варіантів застосування.



Рис. 1. Компактні промислові комп'ютери серії DC-1300



Рис. 2. Підвищення продуктивності разом з DC-1300



Рис. 3. Інноваційний SEB для різних варіантів застосування



Рис. 4. Компактна серія DC-1300 розроблена для IIoT

ІННОВАЦІЙНИЙ ШТАБЕЛЬОВАНИЙ ДИЗАЙН

DC-1300 має багатий набір власних інтерфейсів вводу/виводу, включно з LAN, USB, COM і 4K DisplayPort, і може розширювати функції COM, DIO, дисплея та IGN за допомогою ексклюзивних модулів CMI/CFM від Cincsoze. Щоб ще більше задовольнити потреби для різних варіантів застосування, компанія Cincsoze випустила новий стекований блок розширення (*Stackable Expansion Box, SEB*) (рис. 3), який використовує вбудовані подвійні слоти M.2 B Key серії DC-1300 для підтримки різних модулів вводу/виводу, CANbus і Fieldbus. Це робить його ще більш придатним для інтелектуального виробництва, інтелектуального транспорту, керування енергоспоживанням та інших різноманітних варіантів застосування.

МІЦНІ, КОМПАКТНІ ТА ГНУЧКІ У РОЗГОРТАННІ

Серія DC-1300 компактна (185 × 131 × 56.5 мм) і призначена для застосування в умовах обмеженого простору на підприємствах. Комп'ютери цієї серії підтримують різні способи встановлення, включно з настінним монтажем, бічним монтажем і монтажем на DIN-рейку, для зручного та гнучкого розміщення в машинах, шафах керування або автоматизованих керованих транспортних засобах. Комп'ютери Cincsoze мають незмінно міцну конструкцію, підтримують широкий діапазон температур (від -40 до 70 °C) і широкую напругу (9-48 В постійного струму). Вони також відповідають стандартам EMC (IEC 61000-6-2/4), військовому стандарту США з ударостійкості (MIL-STD-810H) для забезпечення стабільної роботи в жорстких промислових умовах (рис. 4).

Матеріал надано ПРОКСИС™, www.proxis.ua CN



**EUROCOM
COMPONENTS**

www.eurocom-c.com

info@eurocom-c.com

044 33 44 575

**Партнерство
з нами – успіх
Вашого бізнесу!**



Просування інновацій сталого розвитку та нагання потужного імпульсу силовим пристроям компанією WeEn Semiconductors

Переклад та редагування: Наталія Апостолюк, директор, Мастек Електронікс ЛТД
E-mail: info@mastek.com.ua

Нещодавно компанія WeEn Semiconductors (далі WeEn), провідний міжнародний виробник силових пристроїв, взяла участь у виставці **Electronica China 2024** у Шанхаї. Під темою «Енергоефективність для прохолодної планети» («Power Efficiency for a Cooler Planet») WeEn продемонструвала свої інноваційні досягнення в галузі силових напівпровідникових приладів в рамках різноманітних презентацій. Крім того, WeEn представила філософію свого бренду «Енергоефективність для прохолодної планети», засновану на таких стовпах бренду, як «Ефективність», «Надійність» та «Інновації». WeEn також вперше представила свою стратегію «П'ять горизонталей, чотири вертикалі».

Стратегія «П'ять горизонталей, чотири вертикалі» представляє офіційне оновлення та розширення лінійки силових напівпровідникових продуктів WeEn. Компонент «П'ять горизонталей» фокусується на ключових категоріях продукції: тиристорах, силових діодах, приладах з карбіду кремнію, IGBT і MOSFET. Компонент «Чотири вертикалі» націлений на чотири ключові сфери застосування: побутова електроніка, промислове керування, нові енергетичні транспортні засоби та відновлювані джерела енергії. Цей стратегічний підхід дозволяє WeEn розробляти різноманітний портфель продуктів і прикладних рішень для цих секторів.

Зокрема, WeEn зосереджується на посиленні та вдосконаленні системи цінностей свого бренду за трьома окремими напрямками: «Безмежна енергоефективність», «Підвищення надійності» та «Впровадження інновацій». Зокрема: покращуючи комплексні показники ефективності, WeEn прагне постійно знижувати основні показники силових пристроїв,

включаючи втрати провідності, втрати при перемиканні та інші пов'язані з ними втрати; підвищуючи показники надійності в дослідженнях і розробках, WeEn отримує вигоду від подвійної підтримки систем керування BCAM і APQP. Для продукції автомобільного класу WeEn дотримується стандартів «нуль дефектів». Передові концепції, такі як статистичне керування та планування експериментів (Design of Experiments, DOE), застосовуються для зменшення кількості відмов та покращення якості продукції; стимулюючи інновації, WeEn використовує свій винятковий професійний досвід для впровадження низки інноваційних підходів у матеріалах, дизайні пластин та внутрішньому корпусуванні, що дає значні результати.

Під час пресконференції Вілл Ін (Will Yin), віцепрезидент WeEn Global з продажу та маркетингу, заявив: «Китайський ринок є одним з найважливіших і найперспективніших ринків для WeEn у всьому світі. WeEn прагне брати активну участь у промисловій «зеленій» трансформації Китаю та підтримувати

скоординований розвиток продуктивності Китаю нової якості, використовуючи свої багаторівневі інноваційні досягнення, диверсифіковані бізнес-преваги та технологічні операційні можливості. WeEn продовжуватиме відстоювати свою концепцію сталого розвитку «Енергоефективність для прохолодної планети», поглиблюватиме співпрацю з понад 5000 глобальних партнерів, вивчатиме можливості подальшого розвитку та сприятиме досягненню взаємовигідних результатів у видобувних та переробних галузях промисловості».

Згідно з даними дослідницької компанії Omdia, тиристорна продукція WeEn посідає перше місце за часткою ринку в Китаї та друге місце у світі. Випрямлячі з карбіду кремнію посідають перше місце на китайському ринку та сьоме у світі. Насправді окрім традиційних продуктів, таких як тиристори та силові діоди, комплексне розширення лінійки продукції WeEn включає пристрої з карбіду кремнію, IGBT та MOSFET. Ця стратегічна диверсифікація формує міцний фундамент для стратегії розвитку WeEn «Чотири вертикалі», що дозволяє розширюватися в різних сферах застосування. Зокрема, з початком роботи заводу з виробництва корпусів у Шанхаї з 2023 року компанія WeEn розробила численні модульні рішення щодо корпусування. Цей прогрес значно розширив можливості компанії задовольняти індивідуальні потреби в промисловому секторі.

Кевін Шен (Kevin Shen), директор зі стратегії та бізнес-операцій WeEn, підкреслив: «Технологічна перевага WeEn в першу чергу відображається в нашій чудовій оптимізації енергоефективності.

Наш асортимент продукції в першу чергу структурований на основі робочої частоти та вихідної потужності, причому різні пристрої підходять для різних сценаріїв використання. Наприклад, традиційні тиристори в основному використовуються в низькочастотних, середньо- і високопотужних пристроях. На відміну від них, IGBT-транзистори більше підходять для високочастотних операцій. Очевидно, що підвищення електричної ефективності та зменшення втрат потужності стали ключовими завданнями для силових напівпровідників. Саме на них спрямовані технологічні інновації компанії WeEn».

Після запуску випрямних діодів на 2000 В, WeEn планує незабаром представити продукцію на 2500 В, в першу чергу орієнтовану на застосування у фотоелектричних і зарядних станціях для електромобілів. Крім того, компанія одночасно випустить тиристорні продукти на 1600 і 2200 В MOSFET з карбїду кремнію. Що стосується корпусування, запатентована технологія корпусування WeEn значно зменшує втрати при вмиканні та вимиканні, і вже була прийнята у великих обсягах численними клієнтами фотоелектричної галузі. Очікується, що запуск нового заводу WeEn з виробництва пластин у Пекіні значно розширить виробничі потужності компанії.

Заглядаючи в майбутнє, WeEn прагне співпрацювати з різними партнерами, щоб досліджувати нові шляхи для сталого розвитку та активно сприяти позитивному зростанню силової напівпровідникової промисловості. Зараз WeEn має незалежні центри досліджень, розробок і застосувань у Шанхаї та Манчестері. Компанія також відкрила офіси в таких регіонах, як Шеньчжень, Сінгапур та Індія. Крім внутрішнього ринку, мережа продажів WeEn Semiconductors поширюється по всьому світу з командами продажів і дистриб'юторами, які обслуговують клієнтів в Європі, Америці, Південно-Східній Азії, Японії, Південній Кореї та Індії.

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

**03124, м. Київ,
пров. Ю. Матушка, 3, оф. 307,
тел./факс: (044) 451-60-80,
(067) 919-51-15,
(098) 451-60-80,**

**office@mastek.com.ua,
info@mastek.com.ua,
alexandr@mastek.com.ua,
www.mastek.com.ua**

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

WeEn займається біполярною технологією, розробляє та виробляє широку гаму тиристорів, симісторів, діодів (у тому числі силових), 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**

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

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

CN

Рішення Mini-Circuits для систем зв'язку, безпеки, спеціальних та аерокосмічних застосувань

Олег Колотун, менеджер з продукції ВЧ/НВЧ напрямку, компанія «Біаком»

E-mail: oleg.kolotun@biakom.com

У цій статті пропонується до вашої уваги продукція та приклади рішень компанії Mini-Circuits для систем зв'язку, безпеки, спеціальних та аерокосмічних застосувань у ВЧ/НВЧ та мікрохвильовому (HF&mW) діапазонах хвиль.

Приділено особливу увагу опису використання продукції Mini-Circuits в спеціальних системах активного ураження, таких як РЕБ та протидія БПЛА, і також у радарях з активною фазовою антенною решіткою (АФАР).

Компанія Mini-Circuits була заснована ще в 1969 році. Сьогодні вона є глобальним лідером з розробки, виробництва та дистрибуції ВЧ та НВЧ компонентів, що використовуються у широкому діапазоні частот — від DC до 100 ГГц в різних сферах застосувань: комерційних, індустріальних, спеціальних, військово-космічних тощо.

Компанія Mini-Circuits пропонує наступну продукцію:

- адаптери;
- генератори, керовані напругою (VCO's);
- підсилювачі;
- фазові детектори;
- атенюатори;
- IQ модулятори/демодулятори;
- Т-образні змішувачі;
- фазообертачі;
- кабелі для тестування;
- детектори потужності;
- суматори;
- вимірювачі потужності;
- неаправлені відгалужувачі;
- дільники потужності;
- DC з'єднувачі;
- дроселі ВЧ;
- фільтри (balloons);
- перемикачі;
- з'єднувачі з фіксованим імпедансом;
- узгоджувальні навантаження;
- обмежувачі;

- трансформатори;
- частотні змішувачі;
- налагоджувальні комплекти;
- індуктивності.

Продукція компанії Mini-Circuits постачається до багатьох країн та має попит у широкого спектра замовників світового рівня, й тому має різні варіанти виконання: безкорпусні (Die), корпусні (MMICs), мультичипові, модульні, а також у вигляді тестувальних плат.

Продукція виробляється за такими основними технологіями:

- LDMOS, GaAs, GaN pHEMT (high power);
- E-, D-Mode GaAs pHEMT (low noise);
- GaAs HBT, InGaP HBT (Low phase noise).

Замкнуті цикли контролю якості виробництва, випробування на надійність

забезпечують тривалий термін служби продукції, її високі характеристики та 100% готовність до застосування. Виробництво компанії Mini-Circuits сертифіковане за стандартами ISO-9001:2000, ISO-14001.

Як конкурентоспроможний та надійний виробник, компанія продовжує вдосконалювати проектування та виробництво своєї продукції на ринку сучасних ВЧ/НВЧ технологій.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТІВ MINI-CIRCUITS

Продукція компанії Mini-Circuits знайшла застосування у різноманітних галузях як в аерокосмічних, морських, наземних радарних системах, системах спеціального призначення, супутниках зв'язку, стільникових мережах, так і у наукових експериментах та медицині, а саме:

- WiMax;
- ADS;
- CATV
- Cellular Wireless;
- RFID;
- Radars (terrestrial, marine, aerospace);
- Medical Equipment;

СЛОВНИК

АФАР — активна фазова антенна решітка (Active Electronically Scanned Array, AESA)

ПФАР — пасивна фазована антенна решітка (Passive Electronically Scanned Array, PESA)

ФАР — фазована антенна решітка

ADS — спеціальні системи активного ураження (Active Denial System)

HF&mW — ВЧ/НВЧ та мікрохвильовий діапазон хвиль

PCA — радари з синтезованою апертурою антени (Synthetic Aperture Radar, SAR)

РЕБ — радіоелектронна боротьба

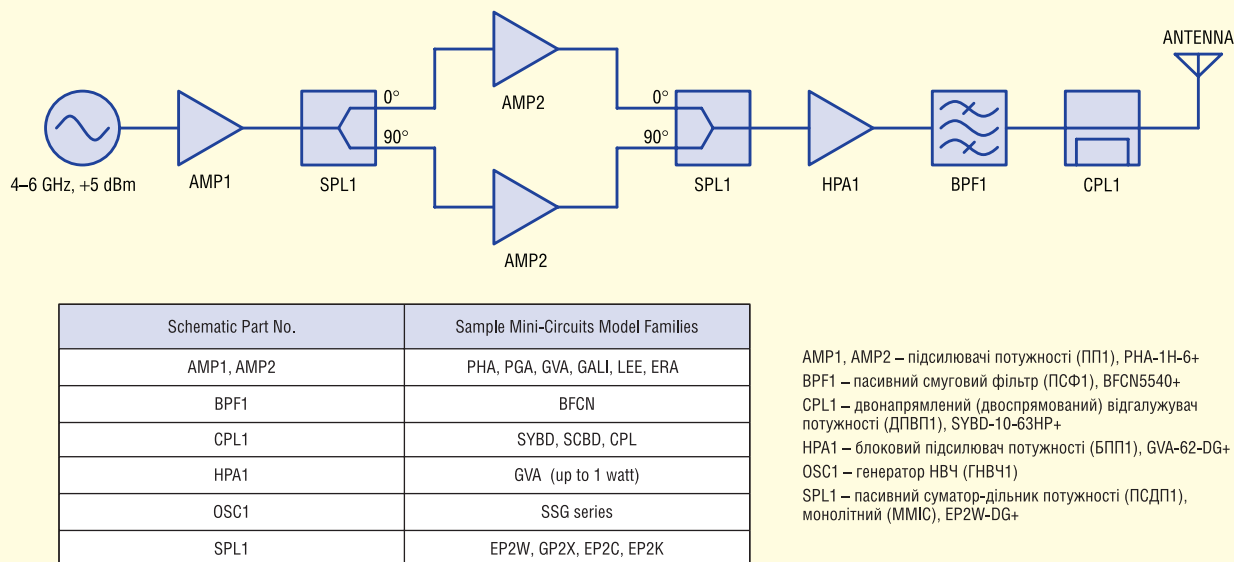


Рис. 1. Блок-схема каналу підсилювача С-діапазону 4–6 ГГц із застосуванням продуктів Mini-Circuits

- Test Equipment;
- Receivers;
- Transmitters;
- Satellite.

до застосування компоненти Mini-Circuits:

- блок-схема НВЧ підсилювача 4–6 ГГц (рис. 1) з посиланням на рекомендовані для застосування НВЧ компоненти Mini-Circuits;

- блок-схема побудови 8-канальної АФАР (рис. 2);

- програмне забезпечення.

Компанія Mini-Circuits ставить до довговічності продукту як до невід'ємної частини своїх зобов'язань перед

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ, ТЕХНІЧНА ПІДТРИМКА, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MINI-CIRCUITS

Розробникам ВЧ/НВЧ продукції компанія Mini-Circuits допомагає отримати оптимальні рішення їхніх проєктів, а саме: пропонуються приклади блок-схем, розрахунку параметрів кінцевих виробів і рекомендації щодо застосування конкретних продуктів компанії у відповідних проєктах.

Для оптимізації та зменшення термінів розробки ВЧ/НВЧ виробів Mini-Circuits пропонує наступні інженерні рішення:

- розрахунок схем і кіл підсилювачів;
- розширений пошук компонентів схем (Yoni2 Advanced Search);
- моделювання зразків виробів;
- EZ-Sample — безплатна онлайн програма підтримки для запиту зразків радіочастотних компонентів Mini-Circuits, у якій пропонується широкий вибір компонентів для поверхневого монтажу для безплатного зразка, і яка допомагає перевірити продукт та допомогти прийняти обґрунтоване рішення щодо його застосування у важливих проєктах;
- X-Microwave — НВЧ продукти X-діапазону (8–12 ГГц);
- приклади блок-діаграм, схем підсилювачів, де вказані рекомендовані

All switches HSWA2-30DR+
 All phase shifters JSPHS-1000+
 All splitters JCPS-8-10+

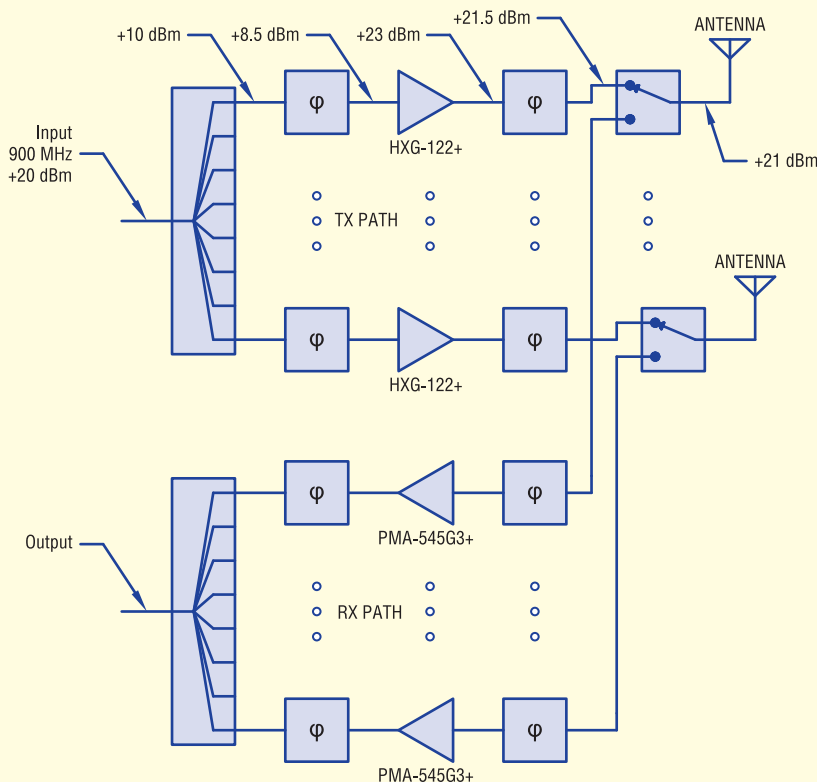


Рис. 1. Блок-схема багатоканальної АФАР з використанням продукції Mini-Circuits HF&MW



Рис. 3. Переносні системи ADS

клієнтами. *Технічна підтримка* продукту здійснюється протягом усього терміну служби. Ця політика Mini-Circuits заслужила довіру розробників протягом останніх 50 років, і компанія, як і раніше, прихильна до зміцнення цієї довіри зі збереженням стабільності й надалі.

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ММІС MINI-CIRCUITS ДЛЯ РАДАРІВ З АФАР, ПФАР, РАДІОНАВІГАЦІЇ, ADS ТА КОСМІЧНИХ СИСТЕМ РСА

Компанія Mini-Circuits пропонує до застосування різноманітні серії своїх продуктів для кожної складової частини кінцевого виробу. Залежно від технічних вимог розробнику пропонується обрати оптимальний НВЧ продукт.

Сучасні радары з АФАР та ПФАР можуть забезпечувати дальність виявлення більш ніж 250 км. До радару прикладається весь набір картографування із можливістю розпізнавання цілей та їх координат, тобто для вирішення широкого спектра завдань. Такі радары можуть забезпечити більше ніж 1 000 годин напрацювання на відмову.

ММІС сучасних радарів з АФАР працюють з напругою 3–5 В, максимум 50 В. Така напруга не має високих вимог до експлуатації. Застосування в апаратурі радарів з АФАР ММІС в корпусному виконанні значно збільшує надійність системи. Використовувати цю

технологію можна для радарів в гелікоптерах, перспективних літаках дальньої авіації, наземних системах ППО та морських системах, а також системах РЕБ для БПЛА.

Авіаційну технологію АФАР успішно застосовують у морських локаторах. Як ніколи, флоту сьогодні потрібна велика кількість нових середніх кораблів класу «корвет». Запропонований радар з антеною у вигляді піраміди, що складається з декількох узгоджених АФАР, найбільш технічно придатний для застосування на судах такого типу. Такий радар дозволяє забезпечити круговий огляд і цим посилити інформаційне поле судна аж до огляду на 360 градусів по азимуту.

Анени з АФАР для телекомунікацій і наземних, морських та бортових радарів мають різноманітні поширені застосування фазованих решіток (виявлення та ураження цілей і живої сили супротивника).

Одним із нових можливих застосувань цих антен є системи активного ураження (короткочасної шоквої дії міліметрового діапазону хвиль (частоти до 95 ГГц)). ADS можуть бути інтегровані як у переносні вироби (рис. 3), так і в мобільні (військовий Humvee з фазованою антенною решіткою, яка здатна обертатися на 360° та встановлена на верхній частині автомобіля на платформі (рис. 4), а також використовуються на стаціонарних платформах (рис. 5).

НАПРЯМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДАРІВ З АФАР

Компанія Mini-Circuits не стоїть на місці та постійно розробляє та впроваджує передові технології в наступних напрямках розвитку радарів з АФАР, а саме:

- широке впровадження в радарах великої кількості активних елементів, застосування нових чіпів (ММІС) та модулів;
- побудова АФАР з великими розмірами розкриття антени, у тому числі нееквідистантних ФАР з гостроспрямованими антенами, розташованими в межах цілої півкулі Землі (глобальний радіотелескоп);
- розробка методів та технічних засобів послаблення шкідливих впливів взаємного зв'язку між елементами АФАР;
- розвиток теорії синтезу та методів машинного проектування АФАР;
- розробка теорії та впровадження в практику нових методів обробки інформації, прийнятої елементами АФАР та використання цієї інформації для керування, зокрема для автоматичного фазування елементів (ФАР, що самофазуються) та зміни форми ДС (адаптивні ФАР), РСА з синтезованою апертурою антени;



Рис. 5. Приклад використання ADS на стаціонарних платформах (PAVE PAWS Radar Clear AFS, Аляска)



Рис. 4. Мобільні системи ADS

- розробка методів керування незалежним рухом окремих променів у багатопромених АФАР.

ПЕРЕВАГИ ПРОДУКТІВ MINI-CIRCUIT

Радари з АФАР можуть сканувати простір з більшою частотою і виявляти повітряні об'єкти на значно більшій відстані, ніж імпульсно-доплерівські станції. Змінюючи фази сигналів, що випромінюються різними приймально-передаючими модулями, вони формують потужний спрямований промінь. Щоб керувати випромінюванням, саму антену повертати не потрібно, тому радари з АФАР не мають рухомих частин, що спрощує їх технічне обслуговування.

Продукти компанії Mini-Circuits мають такі переваги:

- широкий частотний діапазон (від DC до 100 ГГц;
- сучасні технології;
- надійність, високий рівень якості згідно зі стандартами ISO;
- висока інженерно-технічна підтримка, у т. ч. програмне забезпечення;
- широкий спектр сфер застосувань;
- широкий спектр продукції — від фільтрів до генераторів та підсилювачів MMICs.

Кожен розробник, що застосовує продукцію Mini-Circuits має можливість отримати оперативний доступ до документації та наборів розробника, гарантоване оперативне постачання зразків, якість, надійність і довговічність.

НОВА ПРОДУКЦІЯ MINI-CIRCUITS

Ассортимент продукції Mini Circuits постійно поповнюється новими пропозиціями. Нова продукція та інженерні рішення надані у *каталозі 2021* на сайті виробника:

- WVA-71863HP+ (конекторний WR12, лінійний підсилювач середньої потужності, діапазон частот 71–86 ГГц, 50 Ом, Psat = +24.5 дБм, G = 39 дБ;
- SSG-44G-RC (USB широкосмуговий Ethernet генератор сигналів 0.1–44 ГГц, –40 ... +17 дБм).
- ISC-2425-25+ генератор сигналів — 2.4–2.5 ГГц, –30 ... +25 дБм;
- сумісний (Plug&Play) з підсилювачем ZHL-2425-250X+;
- режекторні фільтри BFHK-Series (Low-Pass, High-Pass, Band-Pass, Band-Stop, Diplexers, Triplexers);

- безвідбивні фільтри до 40 ГГц (Reflectionless Filters);
- коаксіальні навантаження до 65 ГГц, ANNE-50E+;
- підсилювачі до 86 ГГц, WVA-71863HP+ тощо.

Широкий вибір корпусів продукції наведено в каталозі Mini-Circuits та *на сайті компанії «Віаком»*:

Компанія Mini Circuits має одну з найкращих репутацій серед передових виробників сучасних компонентів для електроніки. Без апаратури, що випускається під торговою маркою Mini-Circuits, неможливо організувати якісну роботу телекомунікаційних систем як цивільного, так і спеціального призначення.

Основними принципами компанії були і залишаються:

- надійність, високий рівень якості згідно стандартів ISO;
- широкий частотний діапазон DC до 100 ГГц;
- сучасні технології;
- висока інженерно-технічна підтримка, у т. ч. програмне забезпечення;
- широкий спектр галузей застосувань;
- широкий спектр продукції — від фільтрів до генераторів та підсилювачів MMICs;
- доступна вартість електронних компонентів;
- оперативна доставка товарів.

Все це дозволяє Mini Circuits користуватися довірою у споживачів та незалежним авторитетом у конкурентів.

Більш детальну інформацію про продукцію, Data Sheet та каталог продукції Mini-Circuits можна отримати в компанії ТОВ «Віаком»:
тел.: (044) 507-02-02,
e-mail: info@biakom.com,
<https://biakom.com>

Література:

1. Каталог Mini-Circuits. 2021. https://www.minicircuits.com/pdfs/Complete%20Catalog_2021_Digital.pdf
2. Майкл Д. Саймон. Твердотільні радіочастотні системи високої потужності (ADS). 2015 р. <https://cuashub.com/en/content/uk-mod-unveils-rf-directed-energy-weapon-rfdew/>
3. Каталог Mini-Circuits. 2019. <https://biakom.com/products/linecard/627-mini-circuits>
4. Modelithics and Mini-Circuits Expand Partnership With New High-Accuracy Simulation for Mini-Circuits Amplifiers. 2020. <https://www.microwavejournal.com/search?q=Mini-Circuits>

3.5-WT MMIC PA

Новий 3.5-ватний підсилювач потужності MMIC від компанії **Mini-Circuits** забезпечує широкий динамічний діапазон зі значним запасом для сигналів з високим рівнем PAPR у діапазоні від 8 до 12 ГГц. Коефіцієнт підсилення майже 30 дБ робить PMA5-123-3W+ чудовим драйверним каскадом для імпульсних або лінійних систем. Ця модель випускається в компактному корпусі 5x5 мм у стилі QFN, що ідеально підходить для вбудовування в компактні друковані плати і відповідає високим вимогам SWaP. Ця модель ідеально підходить для радарів X-діапазону, бездротових і VSAT-систем тощо!

ПРЯМИЙ КУТОВИЙ ХВИЛЕВІД ДО КОАКСІАЛЬНОГО КАБЕЛЮ

Розширена лінійка адаптерів від компанії **Mini-Circuits** тепер містить прямокутні адаптери для переходу з хвильоводів WR10, WR12 і WR15 на гніздові роз'єми 1.0 і 1.85 мм. Ці адаптери охоплюють V, E і W діапазони, що дозволяє використовувати їх у різних типах систем, зокрема для наземного тестування (over-the-air, OTA), систем зв'язку E-діапазону тощо. Низькі втрати на внесення і винятковий VSWR забезпечують неперевершену ефективність передачі. Всі моделі відрізняються прецизійною мікрообробкою і позолоченою конструкцією в міцній, компактній, прямокутній конфігурації.

ДЖЕРЕЛО РАДІОЧАСТОТНОЇ ЕНЕРГІЇ ПОТУЖНІСТЮ 50 Вт

Надійне, автономне джерело радіочастотної енергії від компанії **Mini-Circuits** для діапазону 2.45 ГГц ISM, RFS-2G42G5050X+ має коефіцієнт підсилення 53 дБ і вихідну радіочастотну потужність від 0.5 до 50 Вт. Ця конструкція включає вбудоване джерело сигналу з інтегрованим моніторингом, захистом і керуванням, і все це в одному компактному модулі (4.33x2.56x0.62"). RFS-2G42G5050X+ є досить універсальною, щоб працювати з широким спектром промислових систем опалення, обробки матеріалів та медичних застосувань. Система включає в себе зручний графічний інтерфейс користувача і комплексний API з інструкціями з програмування для Windows® і Linux®.

www.minicircuits.com

Мікроконтролери RZ/G2L компанії Renesas

Сергій Волков

У статті описуються мікроконтролери сімейства RZ/G2L компанії Renesas. Головна увага приділяється опису основних системних модулів, а також мультимедійним і графічним периферійним модулям. Добре відомі розробникам стандартні периферійні та системні модулі в цій статті не розглядаються.

ВСТУП

Компанія Renesas продовжує рух своєю дорожньою картою, згідно з якою нещодавно було аносовано сімейство мікроконтролерів (МК) RZ/G2L. У це сімейство входять чотири модифікації МК:

- RZ/G2L;
- RZ/G2LC;
- RZ/G2UL (Type 2);
- RZ/G2L (Type 1).

Основні відмінності модифікацій наведено в таблиці 1. Зауважимо, що модифікації RZ/G2LC і RZ/G2UL (Type 2) сумісні за виводами.

Відзначимо кілька важливих особливостей МК сімейства. По-перше, вбудований код виправлення помилок (*Error Correction Code, ECC*) забезпечує високу стійкість до збоїв, що дуже важливо для промислових і критично важливих систем. По-друге, наддовгострокова, понад 10 років, підтримка під час використання програмних пакетів CIP Linux і ядра Super Long Term Support (SLTS).

Використання верифікованого пакета Linux (VLP) помітно спростить розробку. Пакет VLP являє собою комбінацію

базового пакета CIP і програмного забезпечення для IoT-пристроїв. На рисунку 1 показано структуру програмного забезпечення на демонстраційній платі, що випускається Renesas.

За рамками опису цієї статті залишимо таймери, інтерфейси та деякі інші пе-

риферійні та системні модулі, які нічим не відрізняються від аналогічних, що використовуються в інших сімействах МК RZ. Вони багаторазово описані в статтях, присвячених цим сімействам МК, і їх використання не представляє будь-яких труднощів для досвідчених розробників. Структурна схема МК RZ/G2L показана на рисунку 2.

ПРОЦЕСОРНІ ЯДРА

Процесорне ядро Cortex-A55 було аносовано у 2017 р. на базі нової

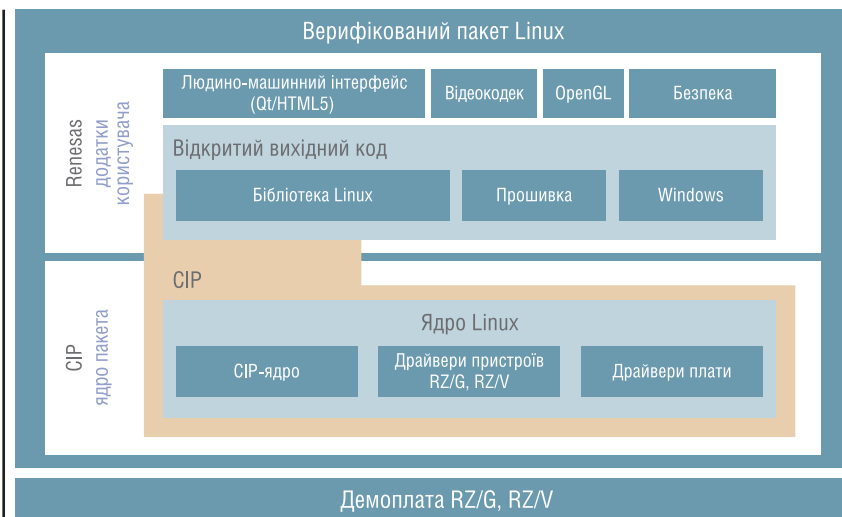


Рис. 1. Структура програмного забезпечення на демонстраційній платі, що випускається Renesas

Таблиця 1. Основні відмінності між модифікаціями МК сімейства RZ/G2L

Параметр	RZ/G2L	RZ/G2LC	RZ/G2UL (Type 2)	RZ/G2L (Type 1)
Процесорне ядро Cortex-A	1 або 2 ядра Cortex-A55, 1.2 ГГц	1 або 2 ядра Cortex-A55, 1.2 ГГц	Ядро Cortex-A55, 1.0 ГГц	Ядро Cortex-A55, 1.0 ГГц
Процесорне ядро Cortex-M	Cortex-M33, 200 МГц	Cortex M33, 200 МГц	Cortex M33, 200 МГц	Cortex M33, 200 МГц
Інтерфейс DRAM	16-біт, 1-канальний DDR4-1600/DDR3-1333 w/ECC	16-біт, 1-канальний DDR4-1600/DDR3-1333 w/ECC	16-біт, 1-канальний DDR4-1600/DDR3-1333 w/ECC	16-біт, 1-канальний DDR4-1600/DDR3-1333 w/ECC
Вхід для відео	MIPI CSI-2 або паралельний вхід	MIPI CSI-2	MIPI CSI-2	MIPI CSI-2
Відеокодек	FULL HD-кодування та декодування H.264	—	—	—
3D GFX	Arm Mail-G31, 500 МГц	Arm Mail-G31, 500 МГц	—	—
Інтерфейс дисплея	MIPI DSI або паралельний вхід	MIPI DSI	—	—
USB	2 канали USB2.0	2 канали USB2.0	2 канали USB2.0	2 канали USB2.0
Gbit Ether	2 канали	1 канал	1 канал	2 канали
12-біт АЦП	8 каналів	—	—	2 канали
Корпус	551LFBGA (21 × 21 мм)	361LFBGA (13 × 13 мм)	361LFBGA (13 × 13 мм)	361LFBGA (13 × 13 мм)

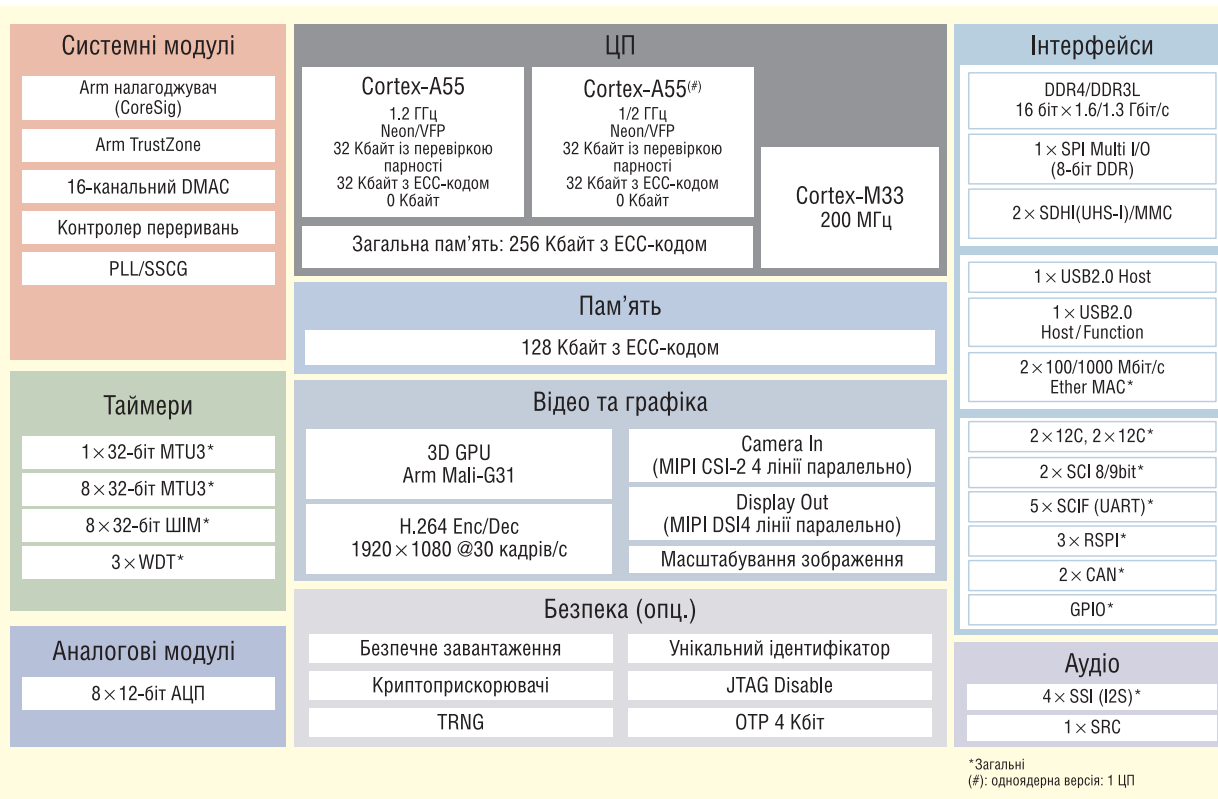


Рис. 2. Структурна схема МК RZ/G2L

на той час багатоядерної мікроархітектури DynamIQ. Ця технологія забезпечує 50-кратне збільшення продуктивності обчислень у задачах штучного інтелекту. До особливостей DynamIQ також слід віднести широкую можливість масштабування.

Ядро Cortex-A55 базується на DynamIQ та архітектурі ARMv8-A, має найкраще співвідношення енергоефективності та продуктивності у своєму класі, підвищує продуктивність на 18% під час операцій із цілими числами та на 20% під час роботи з числами з рухомою крапкою. Вбудований векторний процесор NEON SIMD дає змогу збільшити продуктивність обчислення на 40% порівняно з попереднім ядром Cortex-A53.

Оскільки процесор Cortex-A55 вперше використовується в МК групи RZ, ми зупинимося на ньому трохи докладніше. Структурна схема ядра Cortex-A55 показана на рисунку 3. Технологія DynamIQ дає змогу створювати кластер із восьми ядер. У МК RZ/G2L використовується кластер із двох ядер. У Cortex-A55 реалізовано повний набір команд Armv8.2 — A64, A32, T32 і вбудовано кеш-пам'ять L1 даних і команд; ємність кожної з них може становити 16, 32 або 64 Кбайт. Кеш рівня L2 ємністю 64, 128 або 256 Кбайт доступний опці-

онально. Підтримується технологія Arm TrustZone та операції з цифрами з рухомою крапкою, є вбудований векторний співпроцесор SIMD.

Модуль IFU здійснює вибірку команд із кешу або зовнішньої пам'яті та визначає розгалуження в потоці команд. Потім ці команди передаються в модуль

обробки даних DPU, де здійснюється їх декодування. Модуль DPU виконує команди передачі даних у пам'ять або з неї, працюючи спільно з модулем кешування команд DCU.

До складу модуля обробки даних DPU входять монітор продуктивності PMU, векторний співпроцесор NEON

СЛОВНИК

3DGE — модуль обробки 3D-графіки
BIU — модуль інтерфейсу шини
CRU — модуль приймання даних із камери
CTU — блок передачі команд
DCU — модуль кешування даних
DPI — паралельний інтерфейс дисплея
DPR — блок маршрутизатора тракту даних
DPU — модуль обробки даних
DSU — міст між процесорними ядрами Cortex-A55 кластера
DU — дисплейний модуль
CIG — універсальний контролер переривань
FCPCS — процес компресії кадрів
ELA — вбудований аналізатор логіки
ETM — вбудоване трасування
FCPVD — процесор стиснення кадрів
LCDC — контролер РК-дисплея
MAU — блок модуля доступу до пам'яті

MHU — модуль обробки повідомлень
MMU — модуль керування пам'яттю
IFU — модуль вибірки команд
ISU — модуль масштабування
PMU — модуль монітора продуктивності
PPI — загальні периферійні переривання
ROP — растрові операції
RPF — блок форматування пікселів
SCU — захист пам'яті рівня L3
SGL — програмно формовані переривання
SPI — окремі периферійні переривання
STR — буфер зберігання даних
SYC — системний лічильник
SYSC — контролер системи
TLB — буфер асоціативних трансляцій
WPF — блок форматування пікселів
VCPL4 — процесор відеокодека
VSPD — процесор відеосигналів

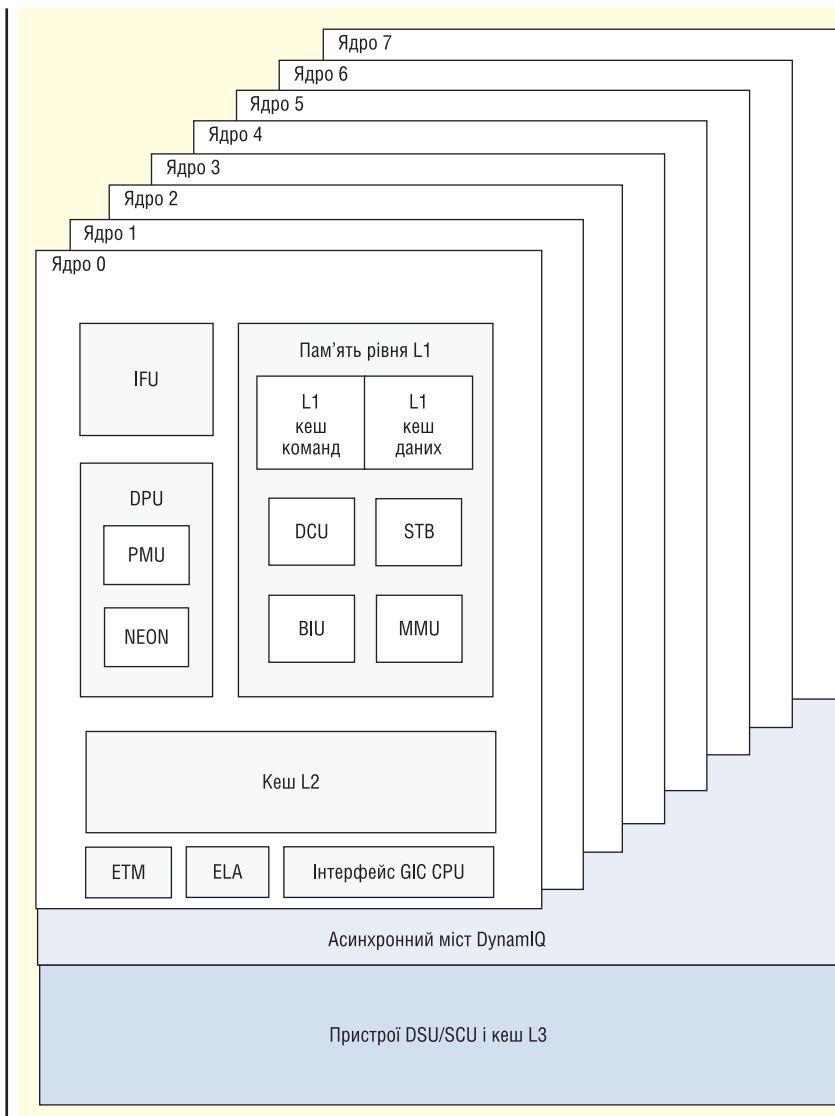


Рис. 3. Структурна схема ядра Cortex-A55

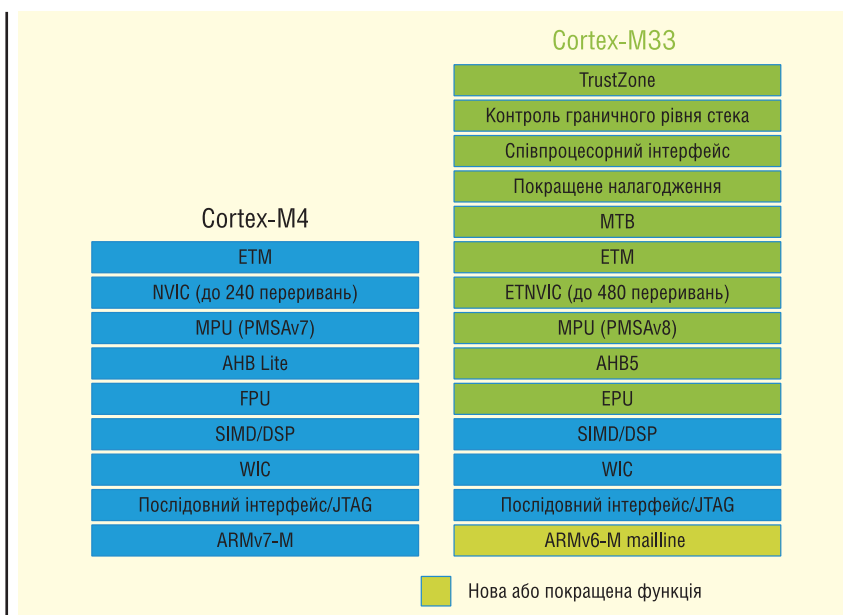


Рис. 4. Функціональні можливості Cortex-M33 у порівнянні з Cortex-M4

з SIMD і блок обробки даних з рухомою комою. За допомогою PMU можна набрати статистику по роботі кожного ядра і пам'яті, щоб потім використовувати цю інформацію для налагодження коду. Набір команд A64 містить додаткові інструкції SIMD-операцій з подвійною точністю з числами з рухомою крапкою.

Модуль керування пам'яттю MMU містить буфер асоціативних трансляцій TLB, який здійснює трансляцію віртуальної адреси пам'яті у фізичну адресу. У TLB також містяться адресні ідентифікатори простору ASID, які запобігають скиданню TLB при перемиканні контексту; вони ж використовуються для функціонування віртуальної машини.

До складу підсистеми кешу пам'яті L1 входить модуль кешування DCU, буфер зберігання STB та інтерфейс шини BIU. Модуль DCU здійснює операції запису і зберігання даних у пам'ять рівня L1. Буфер STB зберігає дані після того, як вони вийшли з конвеєра, і використовується для створення черги операцій.

Оскільки процесорне ядро Cortex-M33 з'явилося на рік раніше за ядро Cortex-A55 і завдяки технології ARM TrustZone знайшло застосування в багатьох МК різних компаній, для його опису ми обмежимося лише рисунком 4, запозиченим з [1]. Функціональні можливості Cortex-M33, що збільшилися, порівняно з попередником Cortex-M4 говорять самі за себе.

ПАМ'ЯТЬ

УМК вбудовано ОЗП ємністю 128 Кбайт, яка поділена порівну між процесорами Cortex-A55 і Cortex-M33. Якщо до пам'яті звертаються одночасно два пристрої, шина здійснює арбітраж за алгоритмом кругового обслуговування, який іноді називають каруселлю. Доступ до пам'яті і для читання, і для запису здійснюється за один цикл.

Для роботи із зовнішньою пам'яттю DDR3L-1333/DDR4-1600 використовується паралельна шина завширшки 16 біт, підтримується код виправлення помилок ECC. Об'єм пам'яті може досягати 4 Гбайт. Зв'язок із зовнішньою флеш-пам'яттю здійснюється через багатоканальний контролер SPI. Можливе підключення до двох модулів флеш-пам'яті. Максимальна частота тактування досягає 100 МГц при Octal-SPI та HyperFlash. Крім того, передбачено 2-канальний мультимедійний інтерфейс SD/MMC, сумісний з SD 3.0.

ШИНИ

Головним фактором, що визначає продуктивність МК, є процесорні ядра та частота їхнього тактування. Однак і структура шин МК не в останню чергу впливає на продуктивність МК навіть не в тестах, а при виконанні практичних завдань, коли потрібно працювати із зовнішнім обладнанням і здійснювати обмін даними між вбудованими периферійними модулями. Отже, знання шинної структури МК буде зовсім не зайвим для розробників.

Шинна структура МК RZ/G2L показана на рисунку 5. Ширина шин у 34 біти забезпечує фізичну адресацію 16 Гбайт. Частина провідних модулів шини має доступ до всіх 34 бітів адреси, а інша частина провідних пристроїв — тільки 32 біт (адресний простір 4 Гбайт). 34-біт шинна адреси дає змогу провідним пристроям, які можуть сприймати тільки 32-бітову адресу, розширити адресний простір до 16 Гбайт завдяки зміщенню адреси.

У разі помилки шина формує сигнал переривання. Помилка виникає в таких випадках:

- під час спроби доступу, забороненого налаштуваннями безпеки;
- у разі спроби доступу до пристрою, що перебуває в режимі зупинки;
- помилку генерує ведений пристрій.

Визначення рівнів безпеки ведених пристроїв для ввімкнення або вимкнення доступу до них визначається шляхом порівняння атрибута безпеки, який вводиться у ведений пристрій за допомогою відповідних бітів у регістрі доступу пристрою.

Переривання помилок шини зберігаються, скидаються і об'єднуються в один запит схемою синхронізації переривань.

СИСТЕМНІ МОДУЛІ

У цьому розділі ми коротко розглянемо деякі оригінальні системні модулі, які, на наш погляд, становлять інтерес для розробників і допомагають краще зрозуміти організацію МК. Системний контролер SYSC містить ідентифікатори та повну інформацію про МК, керує безпекою, відповідає за зміну атрибута безпеки для безпечної транзакції від кожного ведучого модуля шини та керує доступом до шини.

Крім перерахованих функцій, контролер SYSC керує доступом до 34-біт адресного простору. За 32-біт адреси контролер виконує 2-біт розширення

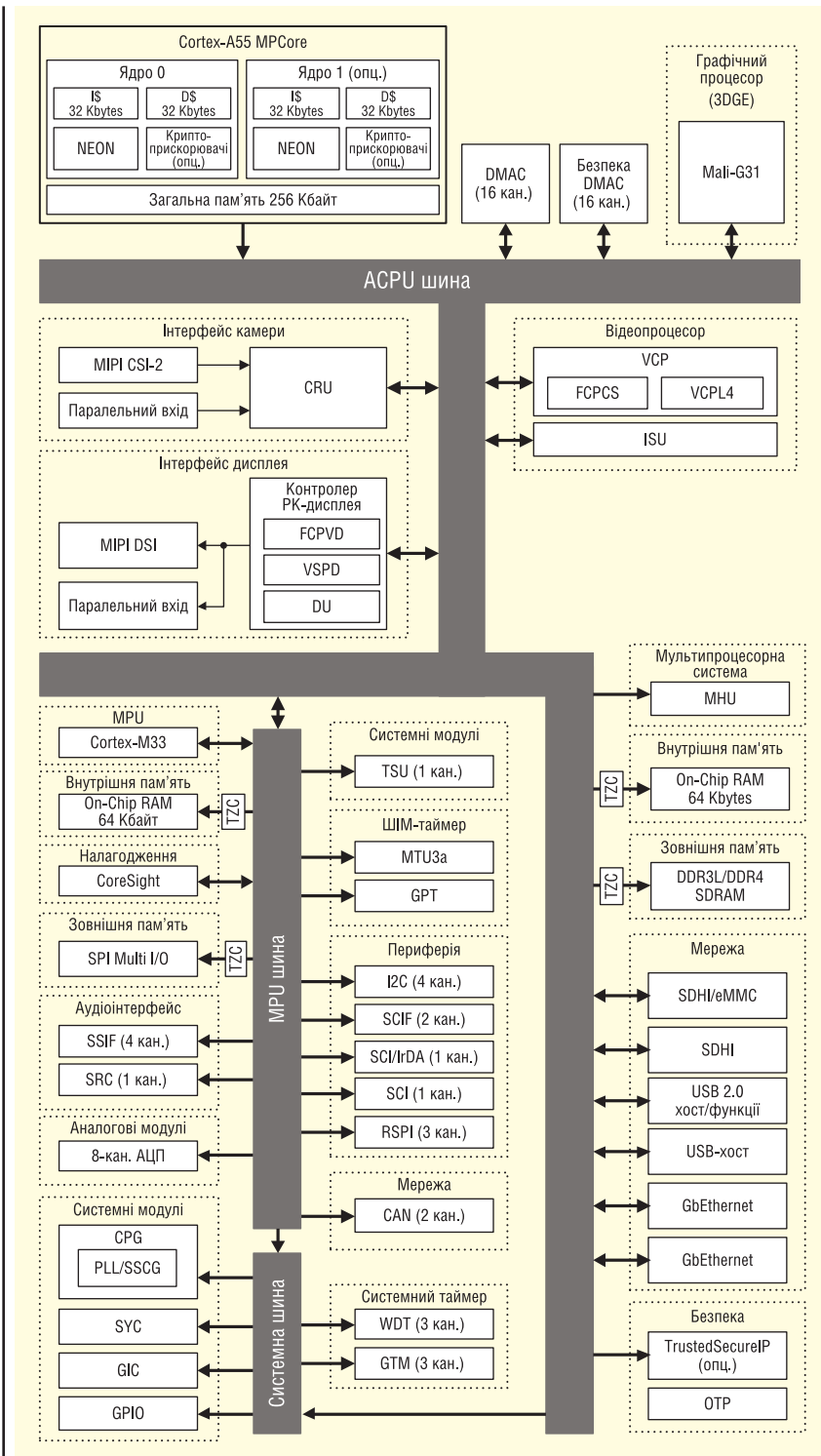


Рис. 5. Шинна структура МК RZ/G2L

для доступу до 34-біт адресного простору. Режим зниженого енергоспоживання також задається контролером. Докладніше його функціонал і будову див. на рисунку 6, де показано структурну схему контролера.

Контролер переривань Cortex-M33 вбудований у ядро. Він обробляє до 480 запитів переривань і може розді-

лити їх на 256 рівнів пріоритету. Для Cortex-A55 використовується окремий універсальний контролер переривань GIC-600, який формує 32 рівні пріоритетів і обробляє такі запити переривань:

- 16 програмно формованих переривань (SGI);
- 16 приватних периферійних переривань (PPI);

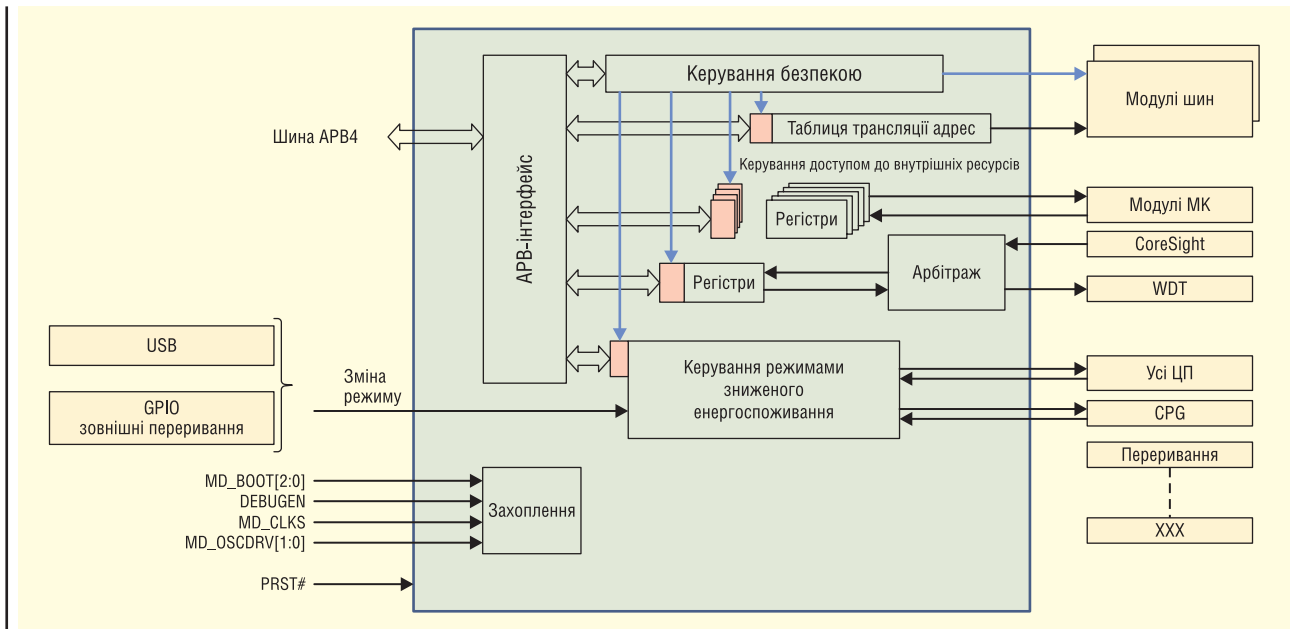


Рис. 6. Структурна схема контролера SYSC

- 480 загальних периферійних переривань (SPI).

Для обміну даними між процесорними ядрами Cortex-A55 і Cortex-M33

використовується модуль обробки повідомлень (MNU). Його структурна схема показана на рисунку 7. Зв'язок реалізується за допомогою спільного ОЗП,

через яке передаються повідомлення про повідомлення і самі повідомлення між процесорами. У разі збереження повідомлення в ОЗП формується перериван-

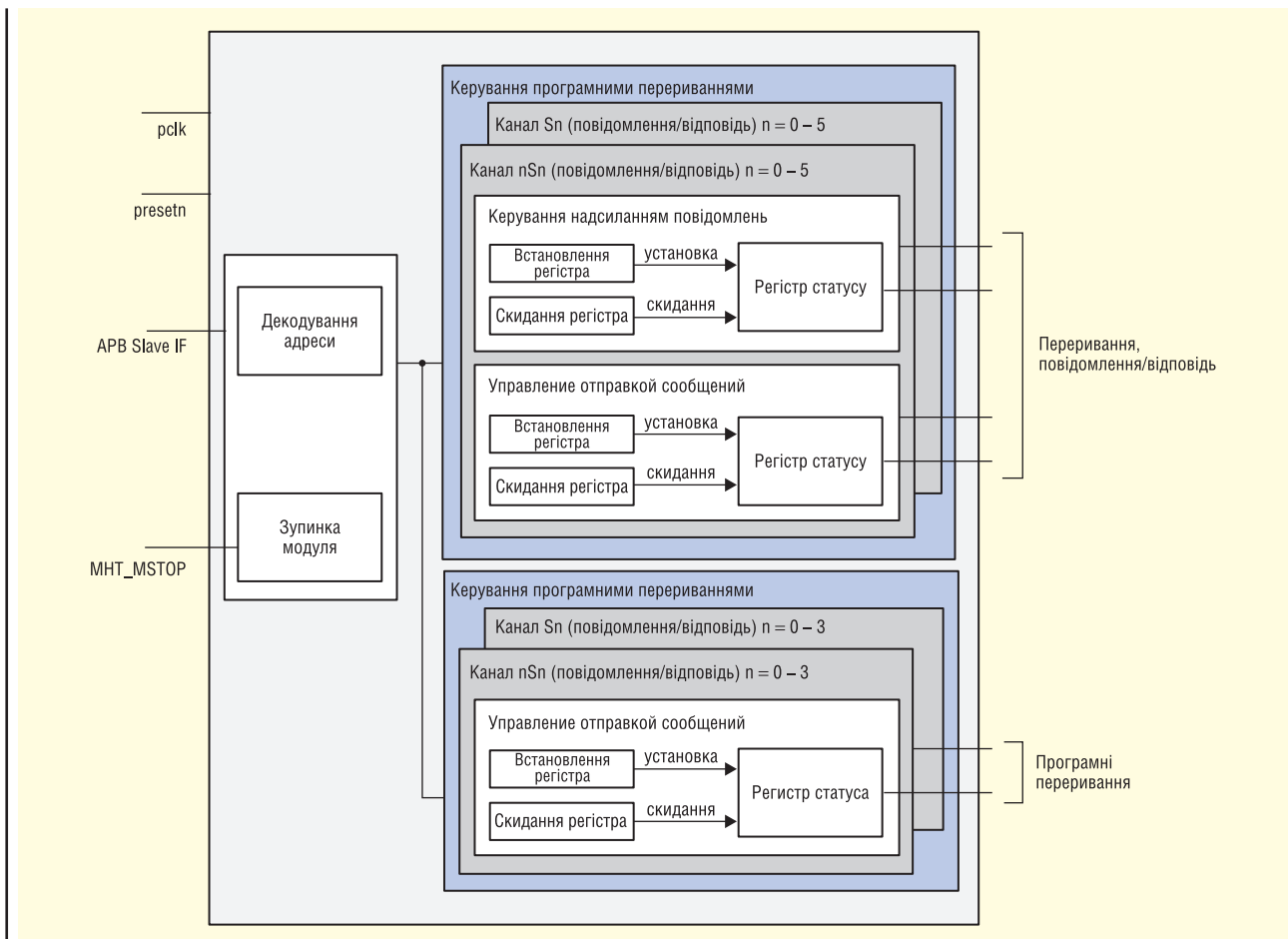


Рис. 7. Структурна схема модуля обробки повідомлень MNU

ня, яке повідомляє адресата про повідомлення. Наявність запитів на переривання відображається в регістрах статусу. Встановлення та скидання регістрів статусу здійснюється програмним шляхом.

КОНТРОЛЕР РК-ДИСПЛЕЯ

До складу контролера РК-дисплея входять процесор стиснення кадрів (FCPVD), процесор відеосигналів (VSPD) і дисплейний модуль (DU). Коротенько перелічимо деякі основні функції кожного з цих модулів. Процесор FCPVD забезпечує:

- збереження черги незавершених транзакцій;
- читання даних з лінійною адресацією;
- читання даних списку зображень;
- запис даних зображень.

Процесор відеосигналів VSPD реалізує:

- підтримку форматів YCbCr444/422/420, RGB, α -RGB, α -площина;
- обробку відео та змішування шарів зображення (ROP);
- перетворення кольорового простору та згладжування кольорів, завдяки чому вдається зменшити їхню кількість;
- перегортання по вертикалі під час запису в пам'ять і зворотний запис зображень, що передаються на дисплейний модуль DU;
- безпосереднє під'єднання до модуля дисплея і підтримку панелей з 1920 пікселями по горизонталі.

До функціоналу дисплейного модуля входять такі завдання:

- підтримка паралельного інтерфейсу дисплея (DPI) і відеоінтерфейсу MIPI LINK;
- реалізація часової діаграми та стробування сигналів;
- підтримка прогресивної розгортки (черезрядкова розгортка не підтримується);
- підтримка Full HD (1920 × 1080) з інтерфейсом MIPI-DSI та WXGA (1280 × 800) з паралельним інтерфейсом.

Для розуміння загальної картини приділимо трохи уваги опису роботи модуля процесора відеосигналів VSPD. Блок модуля доступу до пам'яті (MAU) є ведучим модулем шини. Він обробляє дані зображення із зовнішньої пам'яті та записує оброблені дані в зовнішню пам'ять. Блок передачі команд (CTU) є ведучим модулем шинного інтерфейсу. Через цей модуль зчитуються параметри регістрів для обробки зображень за допомогою списку відображень із зовнішньої пам'яті.

Блок форматування пікселів (RPF) зчитує через блок MAU дані із зовнішньої пам'яті, розпаковує їх і виконує з ними всі кольорні маніпуляції. Для маршрутизації потоків даних у модулі VSPD використовується блок маршрутизатора тракту даних (DPR). Таблиця пошуку LUT перетворює кожен із трьох кольорних компонентів. Вона безпосередньо під'єднана до блоку маршрутизатора DPR і може використовуватися для гамма-корекції та перетворення негативу в позитив. Блок форматування пікселів (WPF) отримує 32-бітові дані (YCbCr444

або RGB888 + 8-бітові α) від DPR і перетворює кольорний простір, кількість кольорів і формат даних, а також надсилає оброблені дані в зовнішню пам'ять через блок MAU.

МОДУЛЬ КАМЕРИ CRU

Структурну схему модуля приймання даних з камери CRU показано на рисунку 8. Оскільки вона дає досить повне уявлення про принцип дії модуля, основну увагу в цьому розділі ми приділимо перерахуванню параметрів модуля, а не опису його роботи.

Модуль CRU підтримує стандарти MIPI CSI-2 V2.1 і MIPI D-PHY V2.1 зі швидкістю передавання даних у діапазоні 80–1500 Мбіт/с. Перелічимо деякі основні параметри модуля:

- максимальний розмір вхідного зображення становить 5 Мпкс, мінімальний розмір — QVGA (320 × 240 = 76.8 Кпкс.);
- максимальна кількість пікселів у горизонтальному напрямку — 3800, а по вертикалі — 4095 рядків;
- сумісний зі специфікацією 2 (CSI-2)SM, підтримує 1, 2 або 4 лінії;
- забезпечує 1-біт корекцію ECC і виявляє 2-біт помилку в заголовку пакета і здійснює перевірку CRC, виявляє помилки приймача на рівні D-PHY, помилки під час формування пакета і помилки рівня декодування протоколу;
- під час передавання даних чергування на рівні пакетів і на рівні кадрів.

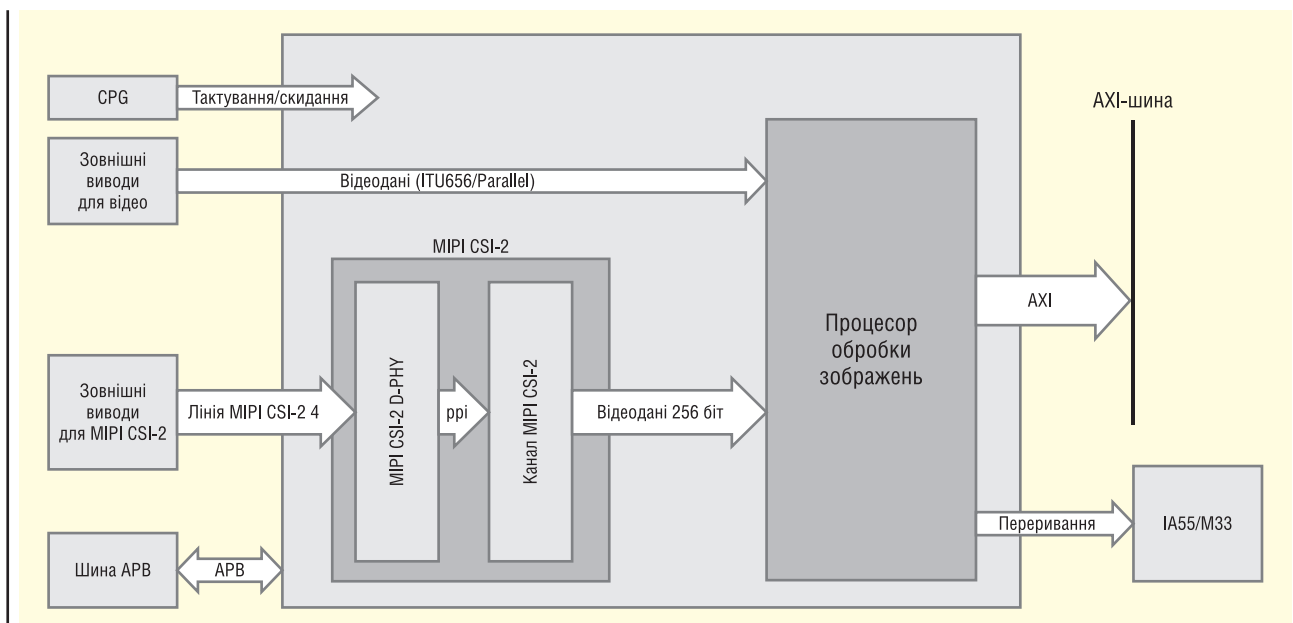


Рис. 8. Структурна схема модуля приймання даних з камери CRU

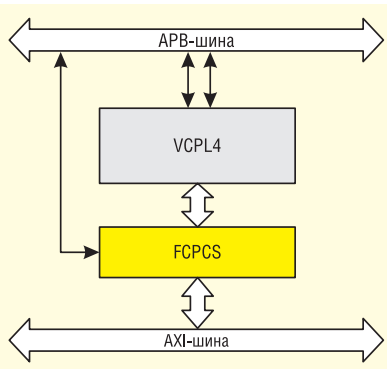


Рис. 9. Взаємозв'язок модулів FCPCS і VCPL4

КОМПРЕСІЯ КАДРІВ FCPCS І ПРОЦЕСОР ОБРОБКИ ВІДЕОСИГНАЛІВ VCPL4

Процесор компресії кадрів FCPCS є допоміжним модулем обробки відеосигналів. Він здійснює компресію даних без втрат (*lossless data compression*) і розпакування даних для процесора відеокодека VCPL4. Взаємозв'язок цих модулів показано на рисунку 9. Процесор FCPCS здійснює стиснення, розпакування і кешування даних, а також перетворення транзакцій з шини AXI. Модуль підтримує роздільну здатність 1920 × 1080 пікс. і кеш опорних кадрів. Коефіцієнт стиснення без втрат зазвичай не перевищує 50%.

Процесор відеокодека VCPL4 є модулем кодека H.264. Програмне забезпечення та бібліотеки до нього можна замовити в компанії Renesas. Модуль VCPL4 підтримує роздільну здатність до 1920 × 1080 і здійснює обробку даних за алгоритмом «картина за картиною». Підтримуються ефективні інструменти

кодування H.264, зокрема CABAC, перетворення частоти 8 × 8 і матриця квантування.

ГРАФІЧНІ МОДУЛІ

До таких належать модуль масштабування (ISU) та модуль обробки 3D-графіки (3DGE). Модуль масштабування ISU зчитує зображення із зовнішньої пам'яті DRAM, зменшує його розмір за допомогою білінійного алгоритму і записує вже зменшене зображення в DRAM. Він також реалізує перетворення кольорового формату з використанням матриці 3 × 3 та обрізання зображення. Коефіцієнт масштабування перебуває в межах 1/1...1/15.

Структурна схема модуля 3DGE показана на рисунку 10. До складу модуля входить графічний процесор Arm Mali-G31, заснований на відкритих стандартах. Він підтримує 2D/3D-графіку і всі необхідні обчислювальні операції. До складу модуля входить ядро однопиксельного шейдера, 8 Кбайт кеш-пам'яті рівня L2, набір графічних API, фільтр згладжування. Модуль 3DGE підтримує стислі формати текстур і узгодженість спільного використання ресурсів і системної пам'яті. Крім того, підтримується повний профіль OpenGL 2.0 і стандарти графічних API OpenGL ES 1.1, 2.0, 3.0, 3.1 і 3.2.

Література:

1. Сергей Надеждин. Микроконтроллеры группы RA6M4 семейства RA6 компании Renesas Electronics // CHIP NEWS Украина. № 3. 2021. CN

ПОВНА ПЛАТФОРМА КЕРУВАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИМИ АКУМУЛЯТОРАМИ З ПОПЕРЕДНЬО ПЕРЕВІРЕНОЮ МІКРОПРОГРАМОЮ

Корпорація **Renesas Electronics** представила універсальні рішення для керування літій-іонними акумуляторами в широкому спектрі споживчих товарів, що живляться від батарей, таких як електровелосипеди, пілососи, робототехніка та дрони. Завдяки попередньо перевіреним прошивці, R-BMS F (Ready Battery Management System with Fixed Firmware) значно скоротить час навчання для розробників, дозволяючи швидко створювати безпечні та енергоефективні системи керування батареями.

Розроблені для літій-іонних акумуляторів з 2–4 і 3–10 елементами серії (S), рішення R-BMS F містять провідні в галузі мікросхеми датчиків рівня палива (FGIC) від Renesas, інтегрований мікроконтролер (MCU) і аналогову передню панель акумулятора, попередньо запрограмовану прошивку, програмне забезпечення, інструменти для розробки та повну документацію — все це доступно в повних наборах для тестування, які вже готові до відправлення.

Прошивка має важливе значення в системах керування акумуляторами, оскільки вона використовується для моніторингу стану заряду (SoC), стану здоров'я (SoH), струму і температури, а також для активного балансування напруги окремих елементів і виявлення несправностей.

Рішення R-BMS F від Renesas включають вбудоване, попередньо протестоване програмне забезпечення, призначене для роботи з вбудованим мікроконтролером FGIC. Вбудоване програмне забезпечення містить критичні запрограмовані функції для збільшення терміну служби акумулятора та забезпечення безпечної експлуатації. До них відносяться балансування елементів, контроль струму, а також моніторинг напруги та температури. Для більшої гнучкості система керування батареєю дозволяє розробникам встановлювати безліч параметрів для задоволення конкретних вимог та адаптувати рішення для різних хімічних елементів за допомогою графічного інтерфейсу користувача (GUI), без необхідності використання повноцінного інтегрованого середовища розробки (IDE).

www.renesas.com

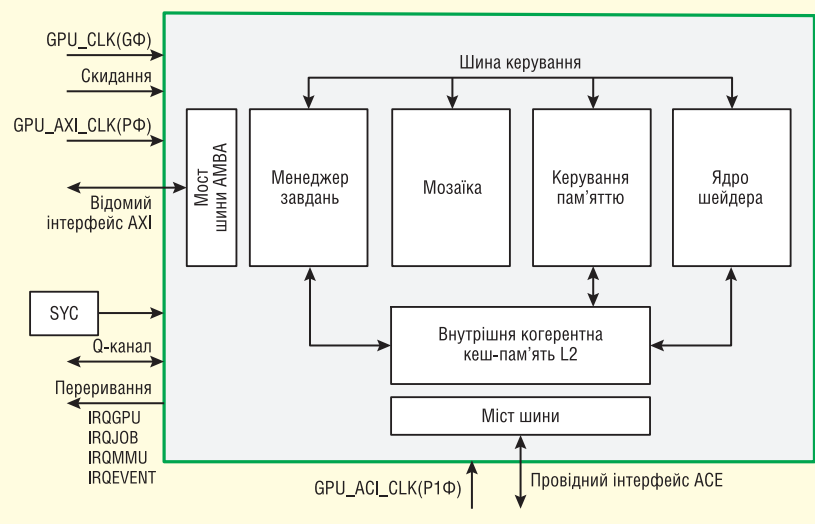


Рис. 10. Структурна схема модуля 3DGE

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

APM32 MCU  ARM Cortex  BLE SoC

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

ПОБУТОВА
ЕЛЕКТРОНІКА



ПРОМИСЛОВІ
ЗАСТОСУВАННЯ



МЕДИЧНЕ
ОБЛАДНАННЯ



АВТОМОБІЛЬНА
ЕЛЕКТРОНІКА



РОЗУМНИЙ
ТРАНСПОРТ



РОЗУМНА
ЕНЕРГІЯ



**Geehy за
роки існування**

20 років досвіду в розробці мікросхем

450 мільйонів мікросхем щорічно поставляється

4 офіси
(1 північноамериканський,
3 офісори)

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

APM32 Загальний MCU промислового класу

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

Bluetooth Low-Energy SoC

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

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

Розкрийте можливості точного землеробства за допомогою OEM-плати Nordian та рішення PX9

Переклад та редактування: Роман Прокопеч, Microdis Electronics
E-mail: Roman.Prokopets@microdis.net

Інноваційна OEM-плата Nordian та рішення PX9, що використовує GNSS-модулі ZED-F9P та NEO-D9S від u-blox, а також сервіс корекції PointPerfect, пропонують підхід до вирішення цих завдань, що змінює правила гри.

Сільське господарство та важке машинобудування переживають трансформацію, оскільки прецизійні технології стають наріжним каменем операційної ефективності. Однак впровадження високоточних GNSS-рішень залишається складним завданням для багатьох виробників оригінального обладнання (*Original Equipment Manufacturers, OEM*) та підприємств у цих галузях. Інноваційна OEM-плата Nordian (рис. 1) та рішення PX9, що використовує GNSS-модулі *ZED-F9P* і *NEO-D9S* та послугу корекції *PointPerfect*, пропонують підхід до вирішення цих проблем, який змінює правила гри.

Хоча багато компаній знайомі з надзвичайними можливостями приймача u-blox F9P і супутнього приймача NEO

D9S L-діапазону, не всі знають про критичну роль, яку відіграє служба корекції *PointPerfect* у забезпеченні глобальної точності позиціонування на сантиметровому рівні. Рішення Nordian виводить цю технологію на новий рівень, усуваючи такі поширені завади, як безперешкодний доступ до L-діапазону, перетворення референтної системи координат та іоносферні адаптації. Результатом є надійна платформа plug-and-play, яка усуває бар'єри для розробки та робить високоточне позиціонування доступним і масштабованим.

КОМПОНЕНТИ РІШЕННЯ NORDIAN

GNSS-модуль ZED-F9P в поєднанні з NEO-D9S

В основі рішення компанії Nordian лежить високоточний багатодіапазонний GNSS-модуль ZED-F9P компанії u-blox та модуль NEO-D9S. Інтеграція NEO-D9S з ZED-F9P (без необхідності інженерних робіт) додає можливість отримувати поправки через L-діапазон, а також IP, забезпечуючи сантиметрове позиціонування в умовах відсутності стільникового покриття, що забезпечує безперервність роботи в сільському господарстві, гірничодобувній промисловості та важкому машинобудуванні.

Служба корекції PointPerfect

Послуга корекції *PointPerfect* доповнює комбінацію ZED-F9P/NEO-D9S, надаючи GNSS-поправки в режимі ре-

ального часу по всьому світу через супутникові та інтернет-з'єднання. На відміну від традиційних послуг корекції, сервіс *PointPerfect* є економічно ефективним, з оплатою за фактом використання, що робить його доступним для середнього бізнесу та OEM-виробників. Він забезпечує бездоганну точність незалежно від типу з'єднання, інтелектуально перемикаючись між стільниковими та супутниковими мережами за потреби.

Удосконалення Nordian

OEM-плата та рішення PX9 від Nordian побудовані на основі модулів ZED-F9P/NEO-D9S в поєднанні з *PointPerfect* з критично важливими покращеннями, включаючи:

- Керування доступом до L-діапазону — забезпечує безперебійну, безпечну передачу даних корекції через супутник.
- Перетворення та згладжування референтної системи координат — виконує коригування регіональної референтної системи координат для підтримання постійної точності з урахуванням рухів тектонічних плит та специфічних для країни норм і правил.
- Адаптація до іоносфери — підвищує надійність у складних атмосферних умовах.

Ці функції забезпечують високоточне позиціонування, готове до використання «з коробки», що значно скорочує час, вартість і складність розробки.

ЧОМУ РІШЕННЯ NORDIAN ВИРІЗНЯЄТЬСЯ З-ПОМІЖ ІНШИХ

Простота Plug-and-Play

OEM-плати Nordian і рішення PX9 розроблені для безперешкодної ін-

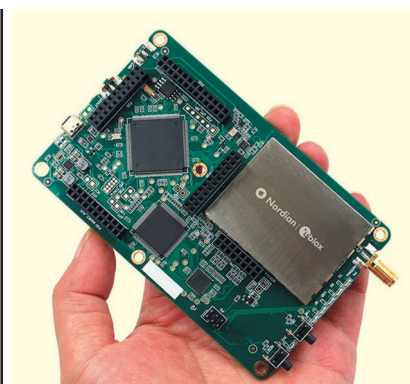


Рис. 1. Інноваційна OEM-плата Nordian та рішення PX9, що використовує GNSS-модулі ZED-F9P і NEO-D9S від u-blox

теграції. Пропонуючи повністю оптимізовану, попередньо налаштовану платформу, Nordian знімає тягар розробки для OEM-виробників і підприємств. Це особливо важливо для малих і середніх підприємств (МСП), яким не вистачає ресурсів для розвитку власного інжинірингу.

Економічно ефективна висока точність

Традиційні високоточні GNSS-рішення коштують тисячі доларів щорічно, що обмежує їх доступність лише для найбільших учасників ринку. Рішення PointPerfect від Nordian пропонує аналогічну або кращу точність за меншу ціну, відкриваючи двері для компаній і підприємств для впровадження прецизійних технологій. Така демократизація високоточних GNSS не тільки дозволяє заощадити на вартості, але й дає можливість середнім фермерським господарствам скористатися низкою переваг, у тому числі в аграрній галузі: зменшити споживання палива, скоротити відходи та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Адаптивність до різних застосувань

Платформа Nordian підтримує широкий спектр застосувань, від точного землеробства до гірничодобувної промисловості та геодезії. Її сумісність зі стандартними 20-контактними роз'ємами та застарілими приймачами забезпечує легку адаптацію та заміну застарілих систем, що робить її перспективною інвестицією.

Надійність у складних умовах

У таких галузях, як сільське господарство та гірничодобувна промисловість, де зв'язок часто ненадійний, рішення Nordian є найкращим. Воно поєднує в собі стільникові та супутникові корекції, автоматично перемикаючись між ними для підтримки безперебійної роботи. Такі функції, як «SmoothTrack», що забезпечує безперебійну роботу під час тимчасових втрат сигналу, роблять систему особливо надійною для критично важливих застосувань, таких як автоматичне рульове керування в тракторах.

Покращений користувацький досвід

Інформаційна панель Nordian спрощує роботу користувача, автоматизуючи процес керування ключами та активації підписки. Завдяки безпечному

відстеженню серійних номерів клієнти отримують доступ до послуг точного позиціонування, не турбуючись про несанкціоноване використання. Такий спрощений підхід усуває технічну складність, яка часто асоціюється з високоточними GNSS-системами.

РЕАЛЬНІ ПЕРЕВАГИ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ТА ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Сільське господарство

Рішення Nordian дозволяє фермерам підвищити врожайність, зменшити операційні витрати та мінімізувати відходи. Для середніх фермерських господарств доступність PointPerfect дає можливість використовувати прецизійні технології, не виснажуючи бюджет. Такі функції, як відстеження та діагностика в режимі реального часу, також покращують операційний нагляд, дозволяючи власникам ферм віддалено контролювати та оптимізувати використання обладнання.

Важка техніка

У таких галузях, як гірничодобувна промисловість і будівництво, точна GNSS має вирішальне значення для таких завдань, як картографування місцевості та автономна навігація транспортних засобів. Система Nordian пропонує сумісність з наявним обладнанням за принципом «plug-and-play», що дозволяє компаніям оновлювати свій парк техніки з мінімальним часом простоїв і витратами.

Геодезія

Геодезисти отримують вигоду від можливостей перетворення референційної системи координат Nordian, що дозволяє впоратися зі складнощами

місцевих правил позиціонування. Ця функція забезпечує стабільну точність незалежно від місця розташування, усуваючи необхідність ручних налаштувань і підвищуючи загальну ефективність.

ТОЧНИЙ ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ: РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ

ОЕМ-плата Nordian та рішення PX9 — це не просто технологічні інновації, вони є зміною у способах надання прецизійних GNSS-рішень. Знижуючи витрати, спрощуючи впровадження та підвищуючи надійність, Nordian допомагає підприємствам у сільському господарстві, гірничодобувній промисловості та геодезії розкрити весь потенціал прецизійних технологій. Завдяки майбутнім досягненням, таким як двосторонній супутниковий зв'язок для діагностики та відстеження, платформа готова до подальшої трансформації цих галузей.

Для будь-якого бізнесу, який прагне впровадити точне позиціонування без типових перешкод, рішення Nordian пропонує практичну, масштабовану та доступну відповідь. Незалежно від того, чи керуєте ви парком автономних тракторів, чи проводить складні земельні обстеження, Nordian гарантує, що у вас є інструменти для досягнення успіху в умовах зростання конкуренції.

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

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

CN

MICRODIS
www.microdis.net

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

Роман Прокопець
Менеджер з продажу

Microdis Electronics GmbH
Rheinauer Straße 1
68766 Hockenheim
Germany

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

u-blox
fischer
CONNECTORS

Ідеальний захист для чутливої вимірювальної техніки

Ліза Піхерер (Lisa Picherer), Phoenix Contact GmbH & Co. KG
E-mail: ua-office@phoenixcontact.com

Внаслідок зміни клімату зростає кількість екстремальних погодних явищ. Для того, щоб завчасно про них попереджати та оперативно реагувати на них у майбутньому, датчики для реєстрації та аналізу різних вимірних значень повинні бути встановлені повсюдно, особливо в зонах ризику. Надійні корпуси серій Environmental Case System (ECS), Outdoor Case System (OCS) і розширення для автономної системи Pico від Phoenix Contact відповідають цим високим вимогам.

Екстремальна спека та посуха, зливи та повені: надзвичайні погодні явища все частіше трапляються і в Німеччині. Моніторинг та їх раннє виявлення за допомогою відповідних вимірювальних технологій набуває все більшого значення. Для забезпечення оптимального захисту чутливої вимірювальної та обчислювальної електроніки та кращої підготовки до майбутнього необхідні спеціально розроблені міцні корпуси (рис. 1).

МІЦНИЙ КОРПУС ДЛЯ ЗАХИСТУ В СУВОРИХ УМОВАХ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Корпус ECS має надійні властивості для захисту чутливої електроніки від пилу, бруду та води як всередині, так і зовні приміщень. Корпуси для електроніки серії OCS доповнюють портфоліо, забезпечуючи достатньо місця для розміщення різноманітної електроніки, та ідеально підходять для автономних систем.

З розширенням до автономної системи Pico (*Pico off-grid system, POS*), надійні рішення на основі фотоелектричних панелей для автономного живлення різних застосувань можуть бути реалізовані в польових умовах.

Їхні високі технічні властивості гарантують, що обидва корпуси можуть витримувати ці критичні умови навколишнього середовища. Це дозволяє

захистити чутливу електроніку і, в разі надзвичайної ситуації, передати попередження і сигнали раннього виявлення на метеостанції.

ЗОВНІШНІ КОРПУСИ ECS ДЛЯ СУВОРИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Корпуси серії ECS призначені для захисту чутливої електроніки від пилу, бруду та води в суворих і складних умовах експлуатації. УФ-стабілізований полікарбонат з класом вогнестійкості

UL 94-V0 витримує температури від -40 до +100 °C, а також значні механічні навантаження і сертифікований відповідно до EN 50102 (ударостійкість) IK08.

Серія корпусів складається з трьох типорозмірів з різною глибиною монтажу та різними кольорами. Повністю закрита система корпусів складається з основи та відповідної передньої панелі. Для з'єднання двох частин корпусу доступні два способи замикання: гвинтове або механічне. Завдяки надійному запірному механізму корпуси мають високий рівень функціональної безпеки. Вони мають ступені захисту IP66, IP67 і IP69, а також сертифіковані за класом 6 відповідно до класифікації корпусів NEMA 250.

Додатковий вентиляційний отвір зменшує підвищення тиску в закритому корпусі й, таким чином, запобігає утворенню конденсату. Вентильовані корпуси особливо корисні в зонах з коливаннями тиску повітря. Мембрана для компенсації тиску забезпечує достатній повітрообмін в корпусі й, таким чином, збільшує термін служби електроніки.



Рис. 1. Погодні умови як на долоні: чутлива вимірювальна техніка ідеально захищена в міцному зовнішньому корпусі

Для специфічних застосувань можна конфігурувати порожні корпуси з індивідуально підібраними роз'ємами на додаток до збірних передніх панелей з різними обраними роз'ємами. Це означає, що можна передавати різні сигнали, дані та електроживлення. На вибір є роз'єми для пристроїв типорозмірів M5, M8 і M12, а також роз'єми з високою щільністю контактів (до 17 позицій), швидкістю передачі даних до 10 Гбіт/с і струмом до 16 А.

Щоб забезпечити максимальну гнучкість при інтеграції різних датчиків, конструкція корпусу дозволяє використовувати друковані плати товщиною від 1.59 до 2.38 мм. Вбудований фіксатор друкованої плати захищає її від випадкового від'єднання і тому ідеально підходить для використання в складних умовах.

Для забезпечення достатньої гнучкості в різних сферах застосування є вибір між прямим монтажем на панель і додатковим комплектом кріплень для монтажу на щоглі у відкритій місцевості. Крім того, корпуси ECS мають допуск до експлуатації відповідно до UL 50/50E, а чорну версію також можна замовити з допуском до вибухонебезпечних зон. Крім того, можна встановити просту

пломбу із захистом від несанкціонованого доступу, що особливо корисно в громадських місцях.

Серія корпусів відрізняється компактним дизайном корпусу для широкого спектра застосувань і оптимальним захистом для чутливої вимірювальної техніки. Навіть на відкритій місцевості можна надійно збирати та аналізувати дані в несприятливих умовах. Завдяки простій конструкції та аксесуарам можна реалізувати різні програми та швидко встановити їх (рис. 2).



Рис. 2. Міцні корпуси для зовнішнього застосування ECS підходять для захисту чутливої електроніки від пилу, бруду і води в суворих і складних умовах експлуатації

**ВЕЛИКИ КОРПУСИ
ДЛЯ ЗОВНІШНЬОГО
ЗАСТОСУВАННЯ ОCS
ДЛЯ ВИПАДКІВ, КОЛИ
ДЛЯ ЕЛЕКТРОНІКИ ПОТРІБНО
ТРОХИ БІЛЬШЕ МІСЦЯ**

Так само, як і серія корпусів ECS, корпуси OCS ідеально підходять для екстремальних умов експлуатації в діапазоні температур від -40 до $+80$ °C і короткочасно до $+120$ °C, а також можуть використовуватися як автономні

GameChangers
для підключення пристроїв

PHOENIX CONTACT

Потужність навіть у суворих умовах

Більш захищені, ніж будь-коли раніше. Міцні корпуси від Phoenix Contact пропонують оптимальний захист для забезпечення максимальної продуктивності навіть в екстремальних умовах.

Детальніше: https://phoe.co/field_housings_ua

ТОВ “Фенікс Контакт”

м.Київ, пров.Охтирський, 7, корп. 3. оф.203
ua-office@phoenixcontact.com
+380 44 594 55 22





Рис. 3. У великогабаритному зовнішньому корпусі OCS більше місця для електроніки

системи пристроїв. Крім того, вони можуть використовуватися по всьому світу завдяки міжнародним сертифікатам і схвалені для різних електронних систем. Ці сертифікати містять, наприклад, стандарт UL 508 A для промислових шаф керування та EN 62208:2011, а також декларацію про відповідність Директиві щодо низьковольтного обладнання СЕ.

УФ-стабілізований полікарбонат, що підходить для зовнішнього використання, підвищує довговічність електроніки всередині. Корпуси серії OCS доступні в шести розмірах і мають достатньо місця всередині. Наразі корпуси доступні в сірому кольорі із закритою або прозорою кришкою. Водовідштовхувальний поліуретановий ущільнювач інтегрований у кожну кришку, щоб захистити корпус від потрапляння води. Таким чином, корпуси забезпечують захист від води за стандартами IP66/IP68/IP69/IP69K і NEMA 4X, 12, 13, 6P. Крім того, можна встановити мембрану для компенсації тиску.

Друковані плати можуть бути встановлені на декількох рівнях. Приладдя, яке дозволяє це зробити, легко інтегруються.

Для захисту електроніки корпуси можна легко закрити для швидкого монтажу. Для додаткового захисту від несанкціонованого доступу можна встановити кришки, що пломбуються і замикаються. Завдяки товщині панелі корпусу 4 мм, серія OCS особливо стійка до високих механічних навантажень. Відповідно до DIN EN 50102, корпуси мають високий ступінь ударостійкості IK10.

Для гнучкого використання з надійним кріпленням доступні різні системи кріплення. Корпуси OCS можуть бути встановлені на панелі або щоглі за допомогою відповідного приладдя.

Як і у випадку з серією корпусів ECS, корпуси OCS також можна налаштувати на замовлення і доповнити додатковим приладдям. Зокрема, доступні опції візуалізації на передній панелі з дисплеями, клавіатурами та світловими показниками. Таким чином, вони гарантують, що мобільні та незалежні від місця розташування системи обладнання можуть постійно надійно працювати в несприятливих умовах. Корпуси OCS ідеально підходять для систем сигналізації, а також для метеостанцій у складних умовах експлуатації (рис. 3).

ВІД ПОРОЖНІХ КОРПУСІВ ДО АВТОНОМНИХ СИСТЕМ — СЕРІЯ POS ДЛЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ СИСТЕМ

Серія POS використовується як розширення серії корпусів OCS і підходить для енергонеzáлeжних систем в рамках децентралізації. Це дозволяє надійно експлуатувати вимірювальну техніку навіть у важкодоступних місцях. Автономна система Pico — це рішення на основі фотоелектричних панелей для простого створення енергонеzáлeжних систем. Вона доступна в декількох класах продуктивності до 190 Вт пікової потужності. Рішення містить стійкий корпус, кронштейн для кріплення на стовпі та сонячну панель. Різні модулі, такі як блоки зв'язку та акумулятори, можуть бути додані для створення автономного рішення для використання на відкритій місцевості.

Систему можна використовувати в широкому діапазоні температур від -40 до +85 °C. Конфігурація рішення здійснюється за три етапи. Спочатку обирається панель відповідно до необхідного класу продуктивності. Сонячні панелі складаються зі 36 чи 45 високопродуктивних сонячних елементів на основі монокристалічної технології. На другому етапі визначається відповідний розмір і версія корпусу. Тут користувачі можуть вибрати один з п'яти типорозмірів корпусу OCS з готовим до підключення кабелем, сумісним з системою. На третьому етапі додається кронштейн для стійки. Він містить кронштейни для кріплення POS-панелі, а також базовий кронштейн для кріплення корпусу. Додаткові кронштейни можна використовувати для монтажу на різних щоглах діаметром від 48 до 180 мм. Крім того, уніфіковані гвинти та гайки M8 дозволяють легко монтувати панель за допомогою лише одного інструменту. Інноваційний кронштейн для



Рис. 4. Серія корпусів POS

щогли дозволяє встановлювати фотоелектричні панелі під кутом від 30 до 80° до горизонталі, щоб забезпечити максимальну генерацію електроенергії.

Однією з головних переваг цієї системи є те, що її можна встановити всього за 20 хвилин за допомогою простого монтажу однією людиною за допомогою одного інструменту. Крім того, різні розміри корпусів можна комбінувати за допомогою однієї рами кронштейна. Завдяки сертифікованій на міжнародному рівні системі корпусів, різні комплексні системи можуть бути встановлені в різних умовах експлуатації та в різних місцях.

А завдяки розширенню системи корпусів OCS до POS-системи можна реєструвати виміряні значення в суворих і важкодоступних умовах і забезпечувати надійний збір даних (рис. 4).

ПІДСУМОК

Незалежно від того, чи контролюєте ви якість повітря в місті, якість ґрунту і посуху в сільській місцевості, чи реєструєте рівень води в зонах повеней, підійдуть як корпуси ECS і OCS, так і розширення системи до POS. Завдяки своїм міцним і стійким до погодних умов властивостям, таким як хороша стійкість до ультрафіолетового випромінювання, високий ступінь захисту IP, висока ударостійкість і багато інших переваг, серія корпусів оптимізована для використання просто неба. Датчики легко встановлюються і можуть працювати автономно та надійно. Це дозволяє передавати дані вимірювань в режимі реального часу і завчасно попереджати про екстремальні погодні умови.

Більш детальна інформація за посиланням:

<https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/produkcija/electronicshousings/field-housings>

СН

Вимірювання пікової напруги модулів IGBT і вимоги до демпферного конденсатора

Переклад та редагування: Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с.,
Інститут електродинаміки (ІЕД) НАН України

Дана стаття є керівництвом із застосування модулів IGBT та містить інформацію про те, як вибрати та перевірити демпферні конденсатори для модулів IGBT у системах великої потужності та як перевірити ефективність їхньої роботи. Ця інформація допоможе запобігти виходу з ладу модуля IGBT та/або демпферного конденсатора від електричного або теплового перевантаження. Інформація, наведена в цьому керівництві, містить також поради щодо того, які параметри демпферного конденсатора слід враховувати та як виконати необхідні вимірювання.

- можливість нормальної роботи в умовах дії імпульсної напруги;
- діючі значення напруги на конденсаторі та струму через нього;
- термін служби.

ПАРАМЕТРИ КОНДЕНСАТОРА

Клас по напрузі постійного струму

Для досягнення очікуваного терміну служби максимальна напруга постійного струму, прикладена до силового модуля, не повинна перевищувати номінальну напругу постійного струму, наведену в технічному паспорті на модуль. Силкові модулі з напругою запирання 1 200 В використовуються у колах постійного струму з напругою до 900 В. Для цих застосувань рекомендуються конденсатори з номінальною напругою 1 000 В. Для модулів на 1700 В залежно від напруги у колах постійного струму рекомендуються конденсатори на напругу 1 250 або 1 600 В.

Максимальне значення прикладеної до конденсатора напруги також має бути в межах допустимих норм, інакше пластикова плівка-ізолятор всередині конденсатора може бути пошкоджена. Допустима амплітуда напруги наведена в технічних характеристиках або потребує додаткового запиту. Враховуйте також, що прикладена напруга постійного струму повинна бути зменшеною, коли конденсатор працює при температурах, вищих за номінальну.

Ємність конденсатора та індуктивність його виводів

Значення ємності має бути достатньо високим, щоб досягти достатнього зменшення стрибків напруги під час вимкнення модуля. Типові значення для цих конденсаторів складають від 0.1

ВСТУП

Якщо великі струми комутувати дуже швидко, то виникають перенапруги, які можуть зруйнувати силовий напівпровідниковий ключ. Ці перенапруги спричинені енергією, накопиченою в магнітному полі навколо провідника зі струмом (наприклад, у колах постійного струму). Амплітуда перенапруги залежить від паразитної індуктивності або індуктивності виводів L_s ($E = 0.5 \cdot L_s \cdot i^2$). Перенапруга ($V = L_s \cdot di/dt$) може перевищувати максимально допустиме значення напруги для силового модуля (V_{CES} , V_{RRM} ...), оскільки вона додається до напруги постійного струму. Першим контрзаходом є забезпечення низької індуктивності монтажу для схеми постійного струму, щоб уникнути перенапруг на силовому модулі. Це досягається використанням ламінованої системи шин («сандвіч» із металевих шин +DC, -DC

та ізоляційного шару між ними), і застосуванням якомога коротших з'єднань між джерелом напруги (конденсатором у схемі постійного струму) та силовим модулем. Крім того, рекомендується додати у схему демпферні конденсатори, які слід монтувати безпосередньо на клеммах підключення напруги постійного струму у кожному модулі IGBT. Цей демпфер працює як фільтр низьких частот і «бере на себе» імпульсне перевищення напруги. На рисунку 1 показані типові конструкції демпферних конденсаторів.

На рисунку 2 показані осцилограми напруги на IGBT під час вимкнення з демпферним конденсатором і без нього. З розгляду рисунку 2 можна чітко побачити ефект зменшення сплесків напруги.

На рисунку 3 показана еквівалентна схема з паразитними індуктивностями.

Щоб вирішити, чи потрібен демпферний конденсатор, слід перевірити амплітуду напруги колектор-емітер (V_{CEpeak}) модуля IGBT для найважчих умов експлуатації, щоб переконатися, що V_{CES} не буде перевищено за будь-яких робочих умов. У разі необхідності, вибираючи для застосування демпферний конденсатор, слід враховувати кілька аспектів:

- клас напруги постійного струму для конденсатора;
- значення ємності конденсатора та індуктивності його виводів;



Рис. 1. Демпферні конденсатори з низькою індуктивністю для монтажу на модулях IGBT

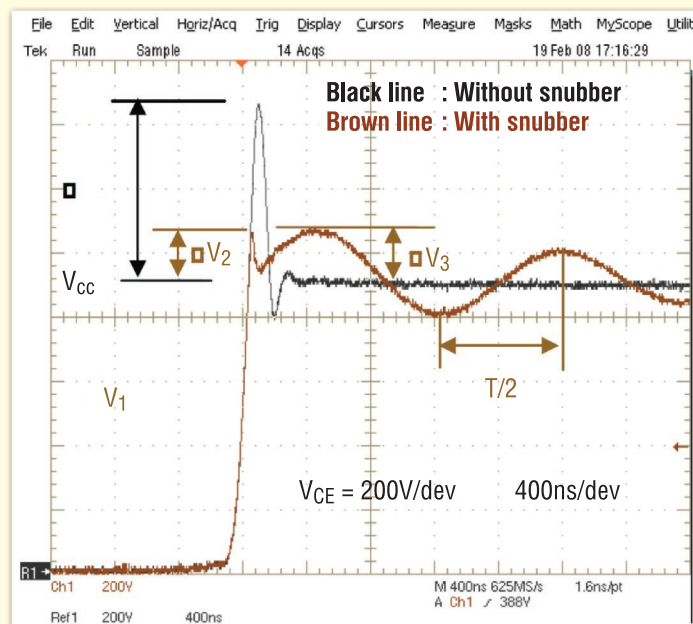


Рис. 2. Типова форма напруги VCE модуля IGBT під час вимкнення (чорна лінія — без демпферного конденсатора; коричнева лінія — з демпферним конденсатором)

$$\Delta V_1 = \Sigma L \cdot di_c / dt$$

$$\Delta V_2 = (L_C + L_E + L_{Snubber}) \cdot di_c / dt$$

$$\Delta V_3 = \sqrt{\frac{L_{DC-Link} \cdot i_c^2}{C_{Snubber}}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{DC-Link} \cdot C_{Snubber}}}$$

$$\Sigma L = L_C + L_E + L_{DC+} + L_{DC-} + L_{ESR}$$

$$L_{DC-Link} = L_{DC+} + L_{DC-} + L_{ESR}$$

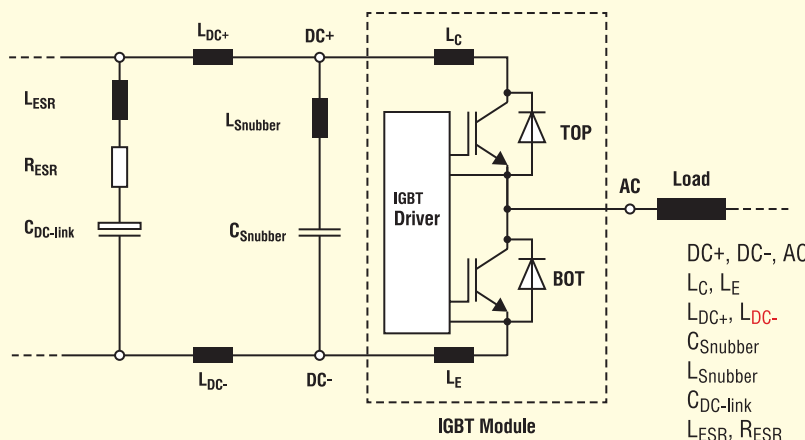


Рис. 3. Еквівалентна схема для модуля IGBT, підключеного до схеми електроживлення постійного струму та демпферного конденсатора

до 1.0 мкФ. Але для зменшення стрибків напруги важливе не тільки значення ємності. Також важливо, щоб внутрішня конструкція конденсатора мала низьку індуктивність. Залишкова індуктивність, яка спричинена петлею між клемми та внутрішніми з'єднаннями конденсаторів, визначає перший стрибок напруги V_2 , показаний на рисунку 2. Велика ємність конденсатора не є гарантією незначного стрибка напруги, якщо результуюча індуктивність виводів конденсатора залишається достатньо великою.

Низька власна індуктивність може бути досягнута за допомогою конденсаторів із широкими плоскими виводами, які можна пригвинчувати безпосередньо до контактів IGBT модуля. Конденсатор

має бути сконструйований так, щоб клемми охоплювали якомога меншу площу і щоб вони були безпосередньо підключені до внутрішньої частини конденсатора без додаткових проводів між ними (рис. 1).

Правильний вибір демпферного конденсатора повинен визначатися результатами вимірювань. Крім того, конденсатори з металізованою поліпропіленовою фольгою слід використовувати з пластиковим корпусом відповідно до стандарту UL94V-0.

Робота в імпульсному режимі

Внутрішні з'єднання конденсатора здатні витримувати лише обмежену кількість енергії при кожному перемиканні

модуля. У паспорті даних виробника вказані обмеження для імпульсної роботи як значення i^2t або v^2t . Ці значення можна розрахувати, маючи осцилограму струму через конденсатор або напруги на виводах конденсатора. Такий розрахунок можна легко провести за допомогою сучасних цифрових осцилографів.

Відмова конденсатора може виникнути через імпульси струму великої амплітуди, навіть якщо робоча напруга нижча за паспортну. У цій ситуації критичним фактором є енергія, яка виділяється всередині конденсатора, і зазвичай вона спричиняє розрив між напилим металом та металізованою плівкою всередині конденсатора. Через дуже високу виділену енергію ме-

талізація плівки буде випаровуватися в зоні з'єднання з металевим спреєм. Це призведе до збільшення втрат у конденсаторі або навіть до втрати його ємності. Максимальні значення dv/dt менш критичні через те, що напруга на конденсаторі має форму загасаючої синусоїди.

Діючі значення напруги на конденсаторі та струму через нього

Згасаючі коливання виникають при кожному перемиканні (увімкнення або вимкнення = подвоєна частота перемикання IGBT) між демпферним конденсатором і ємністю шини електроживлення. Максимальне значення напруги V_d для незагасаючих коливань і її частоту можна розрахувати за формулою на рисунку 2. Спричинений напругою струм призводить до саморозігрівання конденсатора. Нагрів стабілізується при певній температурі, яка також залежить від температури навколишнього середовища та умов монтажу (наприклад, температури контактів силового модуля). У специфікаціях на силовий модуль наведені значення допустимих діючих значень струму та напруги залежно від частоти. Частота коливань залежить від паразитної індуктивності кола постійного струму та ємності демпферного конденсатора. Типові значення знаходяться в діапазоні від 100 кГц до 1 МГц. Допустиме діюче значення струму зменшується зі збільшенням частоти, оскільки збільшуються втрати. Перегляньте розділ «Вимірювання діючого значення струму конденсатора», який містить поради щодо практичного вимірювання струму через конденсатор.

Термін служби

На термін служби конденсатора та частоту його відмов головним чином впливають робоча температура та робоча напруга на конденсаторі. Критерії відмови також можуть змінюватись залежно від конкретного постачальника. Перевірте специфікацію та керівництво із застосування щодо терміну служби силового модуля та дані про частоту його відмов.

Самовідновлення

Найважливішою характеристикою надійності плівкових конденсаторів є їх властивість самовідновлення, тобто автоматичного усунення дефекту в діелектрику. Після цього конденсатор можна використовувати без будь-яких обмежень. Цей дефект виникає, коли

напруженість поля локально перевищується в слабкій точці фольги аж до діелектричного пробою.

ВИМІРЮВАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА

Перенапруги на модулях IGBT (V_{CEpeak})

Ні в якому разі не можна перевищувати максимальне значення V_{CES} . Тому потрібно провести вимірювання, щоб визначити максимальне значення V_{CE} (також позначається як V_{CEpeak}), яке може виникнути під час роботи силового модуля. Вимірювання мають засвідчити, що сам силовий модуль, плата драйвера (резистори затвора), схема постійного струму та демпферний конденсатор працюють без перевищення напруги V_{CEpeak} . Пропонується дослідити наступні чотири умови роботи модуля:

- Максимальну амплітуду робочого струму.
- Перевищення струму (OCP) і коротке замикання (K3).

Примітка: під час роботи модуля можуть виникати різні K3, наприклад на навантаженні, на кабелях до навантаження або всередині обладнання поблизу модуля IGBT. Типові значення індуктивності K3: $L > 10$ мкГн для K3 у навантаженні та $L < 1$ мкГн для K3 в інших точках схеми. Причиною може бути надто короткий кабель або надто жорстке з'єднання. Випробування слід починати від більших індуктивностей до найменших. Найбільше перевищення напруги зазвичай відбувається, коли IGBT вмикається безпосередньо перед виходом зі стану насичення. Це має місце при малих індуктивностях короткого замикання, коли схема керування вмикає IGBT після виявлення нею перевантаження по струму безпосередньо перед тим, як відбувається вихід модуля зі стану насичення. Випробування слід проводити при низькій і високій температурі p-n-переходу IGBT.

- K3 у одній стійці моста (не застосовується для модулів SKiP і драйверів з функцією блокування). Примітка: верхній і нижній IGBT вмикаються одночасно. У цьому випадку відбувається вихід модуля зі стану насичення; це має бути виявленим та усунути драйвером впродовж часу, зазначеного у специфікації на IGBT. Можна досліджувати різні випадки:
 - верхній і нижній IGBT вмикаються одночасно;

- верхній IGBT вже включений і проводить струм, коли нижній IGBT вмикається (і навпаки);
- Діод вимкнений.

Примітка: під час вимкнення діода можуть виникнути стрибки напруги, що може призвести до високої напруги запирання на діоді та паралельно підключеному IGBT. Найгірший випадок буває здебільшого при малому струмі ($< 10\% \cdot I_C$) та високій температурі. Напругу слід вимірювати на діоді, який вмикається, або на паралельно підключеному IGBT. Іноді демпферний конденсатор більш необхідний для вимкнення діода, ніж для вимикання IGBT. Занадто швидке перемикання діодів також може спричинити сплески напруги, якщо IGBT ще не повністю увійшов у стан насичення.

Напругу запирання слід вимірювати якомога ближче до чипа IGBT. Для модулів SKiP найближчі точки — це силові клеми модуля. Для окремих модулів живлення, таких як SEMiX та SEMITRANS додаткові контакти емітера електрично розташовані ближче до чипа. Щоб одержати реальну напругу запирання безпосередньо на чипі IGBT, до вимірювання паразитних індуктивностей внутрішнього модуля між точкою вимірювання та чипом IGBT. Практичний підхід для більшості застосувань полягає у виконанні так званого «тесту подвійного імпульсу» (рис. 4). Задаючи різні значення індуктивності навантаження та тривалості імпульсу, можна регулювати ступінь навантаження від низького до перевантаження. Для перевірки стану K3 слід використовувати одноімпульсний тест з обмеженою тривалістю імпульсу. У цих тестах драйвер отримує вхідний сигнал від генератора імпульсів, а не від плати керування.

Процедура вимірювання:

- Ланка постійного струму живиться від ізолизованого джерела постійної напруги, вихідний струм якого обмежений. Зазвичай струм складає кілька сот мА. Тому встановіть напругу постійного струму на найвище можливе значення. Зазвичай це поріг спрацювання захисту від перенапруги.
- Режим K3 реалізується за допомогою перемикачів з товстого кабелю від позитивного полюса постійного струму до виводу змінного струму (для вимірювання на нижньому IGBT, рис. 5)), або від негативного полюса постійного струму до виводу змінного струму (для вимірювання на верхньому IGBT, рис. 6). Ін-

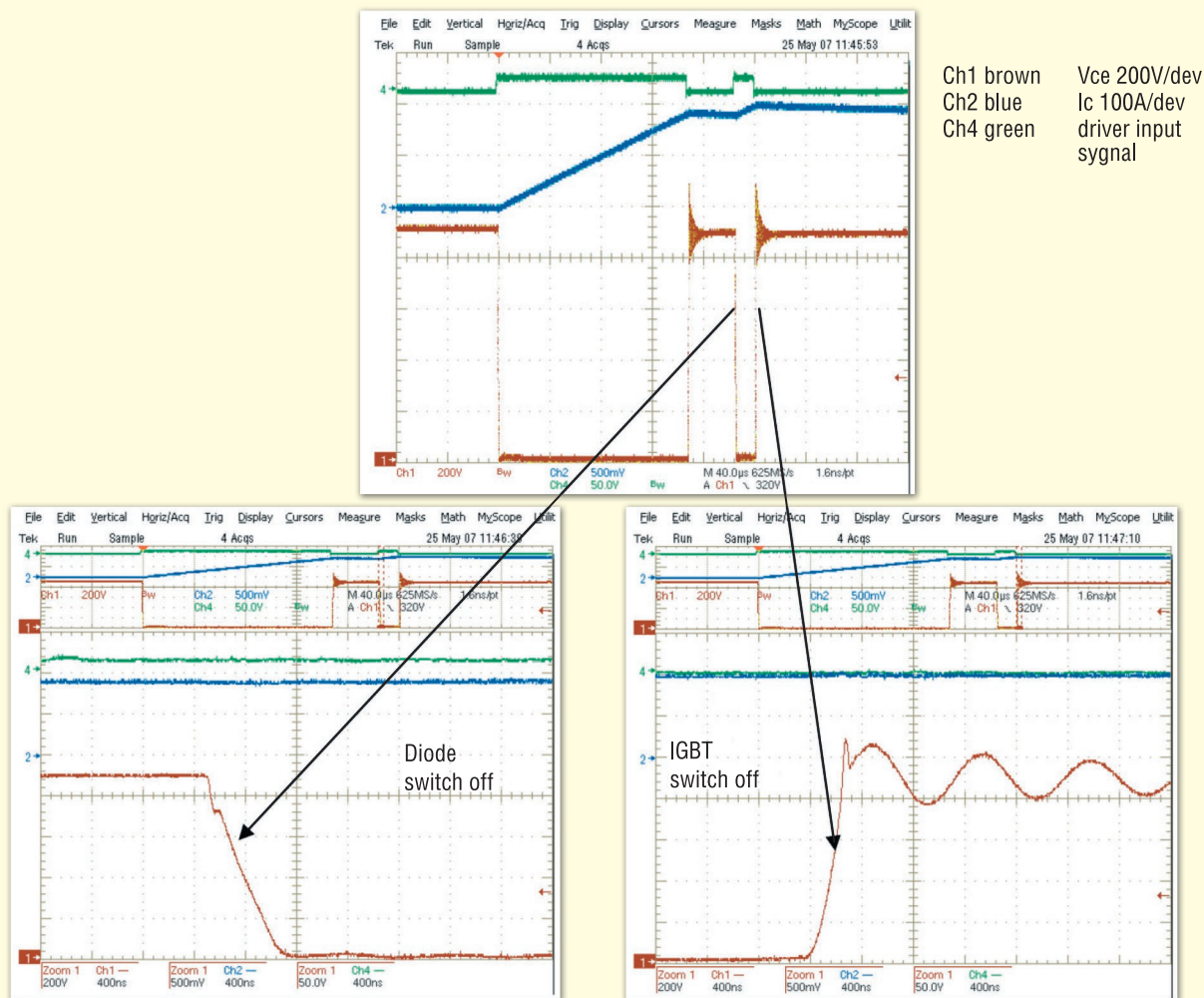


Рис. 4. Типові осцилограми подвійного імпульсу

дуктивність визначається довжиною дроту; 1 μH відповідає приблизно 1 м довжини. Коротке замикання також може бути відтворене перемичкою з дроту між двома контактами змінного струму на двох різних стійках інверторного мосту. Один IGBT (наприклад, верхній у фазі L1) має бути постійно увімкненим, поки імпульс подається на інший IGBT (наприклад, нижній у фазі L2).

- На вхід драйвера підключають генератор імпульсів з регульованою тривалістю імпульсу. Генератор імпульсів може бути налаштований на одиничний або подвійний імпульс.
- Якщо захист від перевантаження по струму (*Over Current Protection, OCP*) виконує плата керування, а не драйвер, тоді слід контролювати сигнал помилки OCP з плати керування, щоб знайти точку, коли вхідний сигнал буде вимкнено. Для модулів SKiiP це не потрібно, оскільки режим OCP реалізовано на платі драйвера.

- Почніть з найбільшої індуктивності. Працюйте в режимі одиничного імпульсу і збільшуйте тривалість

імпульсу, поки не спрацює OCP. Виміряйте максимальне значення напруги V_{CE} .

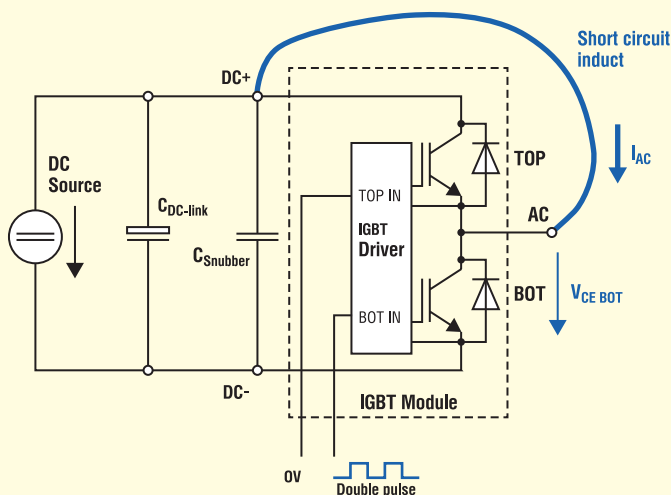


Рис. 5. Вимірювання напруги $V_{CE\text{peak}}$ на нижньому IGBT; верхній ключ закорочений кабелем або дроселем; подвійний імпульс подають на нижній IGBT

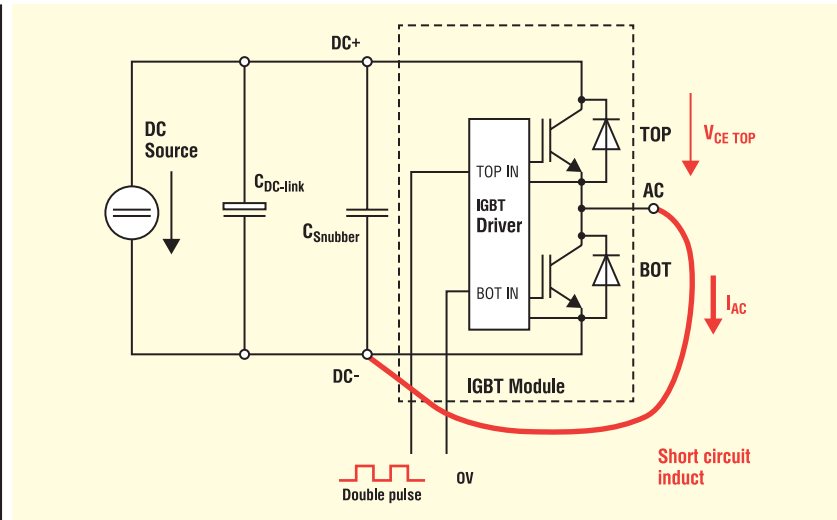


Рис. 6. Вимірювання напруги V_{CEpeak} на верхньому IGBT; нижній ключ закорочений кабелем або дроселем; подвійний імпульс, подають на верхній IGBT

- Зменште індуктивність і повторюйте перевірку до найнижчої індуктивності короткого замикання, зазначеної для застосування. Знайдіть максимальне значення напруги V_{CEpeak} .
- Реалізуйте режим КЗ на одній стійці мосту, якщо у драйвера немає функції блокування.
- Застосуйте режим подвійного імпульсу для дослідження процесу вмикання IGBT і вимикання діода. Діод (наприклад нижній) вимикається, коли вмикається комплементарний IGBT (наприклад верхній), в той час, як через діод протікає струм. Це відбувається тоді, коли подається другий імпульс.
- Проведіть вимірювання на кожному модулі IGBT. Найвищі значення будуть спостерігатися на модулі, який

розташований на максимальній відстані від конденсаторів ланки постійного струму.

- Виконайте тест при низьких і високих температурах. Високу температуру можна досягти шляхом нагрівання радіатора, наприклад за допомогою нагрітої плити. Температура $p-n$ -переходу приблизно дорівнює температурі радіатора, оскільки підвищення температури внаслідок одноразового перемикання є незначним.

Заземлення та з'єднання з пробником напруги:

- Заземлення осцилографа необхідне для електробезпеки та проведення точних вимірювань. Тому джерело живлення постійного струму має бути

ізованим, щоб запобігти виникненню короткого замикання.

- Заземлення осцилографа диктує необхідність використовувати диференціальні (ізовані) пробники напруги. Смуга пропускання, а також загасання синфазного сигналу (CMR) у пробнику напруги мають бути достатніми. Для вимірів у колах з IGBT зазвичай достатньо смуги пропускання 100 МГц.
- Напругу синфазної завади на сигналах під час проведення вимірів також можна зменшити шляхом розміщення відповідних феритів на пробниках і на кабелі живлення осцилографа.

Вимірювання діючого значення струму через конденсатор

Після вимкнення IGBT і діода в конденсаторі протікає змінний струм. При вимиканні IGBT струм від шини електроживлення комутується в демпферний конденсатор. Це призводить до позитивного сплеску струму в момент перемикавання. Сплеск супроводжується коливаннями між демпферним конденсатором і конденсатором схеми постійного струму (рис. 7).

При відключенні діода з демпферного конденсатора буде «висмоктуватися» зворотний струм відновлення. Це призводить до негативного сплеску струму в момент перемикавання. Подібно до вимкнення IGBT, за сплеском слідують загасаючі коливання, амплітуда яких може бути навіть вищою, ніж при вимкненні IGBT (рис. 8).

Частота загасаючих коливань в обох випадках визначається паразитною індуктивністю шини електрожив-

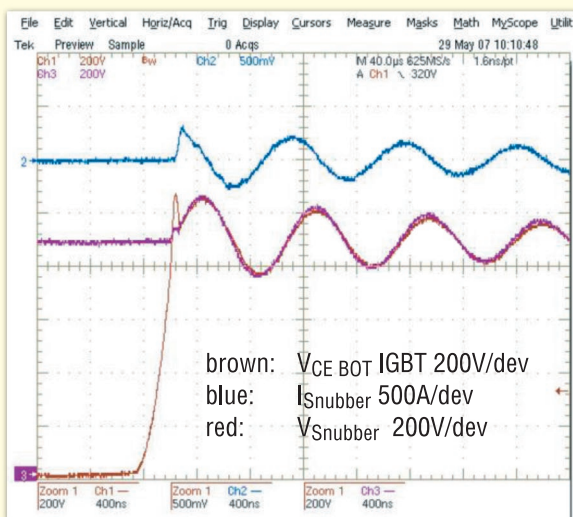


Рис. 7. Вимикання IGBT

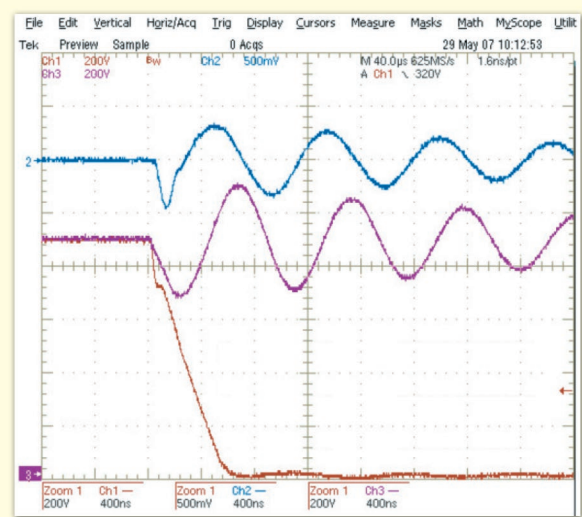


Рис. 8. Вимикання діода

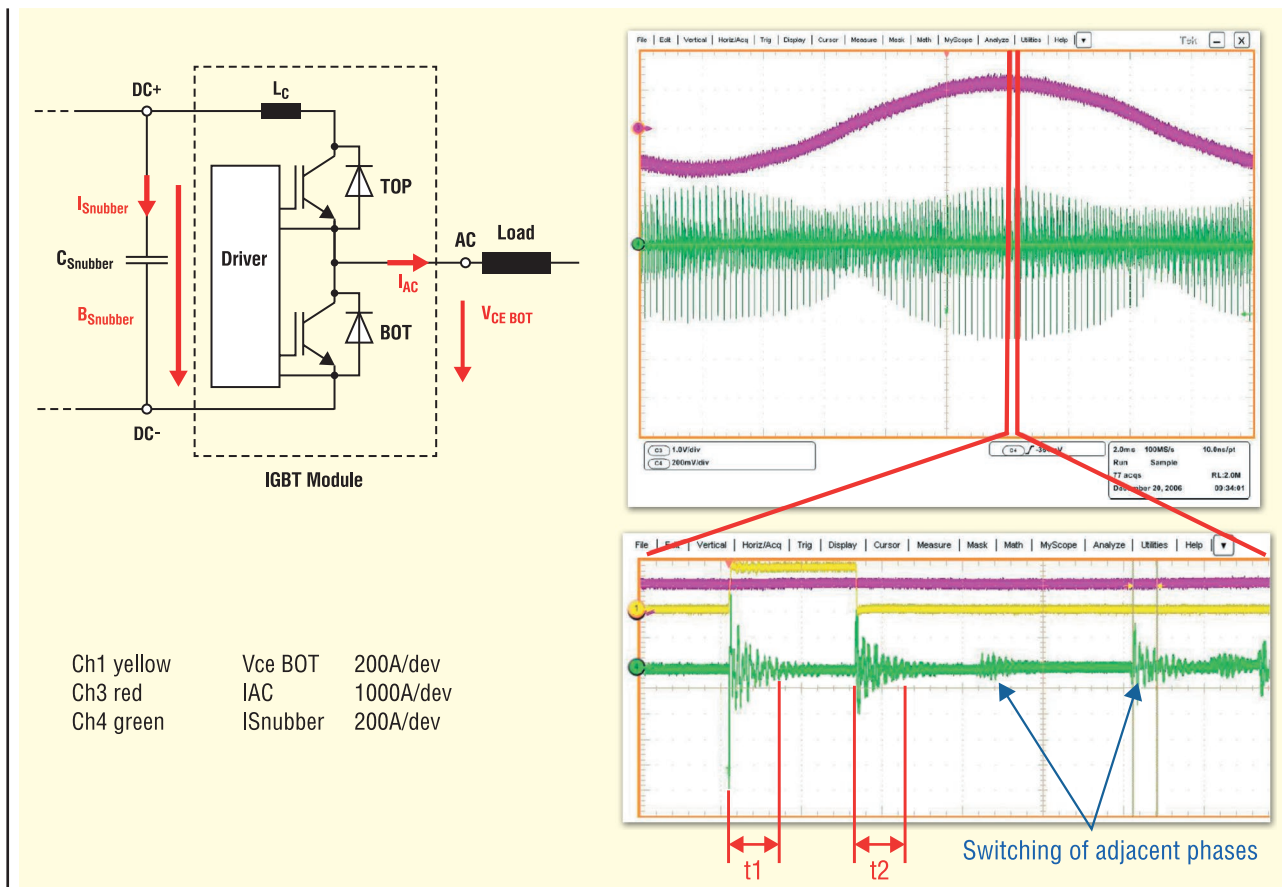


Рис. 9. Вимірювання струму через конденсатор демфера

лення та ємністю демперного конденсатора. Як правило, ця частота знаходиться в діапазоні від 100 кГц до декількох МГц.

$$f_{osc} = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{DC-Link} \cdot C_{snubber}}}$$

Коливання призводить до втрат в конденсаторі та, як наслідок, до саморозігрівання. У технічному паспорті виробника конденсатора вказано допустиме навантаження конденсатора як діюче значення напруги або струму. Тому необхідно провести відповідні вимірювання та розрахунки, щоб переконатися, що конденсатор не перевантажений.

Процедура вимірювання

Хороші результати дає вимірювання струму, яке виконується, наприклад, за допомогою датчика Роговського, розміщеного навколо одного з виводів конденсатора. Вимірювання напруги змінного струму може бути менш точним через її низьке значення порівняно з вищою напругою постійного струму.

Діюче значення часто неможливо обчислити безпосередньо за допомо-

гою функції «вимірювання діючого значення» у сучасному цифровому осцилографі впродовж усього періоду вихідної частоти інвертора. Давачі вносять занадто велику похибку порівняно з низькими загальними діючими значеннями, що негативно впливає на точність результатів вимірів.

Практичне вирішення полягає у вимірюванні діючого значення в межах часу коливань при вимкненні нижнього діода ($t1$) і верхнього IGBT ($t2$) (рис. 9). Ці дві частини встановлюються відповідно до періоду перемикання ($T=1/f_{sw}$), щоб обчислити на основі цього загальне діюче значення для всього періоду перемикання. Це потрібно зробити для всієї синусоїдальної форми напруги перетворювача частоти. Для найгіршого випадку це можна зробити один раз при максимальних значеннях струмів $I_{RMS}(t1)$ і $I_{RMS}(t2)$.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_{RMS}^2(t1) \cdot \frac{t1}{T} + I_{RMS}^2(t2) \cdot \frac{t2}{T}}$$

де $I_{RMS}(t1)$ — діюче значення струму в межах періоду $t1$; $I_{RMS}(t2)$ — діюче значення струму в межах періоду $t2$; T — період тактової частоти конвертера.

Вимірювання слід проводити при максимальній робочій температурі, тому що відповідна найвища температура діодного p-n переходу спричиняє найбільший зворотний струм відновлення діода. Максимальні термічні робочі умови — це значення вихідного струму, частоти перемикань, температури навколишнього середовища та радіатора, які спричиняють найвищу температуру перетворювача. Короткочасні перевантаження у другому діапазоні зазвичай є незначними. Слід враховувати, що допустимі діючі напруга і струм залежать від частоти коливань. Це вказано в технічному паспорті конденсатора.

На демперний конденсатор також діють напруги від сусідніх модулів IGBT з інших фаз у тій самій ланці постійного струму. Однак цей вплив набагато нижчий через імпеданс шини електроживлення інших модулів IGBT.

Температура та саморозігрів модуля під час роботи

Постачальники конденсаторів обмежують допустиму температуру конденсатора під час експлуатації. При перевищенні цієї температури конденсатор може відразу вийти з ладу. Також

існують обмеження на температуру саморозігріву, яка додатково навантажує конденсатор. Для критичних застосувань слід перевіряти, щоб температура конденсатора не була перевищена в умовах його експлуатації за максимальної температури.

Конденсатор нагрівається за наявності таких факторів:

- змінний струм, який нагріває пристрій через внутрішні втрати ($\tan \delta / \text{ESR}$);
- висока температура навколишнього середовища;
- нагрівання розігрітими шинами електроживлення.

Робоча температура визначається температурою навколишнього середовища плюс різниця температур від ефекту саморозігріву.

$$T_{\text{operation}} = T_a + dT_{\text{self-heating}}$$

Температура навколишнього середовища T_a — це температура конденсатора, коли він не працює, але встановлений на місці експлуатації. Цю температуру можна виміряти на непідключеному конденсаторі. Згадана температура може бути вищою за температуру в приміщенні через додатковий обігрів за рахунок підключених до конденсатора гарячих шин.

Робочу температуру можна виміряти термодатчиками, розміщеними всередині конденсатора поблизу гарячої точки, але для цього потрібні спеціальним чином підготовлені конденсатори. Вимірювання тільки температури корпусу конденсатора достатньо, коли відомий тепловий опір від гарячої точки до корпусу (R_{th}).

$$T_{\text{operation}} = T_{\text{body}} + R_{th} \cdot I^2 \cdot R_{\text{ESR}}$$

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,
www.semismart.com.ua**

Література:

1. www.semikron-danfoss.com
2. A. Wintrich, U. Nicolai, W. Tursky, T. Reimann, «Application Manual Power Semiconductors», 2nd edition, ISLE Verlag 2015, ISBN 978-3-938843-83-3.

CN

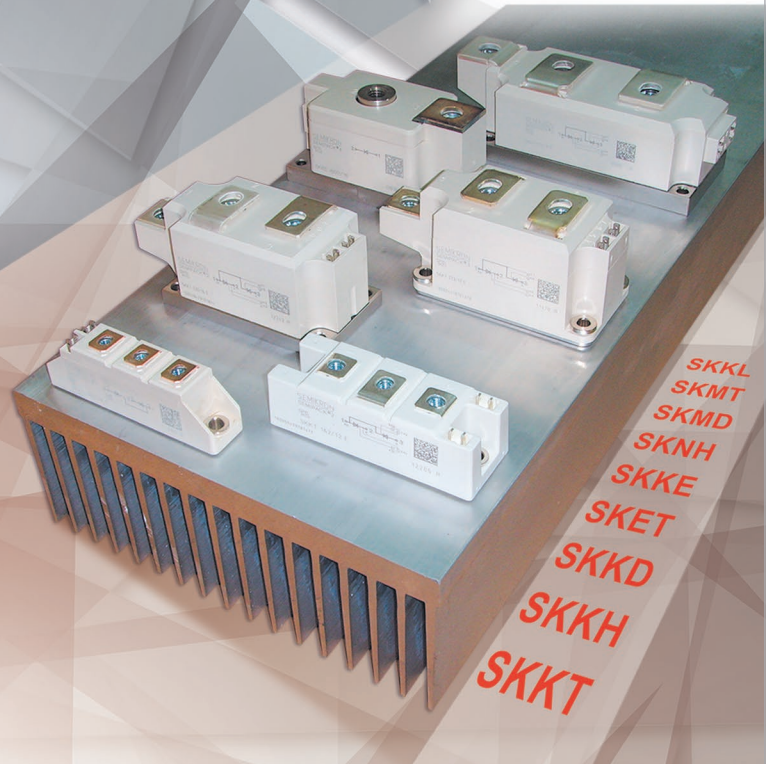
НВП "ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД"

Офіційний представник Semikron Danfoss в Україні

www.tsdrive.com.ua



**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, semikron@ukr.net
www.tsdrive.com.ua, www.semismart.com.ua

Під «дахом» зворотного ходу: дизайн імпульсних джерел живлення

Частина 1

Ян Пікард (JeanPicard)

У статті представлено огляд базових топологій імпульсних зворотноходових джерел живлення. Зроблено акцент на не найочевидніші проблеми проектування, такі як вплив паразитних елементів, захист від перевантажень і придушення EMI. Представлено результати розрахунків і моделювання, дано їх порівняння з результатами фізичних вимірювань. Основною підтемою статті є опис роботи та характеристики зворотноходового трансформатора з урахуванням індуктивності розсіювання, перехресного регулювання, паразитної ємності та інших параметрів, що визначають його продуктивність.

ВСТУП

Завдяки простоті схеми та конструкції, а також низькій вартості зворотноходовий конвертор (*flyback converter*) є, імовірно, найпопулярнішим типом джерела живлення для малопотужних застосувань. Його трансформатор об'єднує функції ізолювального елемента й вихідного індуктора, водночас він дає змогу формувати кілька вихідних напруг. Однак для багатьох розробників зворотноходової топології стає синонімом невисокої продуктивності, низької ефективності та поганого перехресного регулювання. Щоб використовувати всі можливості топології Flyback, необхідно добре розуміти її багато не найочевидніших особливостей.

У цьому розділі розглядаються основи зворотноходової схеми, а також обговорюються такі теми:

- Flyback-трансформатор і його вплив на характеристики джерела живлення — індуктивність розсіювання, перехресне регулювання, паразитні ємності, а також конструкція обмоток, оскільки вона, своєю чергою, впливає на перехресне регулювання, поведінку під час короткого замикання та ефективність.

- Обмеження струму у зворотноходових джерелах живлення — вплив паразитних елементів та їхніх зв'язків.
- Електромагнітні завади — мінімізація EMI у зворотноходових схемах і вплив прямих зв'язків.
- Снаббери та схеми фіксації — RCD-снаббери, «нерозсіювальні» снабберні ланцюги, снаббери у вторинних каскадах.

Для аналізу більшості з цих ефектів використовуються математичні моделі. Результати випробувань наведено для 48-V DC/DC-конвертора в 5 В зі зворотноходовим контролером TPS23754, який працює на частоті 250 кГц і здатний живити навантаження потужністю до 25 Вт.

ОСНОВИ ЗВОРотноХОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, ДИЗАЙН ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

Передача енергії

На початку робочого циклу, коли вхідний силовий ключ відкритий, зворотноходовий конвертор запасав енергію від джерела в трансформаторі. Потім ключ закривається, полярність напруги

на трансформаторі змінюється на протилежну, вихідний діод (діоди) зміщується в прямому напрямі, внаслідок чого енергія надходить на вихід (виходи) джерела.

У конверторі Flyback вихідний сигнал може бути позитивним або негативним, що визначається способом підключення трансформатора. Існує два режими передачі енергії:

1. Режим безперервної провідності (CCM), коли частина енергії, накопиченої у зворотноходовому трансформаторі, залишається в ньому на початку наступного періоду відкривання ключа (ON).
2. Режим переривчастої провідності (DCM), коли вся енергія, накопичена в трансформаторі, передається в навантаження під час закривання ключа (OFF). Існує і третій, «критичний» режим провідності (CRM, Critical conduction mode), також званий перехідним (TM, Transition mode). Він знаходиться на межі між DCM і CCM і виникає, коли накопичена енергія досягає нуля наприкінці циклу комутації.

На рисунках 1 і 2 проілюстровано роботу конвертора в режимах CCM, DCM і TM, а на рисунку 3 показано напрямки струму в різних періодах CCM і DCM. У стані DCM, коли відкривається MOSFET, первинний струм зростає з нуля до максимального значення, яке може більш ніж удвічі перевищувати піковий струм протягом періоду CCM. Під час вимкнення транзистора «ампер-витки» трансформуються на вторинну обмотку, вторинний струм зменшується до нуля і залишається таким до початку наступного робочого циклу.

Зворотноходовий трансформатор, призначений для режиму DCM, вимагає меншої індуктивності, ніж для CCM, оскільки пульсації струму (ΔI_L) при цьому набага-

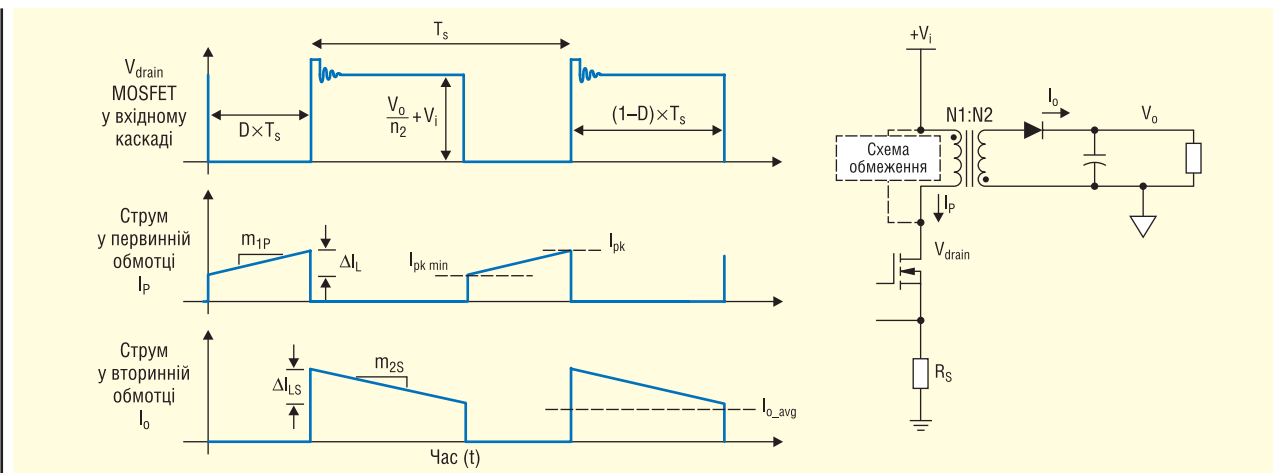


Рис. 1. Режим CCM

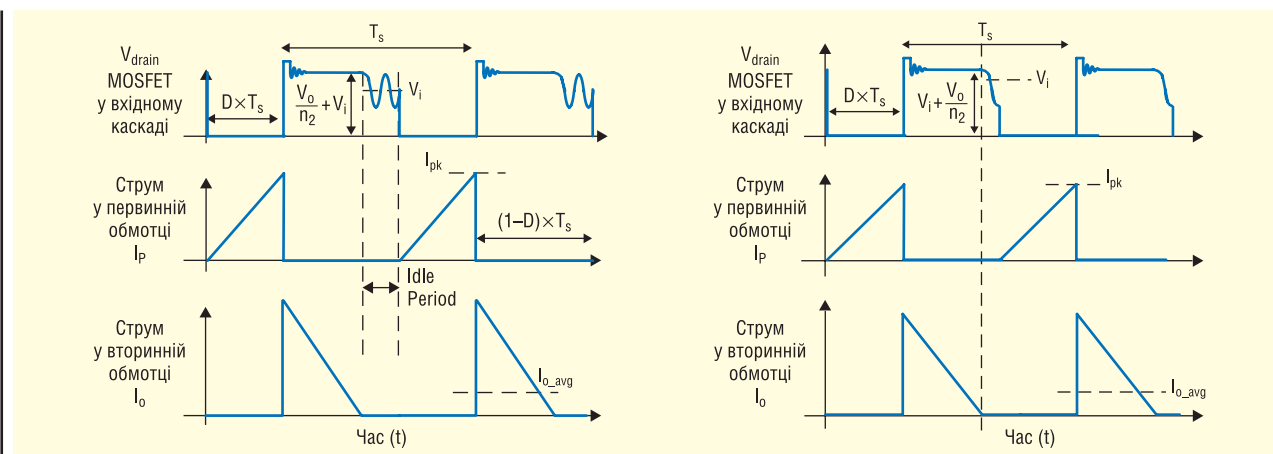


Рис. 2. Режим: DCM (а); ТМ (б)

то вищі. У низці застосувань менша індуктивність означає і фізично менший розмір трансформатора, але це справедливо за умови, що ККД і теплові характеристики пристрою залишаються прийнятними.

Режим ТМ аналогічний DCM, за винятком того, що у вхідному каскаді MOSFET-транзистор вмикається в момент часу, коли напруга на стоці має мінімальне значення. Така синхронізація забезпечує низькі втрати увімкнення та вищу ефективність, однак при цьому частота комутації стає змінною.

У режимі CCM величина індуктивності велика, а пульсації струму та магнітного поля відносно малі. Хороший робочий компроміс для отримання прийнятного значення первинного пікового струму забезпечується за дотримання таких обмежень:

$$35\% \leq I_{p_{\min}}/I_{p_{\max}} \leq 50\%.$$

Такі самі міркування можуть бути використані для визначення компромісу між ефективністю і розміром трансформатора. Якщо знехтувати статичними втратами відкритого MOSFET (рис. 1), то

первинний струм збільшується зі швидкістю, що визначається як:

$$m_1 = \Delta I_L / (D \times T_s) = V_i / L, \quad (1)$$

де V_i — вхідна напруга; L — виміряна індуктивність первинної обмотки трансформатора; I_L — струм, що циркулює в первинній обмотці (I_p на рис. 1); T_s — тривалість циклу комутації.

Якщо слідувати тим самим припущенням, то в момент часу, коли MOSFET вимкнений і струм трансформатора (якщо він не стає переривчастим) передано на його вторинну обмотку, він зменшується зі швидкістю, яка визначається рівнянням (2):

$$m_{2s} = \frac{\Delta I_{LS}}{(1-D)T_s} = \frac{V_o}{L \times n_2^2}, \quad (2)$$

де V_o — вихідна напруга; $n_2 = N2/N1$; I_{LS} — намагнічувальний струм вторинної обмотки (I_o на рис. 2).

Зазначимо, що зв'язок між первинною і вторинною обмотками зворотного трансформатора неідеальний, оскільки існує індуктивність розсіювання.

Під час перемикання з первинної обмотки на вторинну енергію розсіювання не можна безпосередньо передати на вторинну обмотку, відповідно, вона має бути поглинена. За відсутності обмежувального кола (снаббера), єдиний шлях, яким може циркулювати струм індуктивності розсіювання, — це заряд паразитної ємності стік-виток MOSFET. Якщо не вжити заходів щодо обмеження напруги, транзистор може бути пошкоджений внаслідок пробію. На рисунку 3 показано загальне положення схеми обмеження, далі в статті представлено кілька варіантів снабберних кіл.

Зверніть увагу на переривчастий характер струму в обох обмотках трансформатора в режимах CCM, DCM і ТМ. У цьому полягає принципова відмінність від інших безтрансформаторних топологій, таких як buck або boost. Високі пульсуючі струми в трансформаторі безпосередньо впливають на пульсації вихідної напруги, ефективність і рівень диференціальних електромагнітних завад.

Крім того, хоча в обох обмотках трансформатора й відбувається пере-

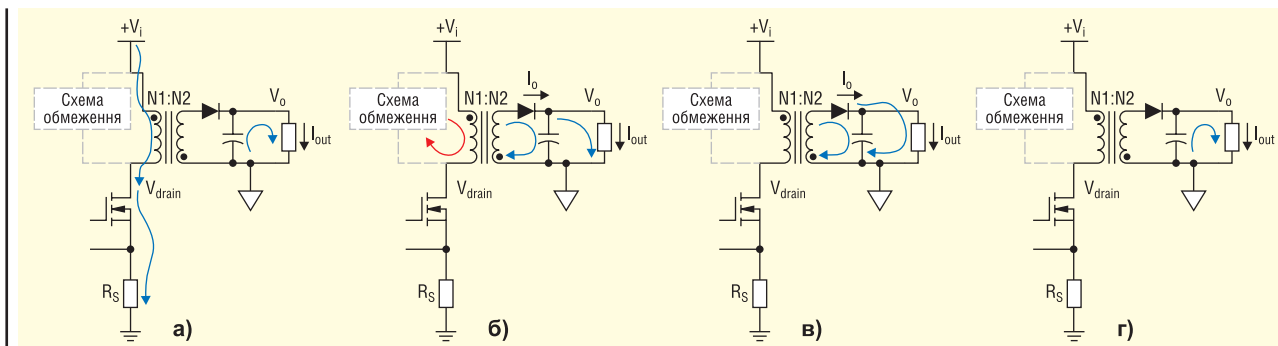


Рис. 3. Напрямок струму у зворотногоходовому силовому каскаді: вхідний MOSFET відкритий (а); процес відключення вхідного MOSFET (б); вхідний MOSFET закритий (в); вхідний MOSFET закритий, режим DCM (г)

ривання струму, робота в режимі CCM зазвичай ефективніша, ніж у DCM. Високе rms (середньоквадратичне) значення струму в стані DCM є однією з причин, що підтверджують цей факт, оскільки він означає більше розсіювання потужності в MOSFET, первинній і вторинній ємностях, а також вхідному снаббері. Однак оскільки індуктивність у режимі DCM нижча, то DCM-трансформатор із такими самими фізичними розмірами матиме менші втрати провідності, ніж якби його було розроблено для CCM, навіть якщо його струм rms вищий.

У деяких системах змінного струму режим TM може забезпечити аналогічну або навіть кращу ефективність, ніж CCM. Під час роботи в DCM (і TM) необхідно враховувати втрати в осерді, маючи на увазі велику АС-складову магнітного поля. Стан CCM зазвичай відповідає меншому змінному магнітному полю, отже, основним обмеженням під час проектування трансформатора стає насичення осердя, а не його втрати.

У режимі DCM енергія, що передається, визначається часом увімкнення (ON), вхідною напругою і величиною індуктивності. На кожному робочому циклі відбувається повне передавання потужності, що визначається як:

$$P_{DCM} = (V_i^2 \times D_2) / (2L \times Freq), \quad (3)$$

де P_{DCM} — потужність навантаження; L — виміряна індуктивність первинної обмотки трансформатора; D — контрольований коефіцієнт заповнення; $Freq$ — частота комутації. Це також означає, що рівняння для робочого циклу залежить від струму навантаження і вхідної напруги:

$$D_{DCM} = \sqrt{\frac{2P_{DCM} \times L \times Freq}{V_i^2}}. \quad (4)$$

Отже, коефіцієнт заповнення CCM:

$$D_{CCM} = V_o / (n_2 \times V_i \times V_o). \quad (5)$$

Питання керування

Однією з властивостей зворотногоходового конвертора є те, що енергію подають у навантаження тільки під час блокування силового ключа (OFF); будь-яка керувальна дія за відкритого транзистора (ON) відкладається до наступного періоду OFF. Наприклад, у відповідь на ступеневе збільшення навантаження, що призводить до зниження вихідної напруги, контролер збільшує час ON для накопичення більшої енергії в трансформаторі. Це фактично означає зменшення періоду вимкнення OFF. У результаті в режимі CCM зменшується потужність, що передається в навантаження протягом перших циклів, а початкова реакція призводить до більшого падіння

вихідної напруги. Повернення до нормального регулювання досягається тільки після того, як енергію, накопичену за більш тривалий період ON, передають у навантаження протягом декількох робочих циклів. При малосигнальному моделюванні це називається нулем правої півплощини (*Right-Half-Plane Zero, RHPZ*). У стані RHPZ фазовий кут зменшується зі збільшенням коефіцієнта посилення, що необхідно враховувати при визначенні компенсації контуру управління.

Стосовно тестової схеми, використаної в статті (режим CCM), на рисунку 4 ілюструється вплив вхідної напруги та струму навантаження на частоту RHPZ. Загальне правило для аналізу цього режиму полягає в моделюванні за найнижчої вхідної лінійної напруги, максимального навантаження й обмеження смуги пропускання контуру керування на рівні 1/5 від f_{RHPZ} . Відповідне рівняння має такий вигляд:

$$f_{RHPZ} = \frac{(1-D)^2 \times V_o}{2\pi L \times D \times I_{out} \times n_2^2}. \quad (6)$$

Навіть у режимі DCM стан RHPZ присутній, проте це не є проблемою, зазвичай f_{RHPZ} перевищує половину частоти перемикавання.

У більшості випадків зворотногоходові конвертори працюють у режимі керування за напругою (*Voltage-Mode Control, VMC*) або за піковим струмом (*Current-Mode Control, CMC*). У версії CMC для визначення параметрів робочого циклу використовується струм намагнічування. Конвертор VMC, що працює в CCM-режимі, має низькочастотну двополюсну характеристику, сформовану індуктивністю трансформато-

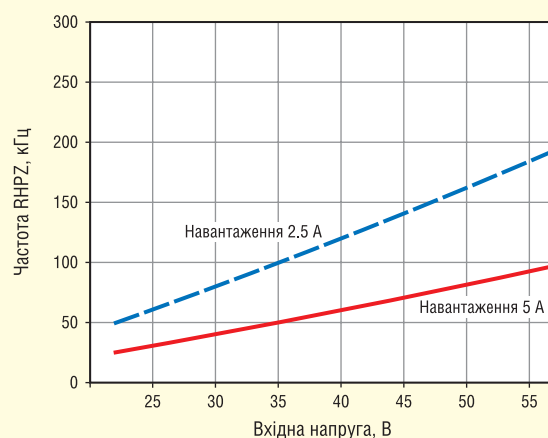


Рис. 4. Вплив вхідної напруги та струму навантаження на частоту RHPZ

Таблиця 1. Порівняння CCM, DCM і TM для зворотного джерела живлення

Робочий режим	Переваги	Недоліки
CCM	- Низькі пульсації та струм rms - Нижчі втрати провідності MOSFET - Нижчі втрати вимкнення MOSFET - Нижчі втрати в осерді - Краще перехресне регулювання - Нижчі втрати в ємностях - Менше EMI та вихідний фільтр - Постійна частота комутації	- Потрібна компенсація нахилу при великих коефіцієнтах заповнення (CMC) - Втрати зворотного відновлення діода - Вищий рівень перенапруг для вихідних діодів - Проблема RHPZ - Втрати в снаббері синхронного випрямляча - Низька ефективність при малому навантаженні
DCM	- Немає втрат зворотного відновлення в діодах - Не потрібна компенсація нахилу CMC* - Немає проблеми RHPZ* - Менша індуктивність, менший розмір трансформатора - Система першого порядку, навіть у VMC* - Постійна частота комутації	- Великі пульсації та піковий струм - Вищі втрати провідності MOSFET - Вищі втрати в сердечнику - Вищі втрати вимкнення MOSFET - Вищі втрати в конденсаторі - Вищий рівень перенапруг на MOSFET - Більше EMI та вихідний фільтр
TM (CMC)	- Немає втрат зворотного відновлення в діодах - Можливий режим «м'якого» ввімкнення — можна використовувати MOSFET з меншим $R_{DS(on)}$ - Немає втрат на снаббері - Не потрібна компенсація нахилу - Немає проблеми RHPZ - Система першого порядку - Перехідний відгук - Менша індуктивність, менший розмір трансформатора	- Більші пульсації та піковий струм - Вищі втрати в осерді - Вищі втрати вимкнення MOSFET - Вищі втрати провідності MOSFET** - Вищі втрати в конденсаторі - Більше EMI та вихідний фільтр - Змінна частота комутації - Рівень перенапруги на MOSFET може бути вищим

Примітки.
* Справедливо тільки в тому разі, якщо режим DCM зберігається за будь-яких навантажень і вхідних напруг.
** Якщо режим TM поєднується з плавним перемиканням, то слід обирати потужніший і ефективніший MOSFET, щоб знизити втрати провідності.

стання СМС-конвертора в CCM-режимі необхідна компенсація нахилу характеристики, щоб придушити субгармонійні осциляції, що виникають, коли коефіцієнт заповнення перевищує або навіть наближається до 50%. Зазвичай це досягається додаванням зовнішнього нахилу до сигналу струмового зворотного зв'язку, тобто створенням складеного сигналу.

Основні принципи

У таблиці 1 перераховано переваги та недоліки режимів CCM, DCM і TM. Детальнішу інформацію про основні аспекти проектування зворотних джерел живлення, а також технології активного обмеження для підвищення ефективності можна знайти в [1, 2].

Далі буде

Література:

1. Mitchell D., Mammano B. *Designing Stable Control Loops*. Texas Instruments. 2011. TI Literature No. SLUP173.
2. Dixon L. *Transformer and Inductor Design for Optimum Circuit Performance*. Texas Instruments. 2003. TI Literature No. SLUP205.

CN

ра і вихідним конденсатором. Це створює певні складнощі для вироблення алгоритму компенсації на відміну від СМС-конвертора, який по суті є джерелом струму, що працює на той самий конденсатор. І навпаки, під час викори-



Технології з'єднання для систем накопичення енергії

Довіртеся надійним технологіям з'єднання для безпечного та компактного підключення вашого пристрою накопичення енергії

Детальніше: https://phoe.co/energy_storage_connectors

ТОВ "Фенікс Контакт"

м. Київ, пров. Охтирський, 7, корп. 3., оф. 203
ua-office@phoenixcontact.com
+380 44 594 55 22



Ефективність джерел живлення та технологія GaN

Симеон Тремп (Simeon Tremp), Traco Electronic AG

Переклад та редагування: Юрій Скрипка, керівник відділу модульних блоків живлення, Компанія CEA E-mail: info@sea.com.ua

В статті йде мова про те, коли варто використовувати транзистори на основі нітриду галію (GaN) в імпульсних джерелах живлення і яких покращень при цьому можна очікувати.

КОЛИ ТЕХНОЛОГІЯ GAN МАЄ СЕНС ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ?

Напівпровідники з широкою забороненою зоною (ШЗЗ) отримали широке розповсюдження, особливо в галузі електропостачання. Переваги транзисторів на основі нітриду галію (GaN) охоплюють вищу частоту перемикавання, нижчий опір увімкнення, меншу ємність і кращі теплові характеристики, ніж у традиційних кремнієвих MOSFET. Вони та-

кож можуть виготовлятися на кремнієвих пластинах, як звичайні напівпровідникові прилади, що дозволяє використовувати деякі частини існуючих виробничих ланцюжків. Теоретично, це повинно допомогти знизити ціну цієї нової технології. Однак наразі GaN-пристрої залишаються дорогими в перерахунку на один пристрій, ніж традиційні MOSFET. Отже, коли є сенс використовувати GaN в імпульсних джерелах живлення і яких покращень можна очікувати?

За останні десятиліття промисловість досягла величезного прогресу в

зменшенні розмірів блоків живлення та підвищенні їх ефективності. У 1995 році блок живлення потужністю 100 Вт займав площу 10×16 см і мав ККД 80%. Десять років по тому той самий блок живлення займав площу 7.5×10 см, а його ефективність зросла до 85%. До 2015 року він мав розмір 5×10 см і ефективність 90% (рис. 1).

ШВИДШЕ ПЕРЕМИКАННЯ

За цей час ми перейшли від біполярних транзисторів з часом перемикавання близько 150 нс до MOSFET з часом перемикавання 100 нс, до високочастотного суперпереходу «CoolMOS», який може перемикатися приблизно за 50 нс. Ці вдосконалення дозволили досягти ще вищих частот перемикавання. Це дозволяє використовувати менші конденсатори, котушки індуктивності та трансформатори, що дає змогу створювати менші за розміром вироби та конструкції з вищою густиною потужності та ефективністю.

GaN-транзистори можуть перемикаватися набагато швидше, ніж кремнієві MOSFET, працюючи в мегагерцовому діапазоні, а не в діапазоні сотень кілогерц. Так чому ж ми не замінюємо кремній на GaN повсюдно?

Щоб відповісти на це питання, нам потрібно зрозуміти кожен етап роботи імпульсного джерела живлення (рис. 2). У нас є три функціональні блоки:

- вхідний фільтр і мережевий випрямляч;
- активна корекція коефіцієнта потужності (Power Factor Correction, PFC) для покращення коефіцієнта потужності та дотримання обмежень на гармоніки (EN 61000-3-2);
- резонансний перетворювач (LLC).

Каскад PFC зазвичай генерує відносно стабільну напругу 380 В на кон-

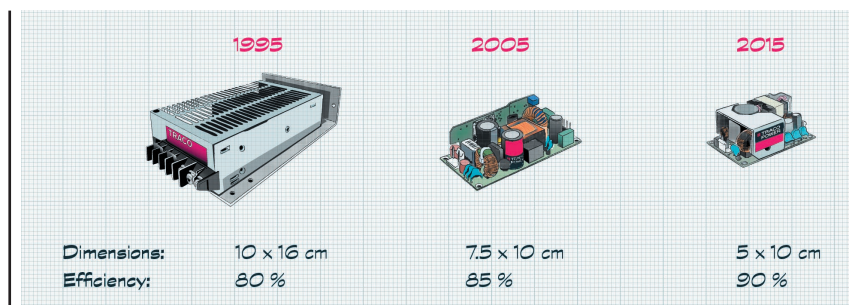


Рис. 1. Блоки живлення стають дедалі меншими та ефективнішими

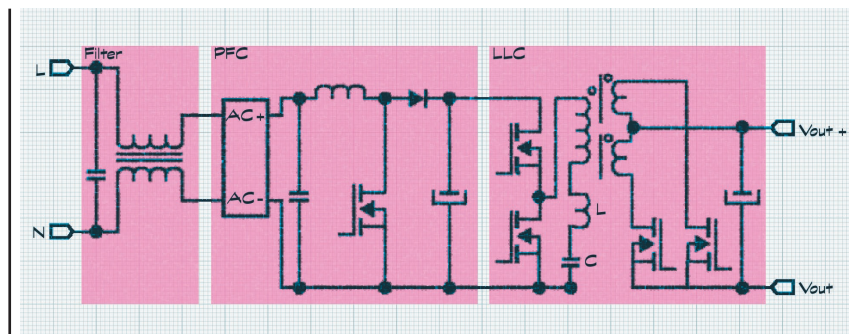


Рис. 2. Три функціональні блоки типового імпульсного джерела живлення

денсаторі ланки постійного струму. Потім вона перетворюється на необхідну ізолювану вихідну напругу постійного струму за допомогою чотирьох MOSFET і трансформатора.

Загальна ефективність такої конструкції може досягати 93%. 3-7% втрат 2% припадає на резонансний перетворювач і 5% — на PFC. 60% з них припадає на втрати при перемиканні.

РОЗУМІННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМІКАННЯ

Втрати на перемикання виникають через те, що MOSFET і GaN-транзистори не є ідеальними перемикачами. Це означає, що їм потрібен час для переходу між увімкненим і вимкненим станами. Протягом цього часу через пристрій протікає значна напруга і струм, а отримана в результаті потужність розсіюється у вигляді тепла. Отже, чим коротший цей перехідний період, тим менші втрати (рис. 3).

У той час як сучасні висококласні MOSFET мають швидкість перемикання до 50 нс, GaN-пристрої можуть запропонувати швидкість до 7 нс. Оскільки ми

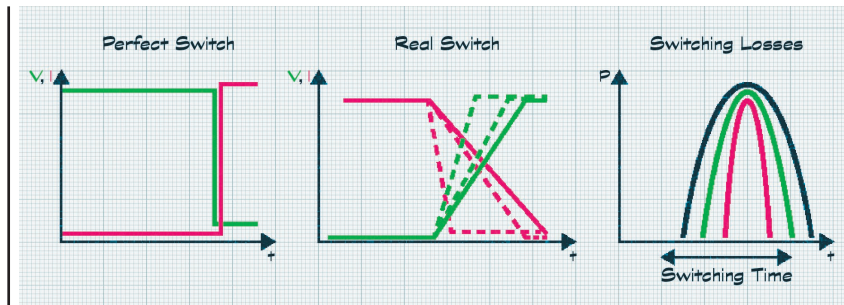


Рис. 3. Чим коротший час перемикання, тим менші втрати на перемикання

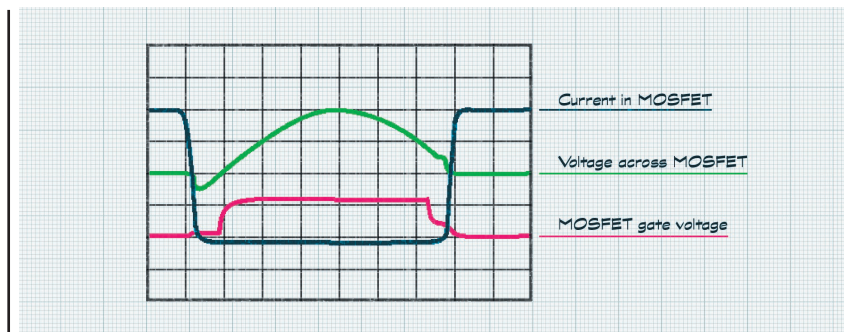


Рис. 4. Вимірювання напруги та струму MOSFET в резонансному перетворювачі

встановили, що чим швидше, тим краще, то, здається, є всі підстави для переходу на GaN, якщо всі інші характеристики пристроїв будуть в цілому схожими.

Однак нам потрібно розглянути конструкцію нашого імпульсного перетворювача більш детально. Розглянемо спочатку резонансний перетворювач.

TRACO POWER

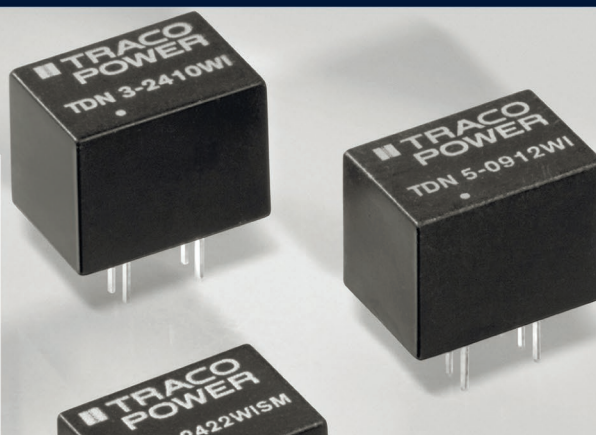
Надійшло. Доступно. Зараз.

tracopower.com

Мініатюрні та високоефективні DC/DC-перетворювачі

Серії TDN

- Моделі потужністю від 1 до 5 Вт
- Розміри корпусу 13,2×9,1×10,2 мм
- Діапазони входних напруг 5...18, 9...36 та 18...75 В DC
- Одно- та двополярні виходи з номіналами напруг від 3,3 до 15 В
- Напруга ізоляції вхід-вихід 1600 В DC
- Функція віддаленого вмикання/вимикання



Компанія SEA – офіційний дистриб'ютор TRACO POWER 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

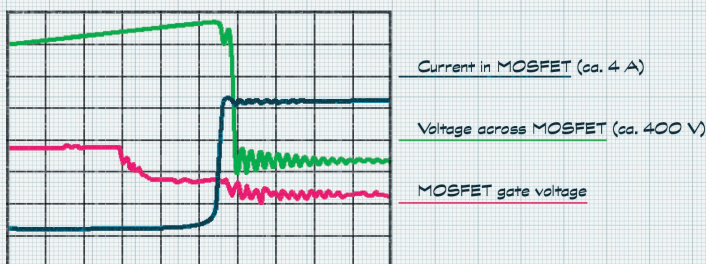


Рис. 5. Вимірювання напруги та струму MOSFET у каскаді PFC

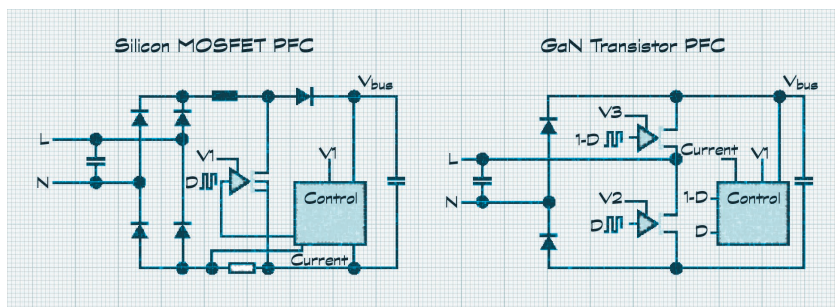


Рис. 6. Порівняння конструкції PFC на основі MOSFET і GaN

У момент увімкнення напруга «джерело-стік» нашого MOSFET падає до нуля (рис. 4). Ми також бачимо, що струм в цей момент часу практично дорівнює нулю. Це не випадковість, а свідомий вибір в таких конструкціях для перемикавання в точці нульового струму. Через це резонансні перетворювачі вже мають дуже низькі втрати на перемикавання, а це означає, що перехід на більш швидкісні GaN-пристрої не матиме значного значення.

Можливо, в PFC можна знайти покращення? На даний момент в цій конструкції напруга на перемикачі може досягати 400 В, а струм через нього — 4 А (рис. 5). При часі перекриття 30 нс на частоті перемикавання 100 кГц втрати потужності при перемиканні становлять близько 4,8 Вт ($4 \text{ А} \times 400 \text{ В} \times 30 \text{ нс} \times 100 \text{ кГц}$).

Це означає, що GaN може мати важливе значення і тут. Популярний підхід використовує топологію тотемного полюса (рис. 6). Мостовий випрямляч видаляється і замінюється двома діодами й двома GaN-транзисторами. Ще однією перевагою цієї зміни є нижчий, більш контрольований пусковий струм.

РЕАЛІЗАЦІЯ GAN В КОНСТРУКЦІЇ PFC ПОТУЖНІСТЮ 1000 Вт

Експерименти показують, що в конструкції потужністю 1000 Вт, яка працює при 800 Вт, GaN-транзистор з опором 80 мОм в такому каскаді ШІМ з тотемним полюсом може досягати

ефективності понад 99% за вхідної напруги 230 В змінного струму. Класичний PFC з використанням кремнієвих MOSFET може досягти лише близько 98%. Однак за напруги 110 В змінного струму майже не спостерігається покращення порівняно з кремнієвим MOSFET — обидві конструкції досягають близько 96% ефективності. Це пояснюється тим, що більші струми призводять до більших втрат в котушці індуктивності ($R \times I^2$).

Такі удосконалення також досягаються за рахунок складнішої допоміжної схеми. Два GaN-транзистори в конструкції замість одного кремнієвого МОП-транзистора вимагають трьох плаваючих допоміжних джерел живлення, а не одного плаваючого джерела живлення. Вища частота перемикавання також вимагає більших зусиль при проектуванні та тестуванні для дотримання обмежень на теплове випромінювання.

КОЛИ ВАРТО РОЗГЛЯНУТИ GAN?

Зараз GaN-транзистори не мають суттєвих переваг в каскаді резонансного перетворювача імпульсного джерела живлення, оскільки наявні втрати на перемикавання вже є низькими. Де вони дійсно мають сенс, так це в каскаді PFC. З максимальною ефективністю 99%, яку можна досягти, ефективність всієї конструкції джерела живлення можна довести до пристойних 96%.

Однак це покращення досягається ціною більших інженерних зусиль і складніших вимог до фільтрації. З чисто фінансової точки зору, витрати можуть бути в три-п'ять разів більшими, ніж у кремнієвих MOSFET-транзисторів. Нарешті, вторинне постачання GaN-транзисторів залишається складним через відмінності в рекомендованій кожним виробником конструкції драйверів затворів, що збільшує ризики для виробників БЖ.

Сьогодні інженери TRACO POWER вважають, що GaN найкраще підходить для каскаду PFC в блоках живлення потужністю не менше 1000 Вт. Щоб розглянути можливість використання цих нових пристроїв WBG в блоках живлення меншої потужності, ціна на GaN-транзистори повинна ще більше знизитися, що зазвичай відбувається з розвитком технології.

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

CN

ПРОДОВЖЕННЯ НАДІЙНОГО ПАРТНЕРСТВА З TRACO POWER

Компанія CEA, один із провідних постачальників джерел живлення, пролонгувала сертифікат авторизованого дистриб'ютора продукції TRACO POWER в Україні. Це підтверджує стабільне партнерство між компаніями та гарантує українським підприємствам офіційний доступ до передових технологій у сфері енергопостачання.

Вся продукція Traco Power має міжнародні сертифікати відповідності (IEC/EN 62368-1, UL, CE), що гарантує її безпечну та ефективну роботу у складних умовах.

Компанія CEA вже більше 20-ти років є офіційним дистриб'ютором TRACO POWER в Україні, і пролонгація сертифікату авторизованого дистриб'ютора підтверджує успішний досвід співпраці.

Продовження співпраці між Компанією CEA та Traco Power забезпечує українських виробників, системних інтеграторів та підприємства якісними, надійними та сертифікованими рішеннями у сфері енергопостачання.

IPS TFT-дисплеї з розширеним температурним діапазоном і Bar-type дисплеї Raystar

Компанія Raystar, заснована в 2007 році, належить до числа провідних виробників дисплеїв. Штаб-квартира компанії розташована на Тайвані, а виробництво дисплеїв ведеться на фабриках, розташованих на Тайвані та материковому Китаї. Величезний асортимент дисплейної продукції, висока якість і привабливі ціни зробили продукцію Raystar дуже популярною на нашому ринку. Виробник спеціалізується на випуску LCD-, OLED- і TFT-дисплеїв, пропонуючи як великий вибір серед стандартних моделей, так і можливість кастомізації за невисокої вартості доопрацювання за вимогами замовника. Повнокольорові TFT-дисплеї (рис. 1) посідають значне місце в лінійці продукції компанії, наразі доступно понад 250 моделей з діагоналлю екрана 0.96–12.3 дюйма.

Якщо говорити про TFT-дисплеї Raystar, їхньою перевагою є підтримка не тільки великих, а й невеликих замовлень клієнтів, можливість кастомізації шлейфу дисплея в короткий термін, використання підсвічування високої яскравості, оснащення дисплея сенсорним екраном резистивного або ємнісного типу та його розроблення за вимогами замовника. Серед інтерфейсів TFT-дисплеїв вибір досить великий — це RGB, 8080, LVDS, MIPI, SPI, UART, HDMI.

У цій статті розглянемо TFT-дисплеї Raystar, які належать до серії пристроїв із розширеним температурним діапазоном роботи $-30...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, і серії дисплеїв у широкоформатному виконанні,

або, як їх ще називають, витягнуті або bar-type-дисплеї.

Перший цікавий дисплей — це RFM08400A-AWW-LNN (рис. 2) з діагоналлю екрана 8.4 дюйма і роздільною здатністю XGA (1024 × 768 пікселів). Цей типорозмір дисплея популярний серед виробників обладнання неруйнівного контролю, залізничної техніки, геофізичного обладнання. З огляду на специфіку застосування від дисплея часто потрібна висока яскравість, тривалий термін служби підсвічування, робота в широкому діапазоні температур, достатні кути огляду і часом наявність сенсорного екрана для зручності роботи з обладнанням. Усе це Raystar про-

понує в цьому дисплеї, що працює за температур $-30...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також його версії RFM08400A-AWH-LNN з високою яскравістю 1000 кд/м^2 . Даний типорозмір дисплея в основному був представлений на ринку моделями дисплеїв Mitsubishi, але оскільки дана компанія прийняла рішення зупинити виробництво TFT-дисплеїв, а в інших виробників пропозицій небагато, то можна очікувати, що цей дисплей Raystar з його набором характеристик і невисокою ціною буде мати попит серед виробників промислового обладнання. В основі дисплея RFM08400A-AWW-LNN лежить РК-матриця IPS-типу, що дає широкі кути огляду по 80° у будь-якому напрямку перегляду і високу контрастність 1000:1. А версію з яскравістю 1000 кд/м^2 можна розглядати для застосування при яскравому зовнішньому засвіченні. Інтерфейс дисплея — LVDS. Як сенсорний екран Raystar пропонує проєкційно-ємнісний тип екрана з контролером EXC81W32, розміщеним на шлейфі, що детектує до двох точок дотику (рис. 3). Інтерфейс сенсорного екрана — USB або I²C.

Другий дисплей в даній серії — це дисплей з діагоналлю 10.4 дюйма, роздільною здатністю XGA та LVDS-інтерфейсом — RFM1040G-AWW-LNN, або у версії з яскравістю 1000 кд/м^2 — RFM1040G-AWH-LNN (рис. 4). У нього також РК-матриця IPS типу та основні



Рис. 1. TFT-дисплеї Raystar

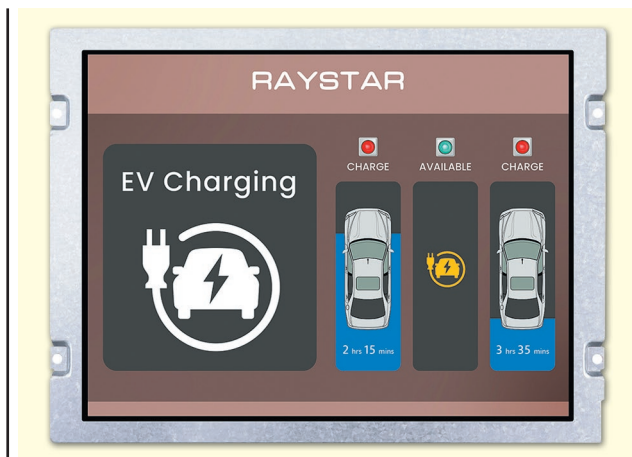


Рис. 2. Дисплей 8.4 дюйма XGA RFM08400A-AWW-LNN

характеристики такі ж, як і в описаного 8.4-дюймового дисплея. Для нього є опція замовлення з проекційно-ємнісним сенсорним екраном з контролером ILI2511 (інтерфейс тільки USB). Дисплей оснащений вбудованим драйвером світлодіодного підсвічування на 12 В з можливістю ШІМ-регулювання яркості. Повний перелік IPS TFT-дисплеїв Raystar, що працюють за температур $-30...+80^{\circ}\text{C}$, наведено в таблиці 1.

Наступний дисплей від Raystar має широкоформатне виконання — такі bar-type TFT-дисплеї знаходять застосування в серверному, касово-торговельному обладнанні, автомобілях, як інформаційні та рекламні дисплеї завдяки нестандартній і привабливій формі екрана. У цій серії Raystar представила ще одну модель популярного розміру дисплея 3.9 дюйма з роздільною здатністю 480×128 пікселів — це модель RFS390E, яка отримала матрицю IPS-типу й діапазон робочих температур $-30...+85^{\circ}\text{C}$, що розширює можливості використання дисплея в індустріальних застосуваннях. Дисплей з ярккістю 1000 кд/м^2 RFS390E-AWH-DNN можна замовити з сенсорним екраном — емнісним з детектуванням до п'яти точок дотику, найменування такої моделі RFS390E-AWH-DNG; або з резистивним — RFS390E-AWH-DNS (рис. 5). Вбудований драйвер SC7283 дає змогу керувати дисплеєм через 24-бітний RGB-інтерфейс.

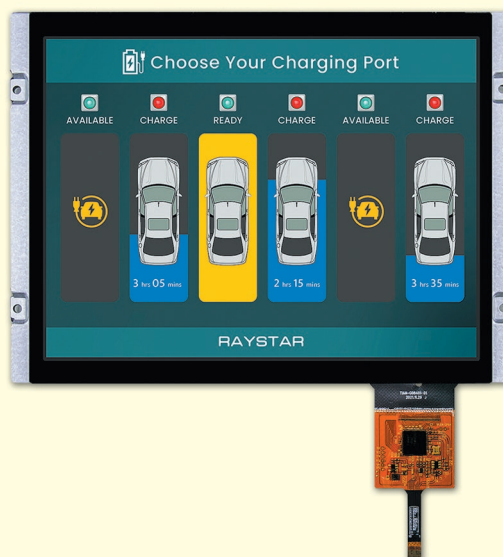


Рис. 3. RFM08400A-AWW-LNB з емнісним сенсорним екраном



Рис. 4. Дисплей 10.4 дюйма XGARFM1040G-AWH-LNN

Таблиця 1. IPS TFT-дисплеї Raystar з розширеним температурним діапазоном

Модель	Діагональ, дюймів	Роздільна здатність, точок	Габарити, мм	Активна область, мм	Інтерфейс	Яскравість, кд/м ²	Сенсорний екран	Примітка
RFC350X-AWW-DNN	3.5	320 × 240	76.84 × 63.84	70.08 × 52.56	RGB	500	Немає	Є версія 1000 кд/м ²
RFA6400E-AWW-DNN	4	480 × 480	78.8 × 82.95	71.856 × 70.176	RGB	500	Немає	
RFA6400E-AWH-DNN		480 × 480	78.8 × 82.95	71.856 × 70.176	RGB	1000	Опція	
RFA6400E-AWW-MNN		480 × 480	78.8 × 82.95	71.856 × 70.176	MIPI DSI	500	Немає	
RFA6400E-AWH-MNN		480 × 480	78.8 × 82.95	71.856 × 70.176	MIPI DSI	1000	Опція	
RFE430W-AWW-DNN	4.3	480 × 272	105.5 × 67.2	95.04 × 53.856	RGB	500	Немає	Є версія 1000 кд/м ²
RFF430X-AWW-DNN		800 × 480	105.5 × 67.2	95.04 × 53.856	RGB	600	Опція	
RFF500F-AWW-DNN	5	800 × 480	120.7 × 75.8	108 × 64.8	RGB	500	Немає	Є версія 1000 кд/м ²
RFF500F-AWW-LNN		800 × 480	120.7 × 75.8	108 × 64.8	LVDS	500	Немає	
RFF700A9-AWW-DNN	7	800 × 480	165.8 × 106.61	152.4 × 91.44	RGB	500	Опція	Є версія 1000 кд/м ²
RFF700A9-AWH-LNN		800 × 480	165.8 × 106.61	152.4 × 91.44	LVDS	1000	Немає	
RFF700B6-AWH-LNN		800 × 480	165.8 × 106.61	152.4 × 91.44	LVDS	1100	Немає	
RFM08400A-AWW-LNN	8.4	1024 × 768	199.5 × 149	170.8032 × 128.1024	LVDS	500	Опція	Є версія 1000 кд/м ²
RFH900B-AWW-LNN	9	1024 × 600	211.1 × 126.5	196.608 × 114.15	LVDS	500	Немає	
RFM1040G-AWW-LNN	10.4	1024 × 768	230 × 180.2	210.432 × 157.824	LVDS	500	Опція	Є версія 1000 кд/м ²
RFM1210E-AWW-LNN	12.1	1024 × 768	260.5 × 204	245.76 × 184.32	LVDS	600	Немає	
RFY1230B-AWH-LNN	12.3	1920 × 720	308.1 × 130	292.032 × 109.512	LVDS	800	Опція	

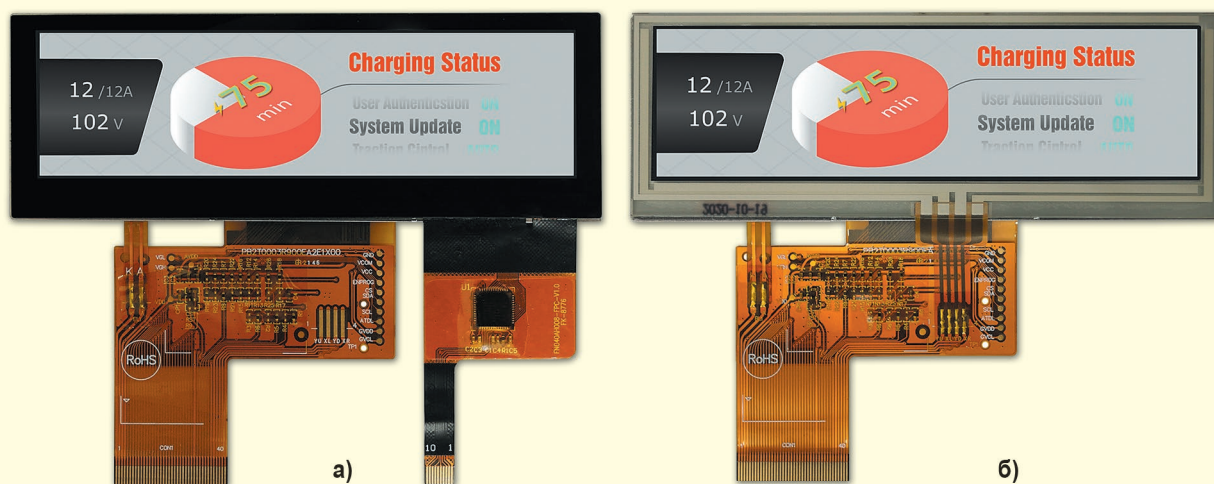


Рис. 5. Серія RFS390E6: з емнісним тачскріном (а); з резистивним (б)

Ще один дисплей в даній серії — це дисплей 3.9 дюйма RFS390D-1LW-DHN. Він розміщений на платі, на якій встановлений контролер TFP401, що забезпечує під'єднання по HDMI. Зовнішній вигляд дисплея представлено на рисунку 6.

Нагадаємо, що серія витягнутих дисплеїв Raystar представлена також моделями габариту 4.6 дюйма 800 × 320 пікселів і 5.2 дюйма 480 × 128 пікселів. Для останнього є можливість замовлення з вбудованою платою контролера SSD1963, що дає змогу розглядати цей повнокольоровий дисплей серії RFS520Q як пряму заміну монохромного STN PK-дисплея серії RG24064A. Повний асортимент bar-type TFT-дисплеїв Raystar представлено в таблиці 2.

Великий вибір опцій для замовлення — оснащення сенсорними панелями, використання підсвічування високої яскравості, наявність вбудованих контролерів, можливість виробництва невеликими партіями — роблять TFT-дисплеї Raystar привабливими для розробників електроніки при виборі відповідного засобу відображення інформації.

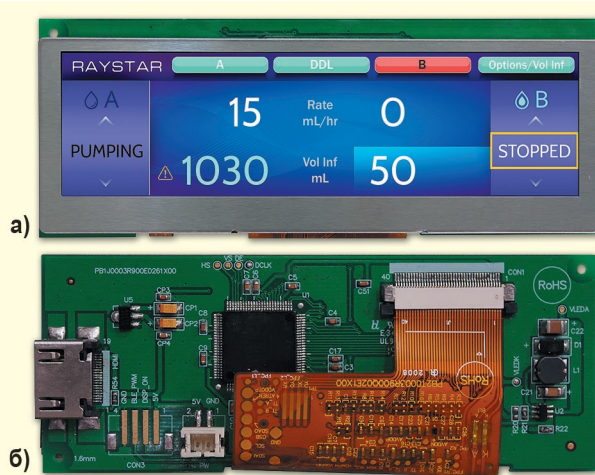


Рис. 6. RFS390D-1LW-DHN: вид зверху (а); вид ззаду (б)

Таблиця 2. Широкоформатні TFT-дисплеї Raystar

Модель	Діагональ, дюймів	Роздільна здатність, точок	Габарити, мм	Активна область, мм	Кути огляду (L/R/U/D)	Інтерфейс	Яскравість, кд/м²	Сенсорний екран	Робоча температура, °C
RFS390B-ALW-DNN	3.9	480 × 128	105.5 × 37	95.04 × 25.34	65/65/65/50	RGB	500	Опція	-20...+70
RFS390B-AZW-DNN			105.5 × 37	95.04 × 25.34	75/75/75/75	RGB	400	Немає	-20...+70
RFS390B-AQH-DNN			105.5 × 37	95.04 × 25.34	65/65/65/50	RGB	1000	Немає	-30...+80
RFS390C-AIW-DNN			105.5 × 37	95.04 × 25.34	65/65/50/65	RGB	500	Опція	-20...+70
RFS390E-AWW-DNN			105.5 × 37	95.04 × 25.34	80/80/80/80	RGB	500	Немає	-30...+85
RFS390E-AWH-DNN			105.5 × 37	95.04 × 25.34	80/80/80/80	RGB	1000	Опція	-30...+85
RFS390Q-EIW-DBN			122 × 44	95.04 × 25.34	65/65/50/65	MCU 8080/6800	500	Опція	-20...+70
RFS390D-1LW-DHN	4.6	800 × 320	105.5 × 42.25	95.04 × 25.34	65/65/65/50	HDMI	500	Немає	-20...+70
RFT46AA-AIW-DNN			120.7 × 56.16	108 × 43.2	65/65/50/65	RGB	400	Немає	-20...+70
RFS520A-ALW-DNN	5.2	480 × 128	140.4 × 49.87	127.152 × 33.9072	65/65/65/50	RGB	500	Опція	-20...+70
RFS520A-AZW-DNN			140.4 × 49.87	127.152 × 33.9072	75/75/75/75	RGB	400	Опція	-20...+70
RFS520A-AZH-DNN			140.4 × 49.87	127.152 × 33.9072	75/75/75/75	RGB	850	Опція	-20...+70
RFS520A-ALH-DNN			140.4 × 49.87	127.152 × 33.9072	65/65/65/50	RGB	1100	Опція	-20...+70
RFS520B-AIW-DNN			140.4 × 49.87	127.152 × 33.9072	65/65/50/65	RGB	500	Опція	-20...+70
RFS520Q-ELW-DBN			180 × 65	127.152 × 33.9072	65/65/65/50	MCU 8080/6800	500	Опція	-20...+70
RFS520Q-EZW-DBN			180 × 65	127.152 × 33.9072	75/75/75/75	MCU 8080/6800	400	Немає	-20...+70
RFS520Q-EZH-DBN			180 × 65	127.152 × 33.9072	75/75/75/75	MCU 8080/6800	850	Немає	-20...+70

Особливості побудови систем живлення і навантажень високої потужності

Переклад: Вадим Потапенко

Редагування: Віктор Бутирін, директор, Юнітест

E-mail: Victor_Butyryn@unitest.com

Супутники, гібридні електромобілі (ГЕМ), джерела безперебійного живлення (ДБЖ), альтернативні джерела енергії та низка інших сучасних систем електропостачання ґрунтуються на системах і пристроях двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. Багато з цих систем і пристроїв двоспрямованого перетворення енергії працюють, використовуючи рівні потужності, що вимірюються кількома кіловатами. Відповідно, під час розробки та виробництва цих систем потрібно забезпечити можливість подавати та споживати рівні потужності в діапазоні від кіловата та вище, що часто є складним завданням для фахівців із тестування.

ВСТУП

Супутники, гібридні електромобілі (ГЕМ, *Hybrid Electric Vehicles (HEVs)*), джерела безперебійного живлення (ДБЖ), альтернативні джерела енергії та низка інших сучасних систем електропостачання постачають електроенергію, коли це доцільно. Вони засновані на системах і пристроях двоспрямованого перетворення і рекуперації енергії, призначених для її накопичення, з метою забезпечення безперебійної подачі електроенергії на вимогу. Прикладами таких систем і пристроїв є:

- акумуляторні батареї;
- суперконденсатори
- генераторні установки
- двоспрямовані перетворювачі постійного струму
- системи керування акумуляторними батареями (Battery management systems, BMS)
- рекуперативні гальмівні системи

Багато з цих систем і пристроїв працюють, використовуючи багатокіловатні рівні потужності. Під час розробки та виробництва таких систем потрібно забезпечити можливість подавати та споживати рівні потужності в діапазоні від кіловата та вище, що часто є надзви-

чайно складним завданням для фахівців із тестування.

Зазвичай для подачі та споживання потужності використовуються вже наявні окремі прилади. Але цей підхід має недоліки, які можуть бути подолані тільки за наявності функцій подачі та споживання потужності, які повністю інтегровані в одному приладі або системі.

ПОРІВНЯННЯ ДВОКВАДРАНТНОГО І ЧОТИРЬОХКВАДРАНТНОГО РЕЖИМІВ РОБОТИ

Фахівці з тестування іноді неправильно розуміють, що їм необхідно для подачі та споживання потужності при тестуванні систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. Двоспрямовані джерела живлення часто представляють як біполярні, припускаючи, що для тестування потрібне біполярне джерело живлення. Насправді, це дві різні речі. Уніполярне двоспрямоване джерело живлення — це джерело, яке працює у квадрантах I та II чотирьохквадрантної вольт-амперної характеристики (струм-напруга), як показано на рисунку 1. Воно може видавати та спо-

живати струм, але тільки за позитивної напруги. Воно працює і як джерело постійного струму, і як електронне навантаження, тобто є двоквадрантним джерелом постійного струму.

На відміну від нього, біполярне джерело живлення може здійснювати перехід через нульове значення напруги та працювати з позитивною або негативною напругою. Воно може віддавати потужність у квадрантах I і III та споживати потужність у квадрантах II і IV.

Оскільки системи та пристрої для двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії видають і споживають струм та мають однополярну напругу, для їхнього тестування майже завжди можна використовувати уніполярне двоквадрантне джерело живлення, а іноді навіть бажано використовувати його.

Важливо зазначити, що двоквадрантне джерело живлення постійного струму має повністю керований безперервний режим роботи під час його використання як електронного навантаження у квадранті II. Однак його здатності швидкого зниження напруги за рахунок споживання струму (down-programming) недостатньо для належного тестування систем і пристроїв для двонаправленого перетворення енергії.

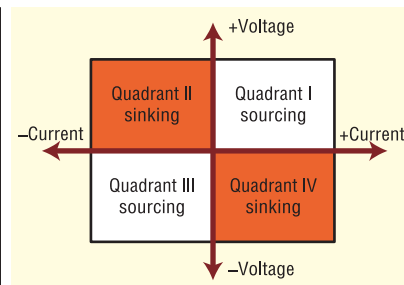


Рис. 1. Чотири квадранти вольт-амперної характеристики

СИСТЕМА ПОДАЧІ/СПОЖИВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ІЗ ЗОНОЮ НЕЧУТЛИВОСТІ ЗА НАПРУГОЮ НА БАЗІ ОКРЕМОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТА ЕЛЕКТРОННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Вибір відповідних двоквadrантних джерел живлення постійного струму, що працюють за багатокіловатних рівнів потужності, дуже обмежений. Інженери часто вдаються до використання окремих джерел живлення постійного струму та електронних навантажень, щоб забезпечити комбіноване технічне рішення подачі та споживання потужності, необхідне для тестування своїх систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії.

Працюючи незалежно одне від одного, джерело живлення постійного струму та електронне навантаження добре підходять для подачі та споживання потужності, забезпечуючи водночас хорошу точність у режимі постійного струму, стабільність характеристик і швидкі динамічні характеристики, незалежно від тестованого пристрою (ТП). Для такої роботи це необхідно, оскільки ТП, що розглядаються, є активними та динамічними, поперемінно споживаючи або віддаючи потужність, залежно від їхнього стану та робочих умов.

Одну зі структурних схем установки, яка спільно використовує джерело живлення постійного струму та електронне навантаження для подачі/споживання потужності, показано на рисунку 2. Вона часто використовується як система імітації батарей (*Battery Simulator System, BSS*).

Система імітації батарей є переважно пристроєм, керованим напругою; і джерело живлення постійного струму, і електронне навантаження, як правило, працюють у режимі стабілізації напруги (*constant voltage, CV*). Їхні напруги зміщені для створення зони нечутливості за напругою, щоб робота цих пристроїв не перекривалася. Величина напруги електронного навантаження встановлюється дещо більшою, ніж напруга джерела живлення постійного струму. Найчастіше система імітації батарей використовується для тестування систем керування акумуляторними батареями але цю установку можна застосувати і для багатьох інших ТП, які мають бути протестовані з використанням уніполярного двоквadrантного джерела живлення постійного струму. Коли ТП живиться або споживає потужність, напруга підтримується джерелом живлення постійного струму. Коли ТП

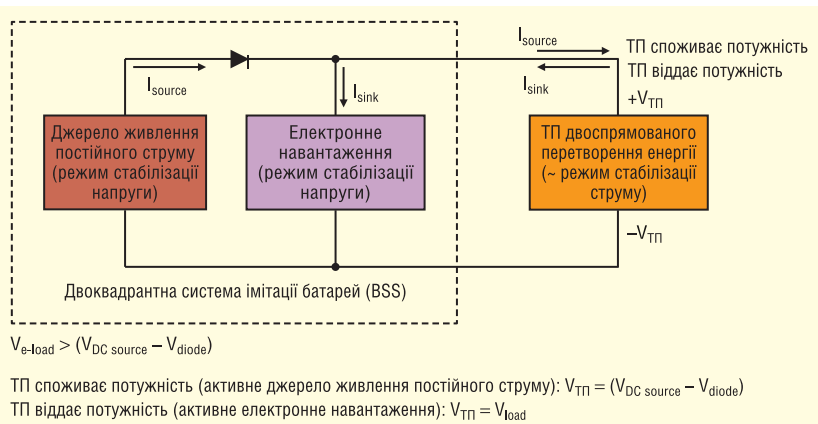


Рис. 2. Структурна схема системи імітації батарей, яка спільно використовує джерело живлення постійного струму та електронне навантаження

генерує або віддає потужність, напруга зростає, джерело живлення постійного струму відключається, і електронне навантаження починає активно працювати в режимі стабілізації напруги, фіксуючи напругу на дещо вищому рівні. Для ізоляції та запобігання протіканню зворотного струму в джерело живлення постійного струму, коли ТП буде активно віддавати потужність, на виході джерела живлення постійного струму часто потрібно встановити блокувальний діод. У цій конфігурації струм, що видається, потім зчитується безпосередньо з джерела живлення постійного струму, а струм, що споживається, — з електронного навантаження. Під час використання такого підходу існує кілька обставин, які призводять до погіршення робочих характеристик системи:

- Джерело живлення постійного струму має використовувати локальне вимірювання напруги на вихідних клеммах, оскільки блокувальний діод

дестабілізуватиме його роботу, якщо використовувати дистанційне вимірювання напруги на діоді.

- Зона нечутливості за напругою між подачею і споживанням потужності є високоімпедансною.
- Потрібно посылати команди для програмування рівнів напруги як до джерела живлення постійного струму, так і до електронного навантаження, для того, щоб вони були узгоджені, оскільки рівень напруги системи імітації батарей змінюється.
- Загалом для координації активності джерела живлення постійного струму та електронного навантаження під час тестування потрібен набагато вищий рівень складності системи.
- Електронне навантаження має перемикатися між вимкненим станом і активним режимом стабілізації напруги (CV), що погіршує його динамічні характеристики.

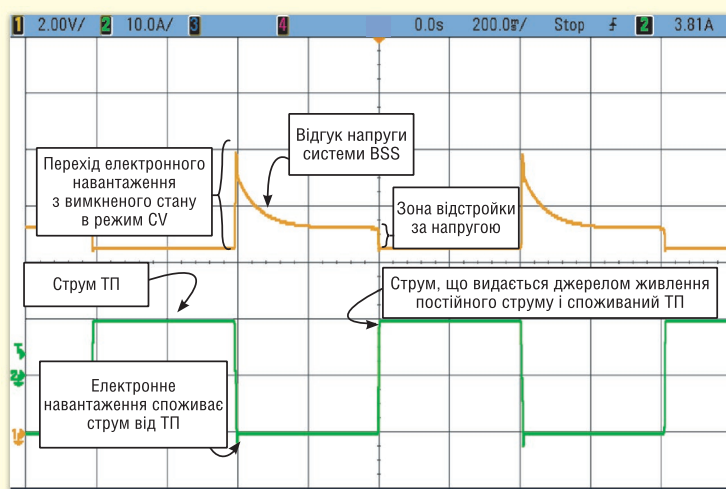


Рис. 3. Процеси перемикавання між подачею/споживанням потужності в системі на базі окремого джерела живлення постійного струму та електронного навантаження із зоною відстройки за напругою

- Падіння напруги на блокувальному діоді є змінною величиною, що залежить від рівнів сили струму та температури, що призводить до необхідності використовувати суттєву величину зони нечутливості за напругою між рівнями напруги джерела живлення постійного струму та електронного навантаження, що обчислюється кількома сотнями мілівольт.

Зокрема, два останні пункти обмежують гнучкість, точність і загальну продуктивність цієї конфігурації з двоквадрантним джерелом живлення для роботи в статичному режимі. З метою коригування напруги зони нечутливості за напругою під час роботи в статичному режимі напругу системи імітації батарей можна програмно підіймати або опускати за потреби до досить близького рівня напруги. Однак, ступінь напруги зони нечутливості за напругою є невіддільною властивістю динамічних перемикань, яка ще більше посилюється швидким переходом електронного навантаження в режим стабілізації напруги, як показано на рисунку 3.

СИСТЕМА ПОДАЧІ/СПОЖИВАННЯ ПОТУЖНОСТІ З ПЕРЕКРИТТЯМ НА БАЗІ ОКРЕМОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТА ЕЛЕКТРОННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Для усунення багатьох проблем, пов'язаних із тим, що робота джерела живлення постійного струму та електронного навантаження не перекриваються, як було описано раніше, можна використовувати режим роботи з повним перекриттям. У цьому разі джерело живлення постійного струму та електронне навантаження конфігуруються для роботи з повним перекриттям, як показано на рисунку 4. Тепер електронне навантаження працює не в режимі стабілізації напруги, а в режимі стабілізації струму (*constant current, CC*). Для встановлення сили струму електронного навантаження використовується величина, що перевищує максимальне значення, яке, як очікується, видаватиме ТП. Таким чином, електронне навантаження завжди залишається в режимі стабілізації струму, підтримуючи фіксований рівень сили струму і потужності. Електронне навантаження більше не зазнає впливу будь-яких проблем, пов'язаних із переходами в інший режим роботи. Джерело живлення постійного струму завжди залишається в режимі стабілізації напруги

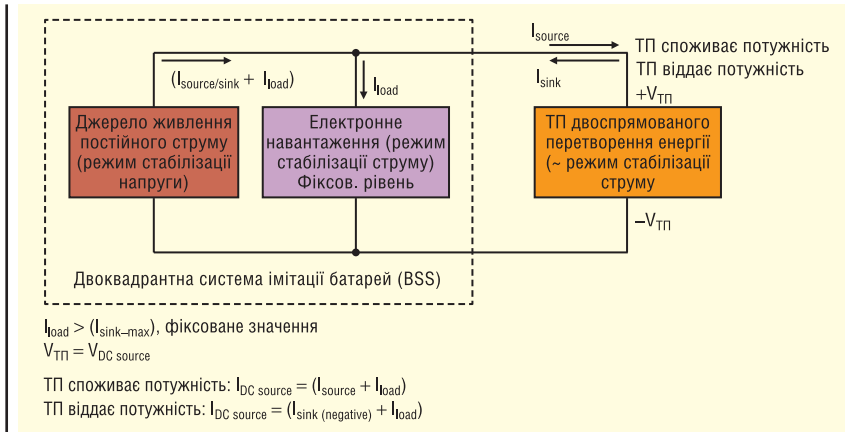


Рис. 4. Структурна схема системи імітації батарей (BSS), у якій джерело живлення постійного струму та електронне навантаження працюють із перекриттям

і завжди видає струм. Тому блокувальний діод більше не потрібен. У результаті ця конфігурація системи BSS завжди працює в режимі стабілізації напруги в усьому діапазоні подачі та споживання потужності, звільнена від переходів електронного навантаження з одного режиму роботи в інший і перехідних процесів напруги зони нечутливості за напругою, які впливають на роботу системи BSS з конфігурацією без перекриття. У результаті в цьому випадку можна відзначити низку недоліків.

Джерело постійного струму має бути значно потужнішим, щоб забезпечити максимальні значення сили струму та потужності, які вимагає ТП, плюс повну величину сили струму, яку безперервно споживає електронне навантаження. Наприклад, для забезпечення 100%-го споживання струму джерело живлення постійного струму має бути вдвічі потужнішим. Електронне навантаження постійно розсіює повну потужність, яка є значною величиною для великої системи.

Під час вимірювань потрібно зчитувати значення сили струму джерела напруги постійного струму та електронного навантаження і визначати різницю між ними, часто щоб із двох великих значень отримати одне мале значення. У результаті страждає точність вимірювань.

Інтегровані технічні рішення для подачі/споживання потужності

Недоліки конфігурування технічних рішень на базі окремого джерела живлення постійного струму та електронного навантаження усуваються, коли функції подачі та споживання потужності інтегровані в одному вимірювальному приладі.

Якщо ці функції інтегровані, вони працюють під керуванням системи зі зворотним зв'язком, щоб забезпечити безперервний, вільний від перехідних процесів, перехід між подачею і споживанням струму і потужності. У цьому випадку немає потреби постійно розсіювати велику величину потужності, щоб досягти цього. Точність вимірювань на постійному струмі та динамічні характеристики є тепер оптимізованими, а не отриманими в результаті компромісів. Технічні характеристики вимірювань значно покращуються за наявності єдиної системи вимірювань для всіх джерел струму.

Основна проблема полягала у відсутності доступних вимірювальних приладів, які б належним чином задовольняли потреби тестування сучасних систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. В результаті інженери не мали вибору, і вони змушені були використовувати системи на базі окремих джерел живлення постійного струму та електронних навантажень.

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ СЕРІЙ N6900/N7900 СІМЕЙСТВА APS КОМПАНІЇ KEYSIGHT З ІНТЕГРОВАНИМИ ФУНКЦІЯМИ ПОДАЧІ ТА СПОЖИВАННЯ ПОТУЖНОСТІ

Джерела живлення постійного струму серій N6900A/N7900A сімейства APS (Advanced Power System — продуктивна система живлення), зображені на рисунку 5, розроблені для тестування сучасних систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії (табл. 1). Їхніми відмінними властивостями є:



Джерело живлення з вихідною потужністю 2 кВт у корпусі висотою 2U



Модуль розсіювання потужності, призначений для використання з джерелом живлення з вихідною потужністю 1 кВт, у корпусі висотою 1U



Джерело живлення з вихідною потужністю 1 кВт у корпусі висотою 1U

Рис. 5. Сімейство APS джерел живлення постійного струму компанії Keysight

- Енергоємні моделі потужністю 1 кВт у корпусі висотою 1U і потужністю 2 кВт у корпусі 2U забезпечують високу потужність у мінімальних габаритних розмірах.
- Вбудована можливість споживання струму в діапазоні до 10% від номінальних вихідних значень. Можливість простого збільшення споживання струму в діапазоні до 100% від номінальних вихідних значень за допомогою опціонального модуля розсіювання потужності N7909A.
- Можливість широкого вибору вихідних напруг враховує різноманітність сучасних ТП і застосувань.
- Режим роботи з пріоритетом напруги або струму дають більшу гнучкість при тестуванні процесів подачі та споживання потужності, незалежно від типу ТП.
- Двоквадрантна вимірювальна система для точних вимірювань напруги, сили струму, рівня потужності, заряду та енергії.
- Розширені можливості подачі потужності та вимірювань динамічних джерел живлення постійного струму серії N7900 сімейства APS можна використовувати для створення динамічних вихідних подій, проведення вимірювань перехідних процесів, безперервної реєстрації напруги, сили струму, рівня потужності та багато чого іншого.
- Розширені можливості маршрутизації сигналів запуску з конфігурованою логікою для створення спеціалізованих функцій керування, запуску та захисту, корисних для спрощення вирішення особливо складних завдань тестування.

Таблиця 1. Моделі джерел живлення постійного струму серій N6900/N7900 сімейства APS компанії Keysight				
	Джерела живлення постійного струму серії N6900A сімейства APS		Динамічні джерела живлення постійного струму серії N7900A сімейства APS	
	1 000 Вт	2 000 Вт	1 000 Вт	2 000 Вт
9 В	100 А	200 А	100 А	200 А
20 В	50 А	100 А	50 А	100 А
40 В	25 А	50 А	25 А	50 А
60 В	17 А	33 А	17 А	33 А
80 В	12.5 А	25 А	12.5 А	25 А

- Унікальна модульна архітектура, що забезпечує просте масштабування інтегрованих систем подачі/споживання потужності в діапазоні до 10 кВт, призначених для тестування пристроїв з великою потужністю.

ІНТЕГРОВАНІ ФУНКЦІЇ ПОДАЧІ ТА СПОЖИВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ СІМЕЙСТВА APS, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК

При використанні окремих джерел живлення постійного струму та електронних навантажень користувач не має доступу до вбудованих можливостей споживання потужності. Джерела живлення сімейства APS мають інтегровану функцію споживання потужності в діапазоні до 10% від номінальних вихідних значень. Без зусиль можна наростити її для використання в діапазоні до 100% від номінальних вихідних значень за допомогою простого додавання одного або двох модулів розсіювання потужності N7909A, залежно від номінальних

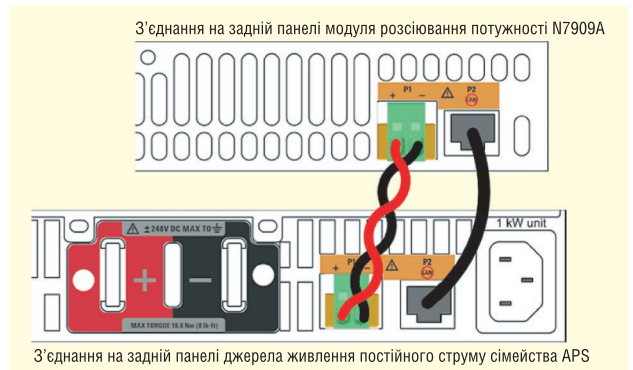


Рис. 6. Створення повністю інтегрованого технічного рішення, що використовує джерело живлення постійного струму серії APS і модуль розсіювання потужності N7909A



КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ
продаж • навчання • сервіс

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



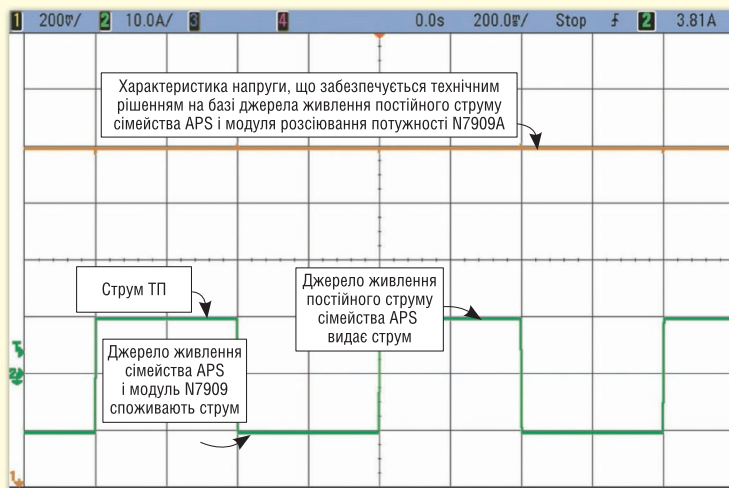


Рис. 7. Безперервна характеристика напруги під час переходів між подачею і споживанням потужності, що забезпечується технічним рішенням на базі джерела живлення постійного струму сімейства APS і модуля розсіювання потужності N7909A



Рис. 8. Реакція джерела-споживача серії RP7900

значень параметрів потужності джерел живлення сімейства APS (1 або 2 кВт). Усе, що потрібно, це під'єднати кабель живлення і кабель керування між цими двома пристроями для створення повністю інтегрованого рішення, як показано на рисунку 6. Як можна побачити на рисунку 7, навіть під час вимірювання з роздільною здатністю за напругою в 100 разів вище джерело живлення постійного струму сімейства APS і модуль розсіювання потужності N7909A забезпечують безперервність і стабільність характеристик напруги під час переходів між подачею і споживанням потужності. Водночас умови тестування використовувалися ті самі, що й для системи імітації батарей на базі окремого джерела живлення постійного струму та електронного навантаження (рис. 2 і 3).

Що стосується серії RP7900, то вона безпосередньо поглинає до 100% но-

мінального струму протягом невизначеного часу безперервно без модуля розсіювання потужності. RP7900 також може забезпечити безперебійний перехід від джерела до споживача, як показано на рисунку 8.

ПОКРАЩЕНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАНЬ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ СІМЕЙСТВА APS

Проведення точних вимірювань напруги, сили струму, потужності, заряду та енергії є необхідним складником тестування сучасних систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. Ці вимірювання є складними та важкими для реалізації в разі використання як бази технічного рішення для тестування характеристик подачі/споживання потужності окремих

джерел живлення постійного струму та електронних навантажень. Як мінімум, окремі значення сили струму, що зчитуються з джерела живлення постійного струму та електронного навантаження, повинні регулюватися і порівнюватися. Цілком ймовірно, джерело живлення постійного струму та електронне навантаження не матимуть достатніх можливостей для вимірювання величини накопиченого заряду та енергії, вимагаючи додавання зовнішніх пристроїв для реєстрації та вимірювань, що супроводжується відповідним ускладненням і проблемами.

Двоквадрантна інтегрована вимірювальна система джерел живлення постійного струму сімейства APS повністю доповнює їхні інтегровані функції подачі та споживання енергії. Проведення точних вимірювань напруги, сили струму, потужності, заряду та енергії спрощується під час використання джерел живлення постійного струму сімейства APS. Як приклад, рисунки 9 і 10 відображають процеси подачі сили струму, напруги та енергії з подальшим накопиченням енергії в суперконденсаторі. Джерело живлення постійного струму сімейства APS і модуль розсіювання потужності N7909A використовуються для заряду і розряду суперконденсатора з одночасним вимірюванням напруги, сили струму та енергії.

КОРОТКІ ВИСНОВКИ

Супутники, гібридні електромобілі, джерела безперебійного живлення, альтернативні джерела енергії та низка інших сучасних систем електропостачання ґрунтуються на системах і пристроях двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. Багато з цих систем і пристроїв двоспрямованого перетворення енергії працюють, використовуючи рівні потужності, що вимірюються кількома кіловатами. Відповідно, під час розробки та виробництва цих систем потрібно забезпечити можливість подавати та споживати рівні потужності в діапазоні від кіловата та вище, що часто є складним завданням для фахівців із тестування.

Найзагальніший підхід полягає у використанні окремого джерела живлення постійного струму та електронного навантаження для подачі та споживання потужності. Однак, на практиці це призводить до низки проблем і компромісів, оскільки процеси подачі та споживання потужності є незалежними. Тільки коли ці процеси повністю інтегровані в одній

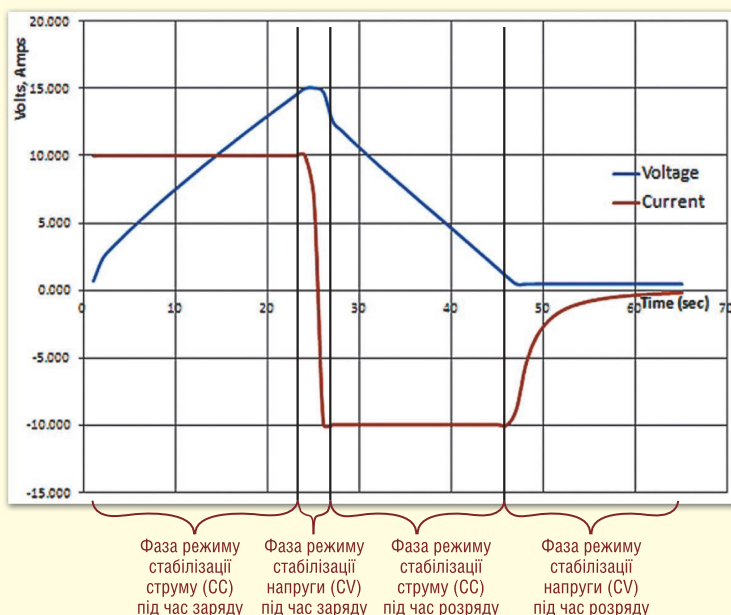


Рис. 9. Графіки напруги та струму під час заряду і розряду суперконденсатора

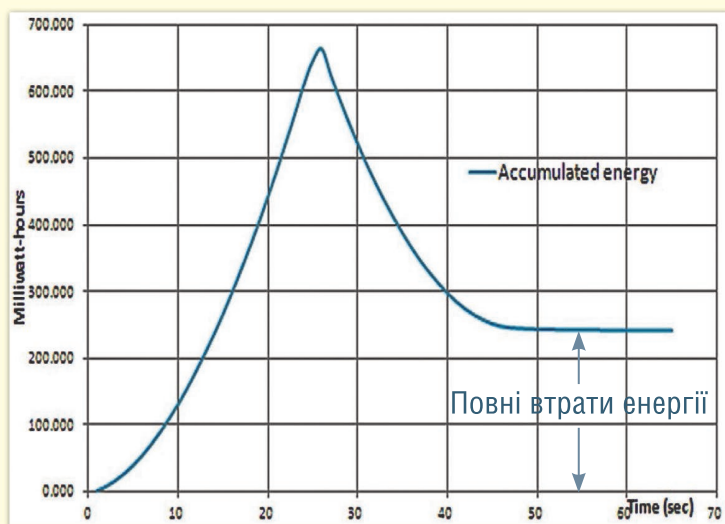


Рис. 10. Процес накопичення і витрати енергії суперконденсатором

системі, можна забезпечити оптимальні та безперервні характеристики. Джерела живлення постійного струму серій N6900A/N7900A сімейства APS мають інтегровані функції подачі та споживання потужності, розроблені для тестування сучасних систем і пристроїв двоспрямованого перетворення та рекуперації енергії. Унаслідок цього джерела живлення постійного струму серій N6900A/N7900A сімейства APS долають усі проблеми створення технічного рішення подання/споживання високих рівнів потужності, забезпечуючи оптимальні характеристики, які можна отримати тільки за допомогою інтегрованого рішення, звільняючи ресурси тестування

для роботи над іншими проблемами, які потрібно розв'язати.

Щоб дізнатися більше про джерела живлення постійного струму серій N6900/N7900 сімейства APS та отримати додаткову детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies, звертайтеся до її 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,
www.unitest.com**

ПРОБНИКИ ІЗ ГАЛЬВАНІЧНОЮ РОЗВ'ЯЗКОЮ

Компанія **Keysight Technologies** розробила сімейство оптично ізолюваних диференціальних пробників, призначених для підвищення ефективності та продуктивності тестування пристроїв, що швидко перемикаються, як-от напівпровідникові прилади з широкою забороненою енергетичною зоною GaN і SiC. Нові пробники напруги будуть представлені на конференції Applied Power Electronics Conference (APEC) 2025 на стенді компанії Keysight (#829) разом з осцилографами Keysight серій MXR B і HD3.

Для перевірки незаземлених напівмостових і повномостових схем, які широко використовують у пристроях перетворення електроенергії, електродвигачах та інверторах, потрібно вимірювання слабких диференціальних сигналів за високих синфазних напруг. Ці вимірювання можуть бути складними через коливання напруги джерела відносно землі, шумові перешкоди та міркування безпеки. Ізольовані диференціальні пробники мають гальванічну розв'язку і подають синфазні напруги, що дає змогу інженерам із силової електроніки точно та безпечно вимірювати незаземлені ланцюги в умовах високої напруги та перешкод. Ця технологія сприятиме прогресу в тестуванні ефективності та комутаційних втрат у високовольтних системах.

Ізольовані диференціальні пробники Keysight забезпечують у 10 млрд разів більше подавлення синфазного сигналу, ніж стандартні диференціальні пробники, що робить їх ідеальними для вимірювань за високої напруги. Завдяки смузі пропускання до 1 ГГц і діапазону диференціальної напруги ± 2500 В ці пробники дають змогу проводити точний аналіз пристроїв GaN і SiC зі швидкою комутацією.

Компанія Keysight розуміє, що майбутнє силових інтегральних схем виходить за межі закону Мура і прагне надати своїм замовникам найкращі технології тестування силових пристроїв, щоб вони могли впевнено реалізовувати свої інноваційні проекти. Нові пробники з оптичною розв'язкою доповнюють широкий набір рішень у галузі електроживлення, які дають змогу оптимізувати процеси тестування цілісності електроживлення, подачі електроенергії та ефективності.

www.keysight.com

CN

Осердя з порошкових матеріалів

Артем Терейковський, директор, ТОВ «НВП АСТЕРА»

E-mail: ferrite@ukr.net

У DC/DC-перетворювачах резонансного типу з топологією LLC зменшення розмірів дроселя можливе завдяки підвищенню робочої частоти та збільшенню індукції в осерді. Для роботи на високих частотах матеріал осердя повинен мати низькі динамічні втрати. З іншого боку, висока відносна проникність осердя дає змогу знизити втрати в обмотці. Найважливішою характеристикою дроселя є стабільність його параметрів у широкому діапазоні значень коефіцієнта потужності перетворювача.

Зниження динамічних втрат і підвищення проникності МПМ, як і раніше, є складним завданням (див. CHIP NEWS, № 2–3 (227–228), 2024). Односкладове осердя, тобто виготовлене з одного матеріалу, не завжди забезпечує необхідне поєднання параметрів. Застосування композитних МПМ або гібридних осердь з різних МПМ дає змогу знизити сумарні втрати в дроселі та покращити його $L-I$ характеристику (залежність індуктивності від струму). У CHIP NEWS, № 9 (234), 2024 описано приклад гібридного осердя, зібраного із двох однакових за розміром вихідних осердь із різних матеріалів. Недоліком такої конструкції є нерівномірний розподіл магнітного потоку [199] як усередині кожного з осердь, так і між ними, що зменшує питому енергоємність дроселя.

Для оптимізації розподілу магнітного потоку придумано безліч способів, більшість яких вимагають застосування осердь нестандартних конфігурацій [200, 201] або спеціальних методів намотування [202]. Такі дроселі значно дорожчі та складніші у виробництві, тому не набули широкого поширення. Економним рішенням може стати комбінація осердь з матеріалів, характеристики яких істотно відрізняються. Непогані результати досягаються за поєднання, наприклад, порошкового і феритового осердь, або феритового та стрічкового осердя з аморфного чи нанокристалічного сплаву [203]. Правильне взаємне розташування осердь дозволяє ефективно використовувати властивості обох матеріалів [204, 205].

Порівняно з МПМ, ферити мають вищу проникність і менші динамічні втрати на високих частотах. Ці властивості сприяють збільшенню питомої енергоємності дроселя, але низька індукція насичення робить осердя з фериту неефективними для застосування в дроселях із сильним підмагнічуванням. Для запобігання насичення у феритове осердя вводиться дискретний зазор, зі збільшенням якого знижується ефективна проникність осердя та зростають втрати.

ДСВ-характеристики всіх комерційних МПМ описуються простими формулами (13), (19) з мінімальним набором коефіцієнтів. Таким чином, $L-I$ характеристика дроселя з порошковим осердям визначається параметрами матеріалу, що використовується, і не може бути змінена. На відміну від МПМ, $B-H$ характеристика феритових осердь залежить як від розмірів зазора, так і від його форми. Для керування $L-I$

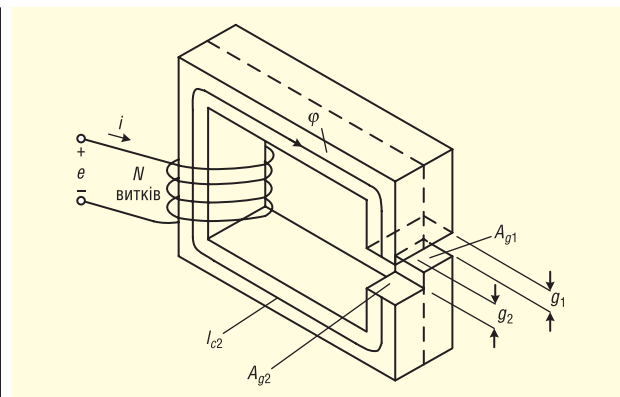


Рис. 54. Схематичне зображення осердя зі східчастим зазором [206]

характеристикою необхідно створити умови, за яких різні ділянки осердя насичуються за різних значень індукції. Такий ефект досягається при змінній величині зазора. Найпростіший випадок змінного зазора зображено на рисунку 54.

Осердя зі східчастим зазором можна умовно вважати таким, що складається з двох частин, кожна з яких має свій розмір зазора. При зростанні індукції першою насичується частина осердя з меншим зазором, завдяки чому загальна індуктивність дроселя стрибкоподібно зменшується. Цей метод дає змогу керувати $L-I$ характеристикою на певній вузькій ділянці. Такі дроселі зі змінною індуктивністю (swinging inductor) знайшли застосування, наприклад, у колах регулювання напруги випрямлячів.

Більш точно $L-I$ характеристика може бути задана за допомогою похилого зазора, величина якого змінюється від мінімального (g) до максимального (G) значення (рис. 55). Похилий зазор можна розглядати як нескінченну кількість

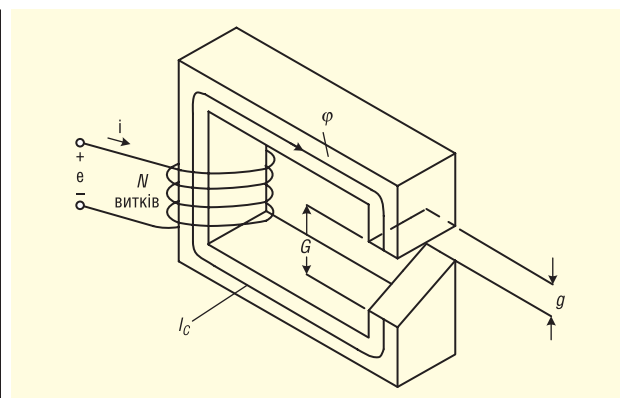


Рис. 55. Схематичне зображення осердя з похилим зазором [206]

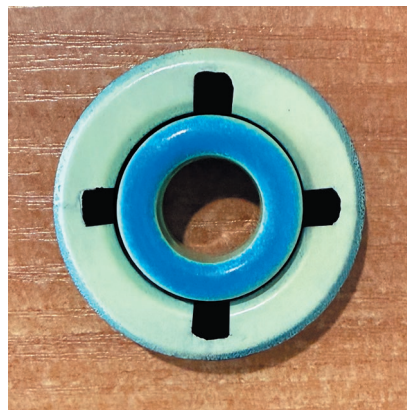


Рис. 56. Гібридне осердя з порошкового та феритового осердь

малих східчастих зазорів, що забезпечує плавну L - I характеристику в ширшому діапазоні значень струму. На відміну від МГМ з «фіксованою» B - H характеристикою, похилий зазор у феритовому осерді дає змогу оптимізувати L - I характеристику дроселя для конкретного завдання, наприклад, накопичувального дроселя коректора коефіцієнта потужності (ККП).

Поєднання порошкового та феритового осердь може бути виконано кількома способами. Наприклад, при концентричному розташуванні порошкове осердя розміщується всередині феритового. Необхідні зазори у феритовому осерді збільшують крижість такої конструкції, тому замість східчастого або похилого зазора роблять кілька часткових зазорів, спрямованих від внутрішнього радіуса до зовнішнього. Такий спосіб дає змогу зберегти достатню міцність гібридного осердя (Рис. 56), полегшує намотування та зменшує втрати завдяки витісненню магнітного поля, що випирає, з зони зазора у внутрішнє осердя з високою індукцією насичення B_{sat} . За слабкої індукції феритове осердя зберігає високу ефективну проникність μ_{eff} , що дає змогу зменшити кількість витків обмотки. У разі насичення феритового осердя його магнітний опір зростає, внаслідок чого частина магнітного потоку перетікає у внутрішнє осердя. Потрібна L - I характеристика дроселя досягається ретельним вибором розмірів зазора.

Wai Keung Mo і співавтори [204, 205] досліджували параметри дроселя підвищувального перетворювача (boost converter) з гібридним осердям, яке було зібрано з порошкового T94-52 [207] та феритового TX42/26/13-3C90 [208], у якому попередньо прорізули чотири рівновіддалені часткові зазори (рис. 56). У роботах вивчено залежність L - I характеристики дроселя від розмірів зазора

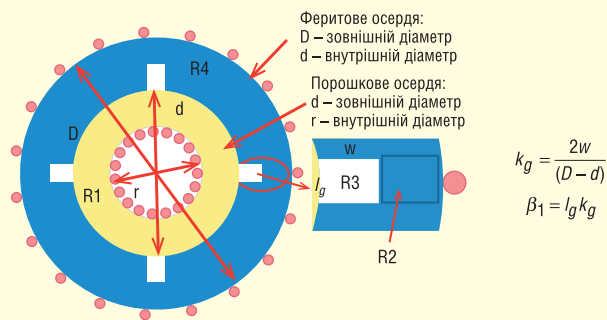


Рис. 57. Фізична модель гібридного осердя з концентричним розташуванням

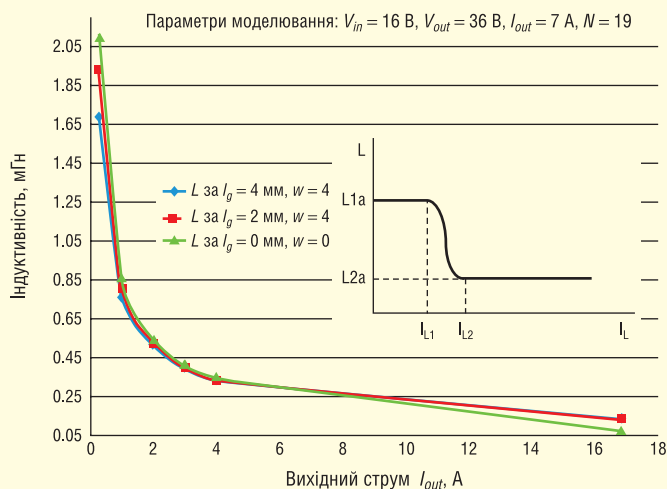


Рис. 58. Вплив розміру зазора на індуктивність дроселя [204]

у феритовому осерді, також проведено порівняння з еквівалентними дроселями з осердями з односкладових МГМ.

Дисклеймер. У процесі аналізу робіт [204, 205] було виявлено помилки, яких припустилися автори під час виведення кількох формул. Використовуючи неправильні формули, автори запропонували некоректну методику визначення оптимальних розмірів зазора у феритовому осерді. Це ставить під сумнів вірогідність представлених ними результатів моделювання параметрів дроселів за допомогою програми ANSYS 2D Maxwell [209]. Попри вказані помилки, запропонована авторами гібридна технологія дозволяє проєктувати ефективніші дроселі у порівнянні з дроселями на осердях із традиційних порошкових матеріалів (за умови, що задані параметри — однакові). Наведені нижче формули (25–35) верифіковані.

Комплементарну до зазора частину феритового осердя називатимемо перемичкою. Фізична модель гібридного осердя зображена на рисунку 57.

Моделювання характеристик дроселів проводилося за допомогою симулятора ANSYS 2D Maxwell [209]. На рисунку 58 відображена залежність індуктивності

дроселя від вхідного струму за різного розміру зазора у феритовому осерді. За слабого струму в обмотці індуктивність дроселя ($L1a$) визначається високою проникністю феритового осердя завдяки малому магнітному опору перемички ($R2$). Після того, як струм в обмотці перевищить певне значення I_{11} , перемичка швидко насичується, що призводить до зниження індуктивності до значення ($L2a < L1a$), яке визначається розмірами зазора (I_g, k_g). Насичення перемички еквівалентно збільшенню зазора у феритовому осерді. Ефект крайового поля, що виникає на краях зазора, сприяє витісненню магнітного потоку з феритового осердя в порошок. Чим вища напруженість поля, тим більша частина магнітного потоку протікає через порошкове осердя, й навпаки.

На рисунку 59 наведено результати моделювання індуктивності дроселя залежно від значення вихідного струму. Бузкова лінія відображає індуктивність дроселя без зазора у феритовому осерді, тоді як інші лінії відповідають індуктивності дроселя з чотирма рівновіддаленими зазорами 2×6 мм, 3×4 мм, 4×3 мм, 6×2 мм. За рівних добуток ширини та глибини зазорів, індуктивності дроселів помітно відрізняються.

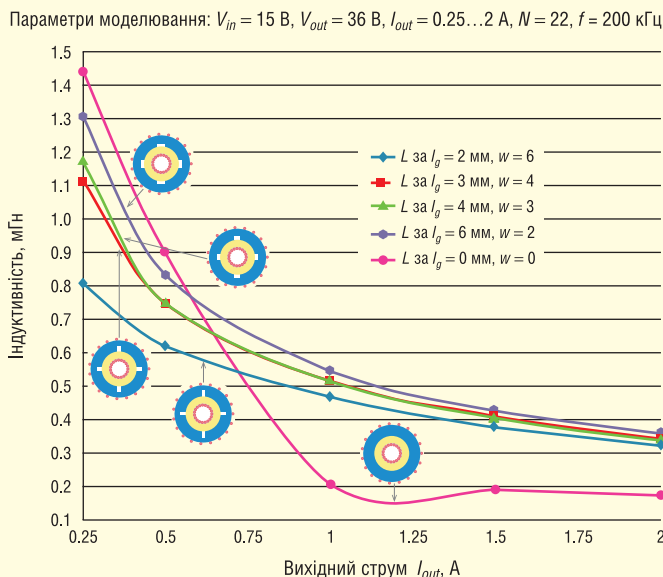


Рис. 59. Ефективна індуктивність дроселя залежно від вихідного струму за різних розмірів зазора [204, 205]

Початкова індуктивність дроселя з феритовим осердям без зазора вища, ніж у варіанта з будь-яким значенням зазора, проте вона різко знижується і досягає мінімуму при струмі 1.2 А, оскільки зовнішнє кільце насичується. Зазор у феритовому осердді запобігає насиченню, тому L - I характеристика дроселя стає більш пологою.

На рисунку 60 показано розподіл індукції в обох частинах гібридного осердя за розміром зазора 3 × 4 мм. Вочевидь, індукція в будь-якій із зон феритового осердя не перевищує $B_{sat} = 0.41 \text{ Т}$.

Для функціонального аналізу гібридного осердя, фізична модель якого наведена на рисунку 56, використовуємо магнітну модель, зображену на рисунку 61. Оскільки магнітний опір порошкового осердя набагато перевищує магнітний опір ненасиченого феритового осердя, значення $R1$ у подальших розрахунках можна вважати константою. Таким чи-

ном, індуктивність дроселя може бути визначена за допомогою рівнянь (25–28):

$$L = N^2 \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R4 + R23} \right), \quad (25)$$

$$R23 = \frac{l_g}{\mu_0 A2 (k_g + \mu_2 (1 - k_g))}, \quad (26)$$

$$R1 = \frac{l_1}{\mu_1 A1}, \quad (27)$$

$$R4 = \frac{l_2 - l_g}{\mu_0 \mu_2 A2}, \quad (28)$$

де

$$A2 = \frac{h_2(D - d)}{2}, \quad A1 = \frac{h_1(d - r)}{2},$$

$$l_2 = \frac{\pi(D + d)}{2}, \quad l_1 = \frac{\pi(r + d)}{2},$$

$$R23 = R2 \cdot R3 / (R2 + R3), \quad 0 < k_g < 1.$$

У розглянутому прикладі у феритовому осердді зроблено чотири зазори, тому у формулах (26) і (28) бере участь сумарне значення l_g усіх чотирьох зазорів.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

B1 — пікова індукція в порошковому осердді

B2 — пікова індукція у феритовому осердді

B_{sat} — індукція насичення феритового осердя

I_{pk} — піковий вхідний струм

I_{in} — середній вхідний струм

I_{out} — вихідний струм

μ_o — початкова магнітна проникність вакууму

μ₁ — проникність порошкового осердя

μ₂ — проникність феритового осердя

μ_{eff} — ефективна проникність феритового осердя із зазором

L_i — ефективна індуктивність гібридного осердя

L1 — окрема індуктивність порошкового осердя

L2 — окрема індуктивність феритового осердя

k_g — відносна глибина зазора у феритовому осердді

l_g — ширина зазора

w — глибина зазора

l₁ — середня довжина магнітної лінії порошкового осердя

l₂ — середня довжина магнітної лінії феритового осердя

A1 — ефективна площа поперечного перерізу порошкового осердя

A2 — ефективна площа поперечного перерізу феритового осердя

N — кількість витків обмотки дроселя

R1 — магнітний опір порошкового осердя

R2 — магнітний опір перемички феритового осердя

R3 — магнітний опір зазора феритового осердя

R4 — магнітний опір феритового осердя (за винятком R2)

Підставляючи (26), (27) і (28) у (25), отримуємо:

$$L_i = \mu_0 N^2 \left(\frac{\mu_1 A1}{l_1} + \frac{\mu_{eff} A2}{l_2} \right). \quad (29)$$

L_i є сумою окремих індуктивностей $L1$ і $L2$, що створюються порошковим

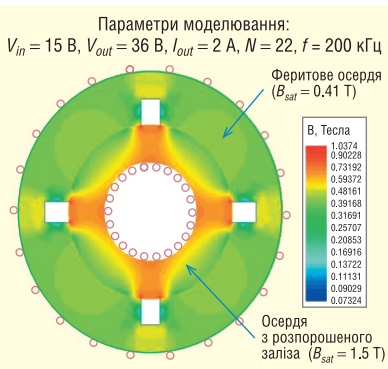


Рис. 60. Розподіл індукції в гібридному осердді [205]

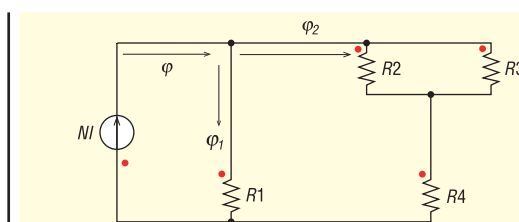


Рис. 61. Магнітна модель гібридного осердя з частковим зазором [204]

NI — магнітотрощійна сила
R1 — опір порошкового осердя
R2 — опір перемички
R3 — опір зазору
R4 — опір феритового осердя за винятком перемички

і феритовим осерддями відповідно, при цьому ефективна проникність феритового осердя визначається як:

$$\mu_{eff} = \frac{\mu_2}{\left(1 + \frac{k_g \frac{l_g}{l_2} \left(1 - \frac{1}{\mu_2}\right)}{\frac{k_g}{\mu_2} + (1 - k_g)}\right)} \quad (30)$$

Для зручності розрахунків введемо такі коефіцієнти:

$$\alpha_1 = 1 - 1/\mu_2, \beta_1 = l_g k_g. \quad (31)$$

Оскільки $\mu_2 \gg 1$, значення k_g/μ_2 нехтувано мале. Це дає змогу подати формулу (30) у вигляді:

$$\mu_{eff} = \frac{\mu_2}{\left(1 + \frac{l_g k_g \alpha_1}{l_2 (1 - k_g)}\right)} \quad (32)$$

Підставляючи (31) у (32) і скорочуючи l_2 , отримуємо:

$$\mu_{eff} = \mu_2 \frac{1 - k_g}{\left(1 - k_g + \frac{\beta_1 \alpha_1}{l_2}\right)} \quad (33)$$

Площу поперечного перерізу гібридного осердя можна виразити через площу перерізу феритового осердя і співвідношення між відповідними параметрами осердь у вигляді:

$$A_2 \left(1 + \frac{k_2 k_3}{k_1}\right),$$

де $k_1 = l_1/l_2$, $k_2 = A_1/A_2$, $k_3 = \mu_1/\mu_{eff}$.

Рівняння (29) набуває вигляду:

$$L_t = \frac{\mu_0 \mu_{eff} N^2 A_2}{l_2} \left(1 + \frac{k_2 k_3}{k_1}\right). \quad (34)$$

З (34) можемо визначити кількість витків обмотки N :

$$N = \sqrt{\frac{L_t}{\frac{\mu_0 \mu_{eff} A_2 \left(1 + \frac{k_2 k_3}{k_1}\right)}{l_2}}} \quad (35)$$

Пікова індукція у феритовому осерді визначається як:

$$B_2 = \frac{\mu_0 \mu_2 N I_{pk}}{l_2} \quad (36)$$

З одного боку, для зменшення числа витків бажано отримати максимальну ефективну проникність μ_{eff} феритового осердя за помірного підмагнічування. З іншого боку, індукція у феритовому осерді має бути нижчою за індукцію насичення ($B_2 < B_{sat}$). Ключовими параметрами, які обмежують індукцію у феритовому осерді, є розмір зазора (l_g , k_g) і кількість витків N .

Формули (33–36) дають змогу визначити, чи виконується умова $B_2 < B_{sat}$ для обраних складників гібридного осердя. Спрощена методика визначення оптимальних розмірів зазора та кількості витків буде розглянута пізніше.

На наступному етапі необхідно оцінити втрати в осерді [210, 211] та обмотці дроселя. Якщо розрахункові значення перевищують допустимі, слід провести повторний розрахунок з іншою парою осердь. Для зниження втрат в обмотці бажано збільшити діаметр дроту або використовувати літцендрат [167], [212–214].

З практичної точки зору, виконання зазорів на внутрішньому радіусі феритового кільця може виявитися складним. При розташуванні осердь одне поверх іншого радіально орієнтовані зазори у феритовому осерді робляться на площині, що прилягає до порошкового осердя. Як і описаному раніше прикладі (CHIP NEWS, № 9 (234), 2024)), така конструкція потребує близьких значень зовнішнього і внутрішнього діаметрів обох осердь. За необхідності можна застосовувати два феритових осердя, розташованих по обидва боки порошкового.

У наступній частині буде розглянуто найпоширеніший спосіб поєднання порошкового і феритового осердь.

Далі буде

Більш детальну інформацію щодо застосування осердь із МПМ та їх придбання можна отримати, звернувшись до компанії ТОВ «НВП АСТЕРА»:

61072, Україна, м. Харків, вул. Тобольська, 42, оф. 222, факс: (+38) 057-728-1808, тел.: (+38) 057-757-2859, (+38) 050-323-3763, (+38) 067-575-4440, (+38) 068-616-7777, e-mail: ferrite@ukr.net, www.ferrite.com.ua

Література:

199. M. Kaçki, M. S. Rylko, J. G. Hayes and C. R. Sullivan. Magnetic material selection for EMI filters. *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2017, pp. 2350–2356.
200. J. Seshadri, D. Xu, K. Ngo. Inductor structure with improved space. *Electronic Lett.*, vol. 48, p. 164–165, 2012.
201. L. Wang, Z. Hu, Y.-F. Liu, Y. Pei and X. Yang. Multipermeability Inductors for Increasing the Inductance and Improving the Efficiency of High-Frequency DC/DC Converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 9, pp. 4402–4413, 2013.
202. Y. Yan, J. Moss, K. D. T. Ngo, Y. Mei, G. Lu. Additive Manufacturing of Toroid Inductor for Power Electronics Applications. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, pp. 5709–5714, 2017.
203. S. Avala, N. Yalla, P. Agarwal. Hybrid Magnetic Core for Downsizing the Inductor in LLC Converter. *IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)*, 2022.
204. W. K. Mo, K. M. Passch. Hybrid magnetics and power Applications. *11th IEEE International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPEPOWERENG)*, 2017. pp. 235–240.
205. W. K. Mo, K. M. Paasch, E. Krenz. Hybrid magnetics and power converter applications. *19th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'17 ECCE Europe)*, 2017, pp. 1–6.
206. W. G. Hurley, W. H. Wölflle. *Transformers and Inductors for Power Electronics*. John Wiley and Sons Ltd., 2013, pp. 301–314.
207. <https://datasheets.micrometals.com/T94-52-DataSheet.pdf>
208. https://www.ferroxcube.com/upload/media/product/file/Pr_ds/T_42_26_13.pdf
209. <https://www.ansys.com>
210. Dr. Ray Ridley, A. Nace. *Modeling Ferrite Core Losses. Switching Power Magazine*, 2006.
211. P. Mukherjee, переклад О. Гнеушев. Оптимальная эффективность: расчет потерь ферритовых сердечников. *Силовая Электроника*, № 4, 2009.
212. G. Slama. Litz wire — When is it an Advantage? *APEC 2018, San Antonio, TX, USA*.
213. Phan-Tan, Chi-Thang & Ngo, Thung & Nguyen-Quang, Nam. Design Procedure and Implementation of Inductor Using Litz Wires for Induction Heating. 2023, pp. 370–374.
214. S. Ramesh, K. Karunanithi, G. Thirumurugan, S. P. Raja. A Litz Wire-Based Inductor Model for a DC-DC Converter-Fed Single-Phase Inverter. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 2024, pp. 1–9.

Основні відомості про налаштування якості зображення

У статті розглядаються питання налаштування якості зображення, отриманого за допомогою сучасних камер.

ну. На цьому етапі починається робота ISP-процесора, який забезпечує максимально можливу якість відтворення.

ВСТУП

На динамічному ринку інтелектуальних пристроїв, що підключаються, з'являються дедалі складніші вироби, які підвищують нашу безпеку, зручність і розширюють можливості дозволяя. Системи відеоспостереження та автомобільні системи безпеки, мобільні пристрої та автономні дрони, інтелектуальне опрацювання зображень і додатки з глибокого навчання — ті додатки, які ставлять перед розробниками складні завдання. Інтелектуальні пристрої нового покоління оснащені штучним інтелектом, який покликаний удосконалити вбудовані рішення за обробки зображень. Ці можливості мають попит у багатьох додатках Інтернету речей (IoT).

ЯКІСТЬ ЗОБРАЖЕННЯ

Якісне зображення обов'язково має бути чітким, яскравим і висококонтрастним. Однак поняття про якість зображення (ЯЗ) містить у собі набагато більше. На якість зображення, яке отримане за допомогою камери, значною мірою впливає кілька факторів. Камера повинна виконати великий обсяг математичних обчислень, щоб прийняти й обробити світловий сигнал від датчика. Цифрові фотоапарати та смартфони справляються з цим завданням при низькому енергоспоживанні за допомогою спеціалізованих процесорів обробки сигналів зображення (*Image Signal Processor, ISP*).

НАЛАШТУВАННЯ КАМЕРИ

Від камери вимагається, щоб вона робила якісні зображення в різних умовах освітлення, зокрема в приміщенні, за яскравого сонячного світла і в темряві. Відеозаписи та зображення можуть

легко втратити кольори, важливі деталі та стати зашумленими за темного світла. Щоб отримати готове зображення, використовується система, що складається з безлічі елементів, які працюють спільно. Якість зображення визначає, наскільки добре система фотокамери працює під час відтворення об'єкта або сцени. Сумарна якість зображення визначається характеристиками датчика, прошивки та об'єктива.

Налаштування найкращої якості зображень і відеороликів, які отримують за допомогою камери як системи, необхідне з урахуванням:

- спотворення лінз, дефектів датчика, шуму, колірної характеристики;
- варіацій механічних, оптичних і електричних характеристик;
- параметрів вимірювання, включно з автоматичною експозицією (AE) зі статистикою яскравості та насиченості, автоматичним фокусуванням (AF) зі статистикою контрастності та автоматичним балансом білого (AWB) зі статистикою кольору;
- суб'єктивного сприйняття користувачів, зумовленого індивідуальними уподобаннями якості зображення.

Необроблені зображення не цілком точно відображають реальну сце-

ОБРОБКА СИГНАЛУ ЗОБРАЖЕННЯ

У кожній системі камери модуль об'єктива з'єднаний із датчиком зображення та ISP-процесором (рис. 1).

- ISP-процесор обробляє дані у форматі RAW з датчика та забезпечує готове зображення.
- Для найкращої якості зображення параметри ISP-процесора рекомендується налаштовувати послідовно кілька разів з урахуванням різних умов освітлення та сценаріїв.
- Через велику кількість ISP-параметрів, які підлягають оптимізації, процедура налаштування може зайняти від кількох тижнів до місяців.

ПЕРЕТВОРЕННЯ БАЙЄРА ДЛЯ КОЛЬОРОВИХ НАСИЧЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Фільтр Байєра, або двовимірний масив кольорових фільтрів (*Color Filter Array, CFA*), працює як дисплей, накриваючи фотодіоди матриць. Ці датчики призначені для відтворення червоного, зеленого та синього кольорів у кожному світлочутливому елементі.

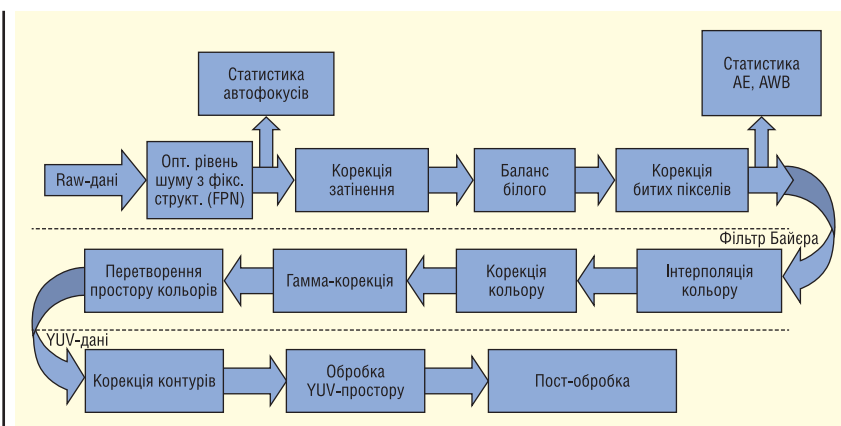


Рис. 1. Типовий ISP-конвеєр для цифрової камери

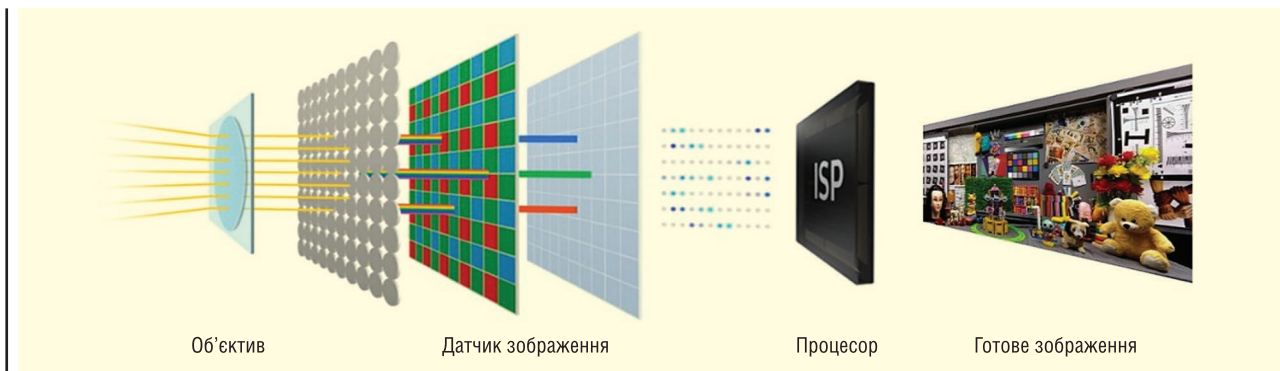


Рис. 2. Перетворення світлової інформації на зображення, оброблене ISP-процесором

Через синій фільтр проходять тільки сині фотони, а через червоний і зелений фільтри — тільки червоні та зелені.

Значення світлочутливих елементів об'єднуються для створення повноколірних пікселів за допомогою алгоритму демозаїзації, а потім обробляються конвеєрним ISP-методом для отримання високоякісного зображення (рис. 2).

У результаті за допомогою датчика зображення світло, що пройшло через оптичну лінзу, перетворюється в електронний вигляд. Ця інформація надсилається ISP-процесору, який її реконструює у вигляді зображення. ISP-процесор підвищує якість зображення, навіть якщо освітлення не є оптимальним для фотографування.

Набір алгоритмів 3A (автоекспозиція, автоматичний баланс і автофокус) контролює експозицію камери, баланс білого (рис. 3) і фокусування.

Підвищення якості зображення при слабкому освітленні (рис. 4):

- автоматичне покращення кольору;
- незалежна від датчика реалізація;
- підтримка форматів Bayer і YUV;
- 2D-шумопридушення без втрати чіткості.

Зображення/відео з розширеним динамічним діапазоном (HDR) (рис. 5) — усунення проблем з динамічним діапазоном, типових для недорогих камер. Ця функція покращує візуалізацію, забезпечуючи більш реалістичне зображення або відео. Особливості її застосування:

- алгоритми поєднання зображень та усунення подвоєння;
- легко використовується в спеціалізованих апаратних рішеннях із до-

АЛГОРИТМИ ПОБУДОВИ ЗОБРАЖЕНЬ

Алгоритми формування зображень є спеціалізованим набором процедур, розроблених для різних сценаріїв використання з метою покращення якості зображень у режимі реального часу. До них належать:

- алгоритми 3A (AWB, AF, AE);
- підвищення якості зображення при слабкому освітленні;
- алгоритми розширеного динамічного діапазону (HDR);
- програмний конвеєр зображень;
- алгоритми стереовізуалізації;
- програмний конвеєр матричної камери для ефекту боке та перефокусування;
- генерація розподілу глибини для датчиків часопростірної камери;
- видалення просторового і часового шуму;
- багатокadroва і покadroва надвисока роздільна здатність;
- електронна стабілізація зображення (EIS).

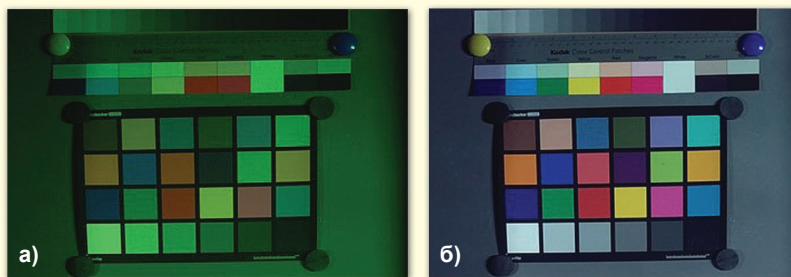


Рис. 3. Приклад неналаштованого (а) та налаштованого (б) автоматичного балансу білого (AWB)

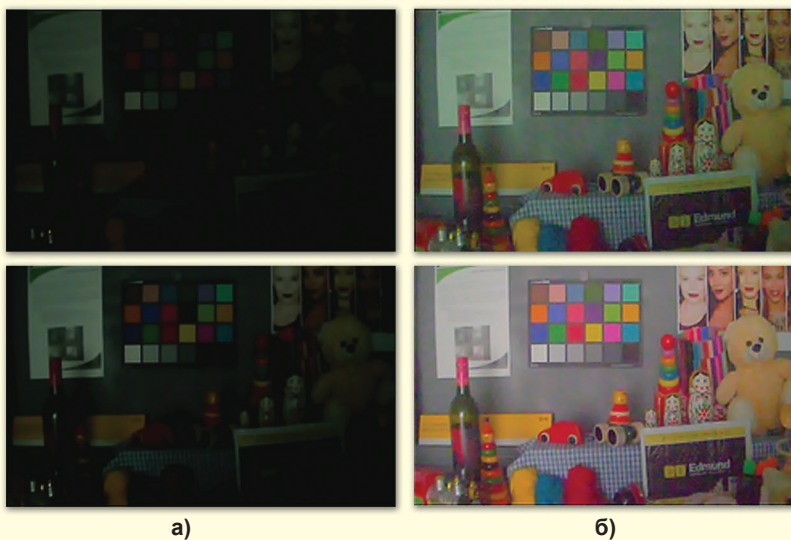


Рис. 4. Оброблене зображення: без функції покращення при слабкому освітленні (2 лк) (а); з використанням функції при слабкому освітленні (5 лк) (б)

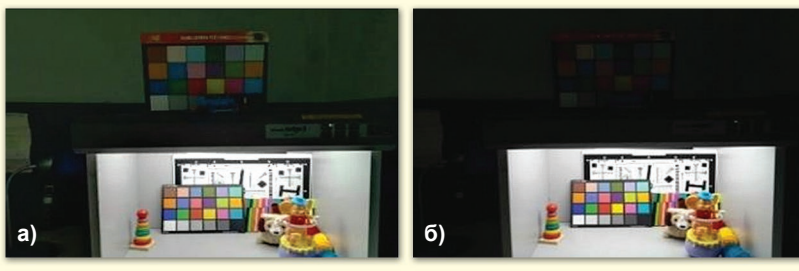


Рис. 5. Діапазон зміни яскравості зображення під час використання функції розширення динамічного діапазону (HDR): HDR увімкнено (а); HDR вимкнено (б)

ступом до драйвера камери та на апаратному (HAL) рівні.

- ефективні методи злиття багатоекспозиційних зображень зі збереженням найкращої інформації кожного з них.

НАЛАШТУВАННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ КАМЕР СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Здатність камери знімати зображення автомобіля, що рухається на дуже високій швидкості в денному або нічному режимі з різною частотою кадрів безпосередньо впливає на якість візуалізації. Щоб отримати зображення найкращої якості, кожен блок ISP-процесора необхідно налаштувати так, щоб камери генерували прийнятні зображення або відео за будь-яких умов освітлення.

Відповідно до ключових вимог у випадку, що розглядається, необхідно:

- зробити високоякісні зображення в денному режимі за різних умов

освітлення в діапазоні від яскравого сонця до похмурого неба;

- зробити високоякісні зображення в нічних умовах, коли об'єкт освітлюється вбудованими інфрачервоними світлодіодними світильниками;
- забезпечити частоту кадрів вище 25 кадр/с за повної роздільної здатності сенсора 5 Мп.

Необхідно здійснити покрокове налаштування кожного ISP-блока, щоб уникнути непотрібних ітерацій: у тих випадках, коли один із блоків процесора не відкалібрований або не налаштований правильно, якість зображення страждає під час опрацювання в наступних блоках. Налаштування виконується таким чином шляхом аналізу апаратних можливостей і обмежень на основі специфікацій:

- налаштування алгоритмів 3A;
- об'єктивне налаштування якості зображення;
- суб'єктивна оцінка;
- оцінка якості зображення та порівняльний аналіз.

Налаштування ЯЗ необхідно виконати для кожного з ISP-блоків, показаних на рисунках 6–7 для денного і нічного режимів.

ОБ'ЄКТИВНІ ВИМІРЮВАННЯ

У процес налаштування входить розрахунок параметрів камери (наприклад, темновий струм, колірний RGB-простір датчика, модель шуму, еталонні значення AWB, модель спотворення тощо) під час отримання початкових налаштувань для модулів ISP і 3A. Ці параметри камери розраховуються на основі зображень стандартних тестових таблиць, складених за певних і контрольованих умов освітлення.

Для захоплення цих зображень зазвичай потрібна лабораторна установка з однорідним джерелом світла, тестовими таблицями та вимірювальним обладнанням, наприклад, з люксметром і хроматометром. Кількість зображень для захоплення зазвичай залежить від конфігурації динамічних областей кожного з ISP-блоків, створених на основі рівнів освітленості, часу експозиції, посилення датчика або колірної температури.

СУБ'ЄКТИВНА ОЦІНКА

До моменту завершення початкового налаштування більшість об'єктивних вимог до якості зображення зазвичай виконано, але проводиться суб'єктивна оцінка ЯЗ для точного налаштування з метою забезпечення бажаних резуль-



Рис. 6. Налаштування для денного режиму



Рис. 7. Налаштування для нічного режиму

татів. Тонке налаштування складається з таких етапів:

- захоплення й аналіз реальних сцен для виявлення проблем із якістю;
- зміна параметрів ISP і 3A для виправлення проблем з якістю і врахування переваг або додавання даних калібрування для обробки сцен певного типу.

Цей процес виконується в кілька ітерацій, щоб виявити всі недоліки і переконатися у відсутності нових артефактів, а також у тому, що дотримано переваг за рівнем якості зображення. У процесі цього налаштування вимірюється якість зображення, щоб визначити ступінь оптимізації параметрів ISP-процесора. Тестування проводиться у два етапи.

ОБ'ЄКТИВНЕ ТЕСТУВАННЯ ЯЗ

Після початкового налаштування виконується об'єктивне тестування ЯЗ, і вимірюються ключові показники ефективності із залученням зображень зі стандартних випробувальних таблиць, наприклад X-rite MCC, ISO, eSFR тощо, отриманих у різних умовах освітлення шляхом симуляції в лабораторії, в

діапазоні 2000–7500 К за освітленості 1–10000 лк. Сценарії тестування і критерії проходження/непроходження тестів узгоджені з передбачуваним сценарієм експлуатації камери.

СУБ'ЄКТИВНЕ ТЕСТУВАННЯ ЯЗ

Зазвичай використовуються різні сценарії: у приміщенні, на вулиці в різний час дня, пейзажне знімання, сцени з широким динамічним діапазоном, зі слабким освітленням, у змішаних умовах освітлення тощо. Отримані зображення можна використовувати в додатках машинного зору для автоматичного визначення номерного знака, типу і кольору транспортного засобу.

Аналізуються та коригуються такі параметри:

- природна насиченість кольору;
- рівень шуму та елементи текстури (згладжування, муар, артефакти різкості, якість тексту в документах тощо);
- вибір автоматичного балансу білого (різний час дня, сутінки та ніч);
- яскравість (AE) і тональний діапазон;
- чіткість візуалізації та роздільна здатність зображень номерних знаків.

ОЦІНЮВАЛЬНИЙ ТЕСТ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ

Цей процес передбачає порівняння цієї оцінки якості зображення налаштованого пристрою під час тестування з іншими стандартними споживчими пристроями. Тестування якості зображення за об'єктивними та суб'єктивними критеріями допомагає покращити та зробити якість зображення пристрою, що тестується, порівнянню зі стандартними споживчими виробами.

ВИСНОВКИ

Налаштування конвеєра зображення — складне завдання для конкретної системи камер. Багато артефактів погіршують якість зображення. Щоб їх усунути та забезпечити високоякісні цифрові зображення, камеру слід оснастити засобами обробки сигналу зображення. При цьому необхідно обов'язково розуміти призначення кожного ISP-блока і можливості оптимізації на всіх етапах конвеєрного оброблення даних у кожному конкретному випадку.

CN



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

Коаксіальні роз'єми та кабелі для радіочастотних застосувань

З огляду на те, що типові радіочастотні системи складаються з великої кількості елементів, до яких відносяться, наприклад, РЧ-генератори, підсилювачі, атенюатори, вимірювачі потужності, з'єднувачі, антени тощо, нерідко багато уваги приділяють цим «високотехнологічним» пристроям, а роз'єми та кабелі розглядають як другорядні компоненти. За великого розмаїття коаксіальних роз'ємів і кабелів, які пропонуються для використання в радіочастотному та НВЧ-спектрах, ігнорування цих важливих компонентів є помилковим і може призвести до небажаної деградації системи.

ВСТУП

Коаксіальні РЧ-роз'єми забезпечують радіочастотні з'єднання в системах зв'язку, у мовленні, випробуваннях на електромагнітну сумісність, у комерційних і військових проектах, а також у сферах випробувань і вимірювань. У цій статті розглядаються коаксіальні РЧ-роз'єми та кабелі різних типів, а також способи їх використання. Крім того, надаються рекомендації, які допоможуть вибрати роз'єми, що найбільшою мірою відповідають конкретним застосуванням.

КОАКСІАЛЬНІ РЧ-РОЗ'ЄМИ

Значна кількість РЧ-роз'ємів, що пропонуються на ринку, може збити з пантелику, але слід розуміти, що всі вони характеризуються лише кількома ключовими параметрами. Найбільш

очевидною характеристикою роз'єму є його фізичний розмір. До інших характеристик належать потужність, що передається через роз'єм, і частотний діапазон. Для забезпечення максимальної переданої потужності характеристичний імпеданс роз'єму має бути узгоджений з імпедансами джерела і навантаження. Усі ці характеристики, поряд із довговічністю і вартістю з'єднувача, необхідно враховувати в кожному окремому випадку.

Роз'єми найпоширеніших типів для РЧ-застосувань пропонуються як у штирьових, так і в гніздових конфігураціях, стандартних і прецизійних класів і, в деяких випадках, у високопотужному виконанні.

BNC-роз'єми

Роз'єми BNC (рис. 1), можливо, є одними із найпоширеніших з'єднувачів, що використовуються у сфері випробувань і вимірювань. Ці пристрої, розроблені корпорацією Bell Labs на початку 1950-х рр., зазвичай використовують у міжсистемних лініях зв'язку з малим енергоспоживанням у випробувальному РЧ-обладнанні, до якого належать генератори сигналів, осцилографи та підсилювачі. У недорогому BNC-роз'ємі застосовується байонетне утримувальне кільце, що забезпечує швидке з'єднання і від'єднання, а також запобігає випадковому роз'єднанню. Характеристичний імпеданс роз'єму BNC зазвичай становить 50 або 75 Ом залежно від застосування. Роз'єми цього типу, як правило, розраховані на експлуатацію в діапазоні 0–4 ГГц, але вони рідко використовую-

ються на частотах вище 500 МГц. Хоча роз'єми BNC здатні працювати з сигналами середньої потужності 80–100 Вт на частоті до 1 ГГц, вони не мають максимальної номінальної потужності. Їхня максимальна номінальна напруга становить близько 500 В.

TNC-роз'єми

Роз'єми TNC (рис. 2) є різьбовою версією роз'ємів BNC. Різьба підвищує безпеку з'єднання і, таким чином, зменшує проблеми з вібрацією, які можуть виникнути при використанні BNC. TNC-роз'єм працює на вищих частотах, ніж BNC; випускаються також версії TNC, розраховані на передачу високої потужності.

Роз'єми SMA

Роз'єм типу SMA (рис. 3), розроблений у 1960-х рр., набув широкого поширення в малопотужних високочастотних застосуваннях. Спочатку він при-

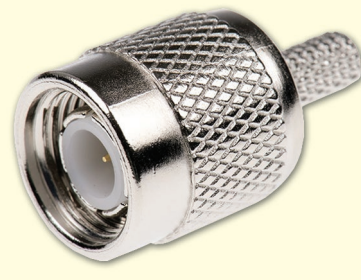


Рис. 2. Зовнішній вигляд роз'єму TNC

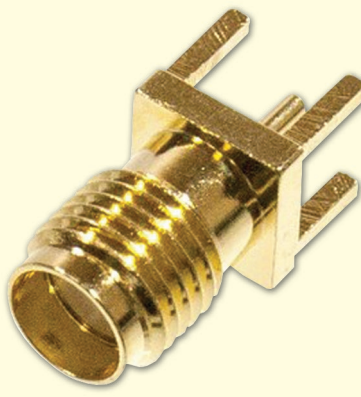


Рис. 3. Зовнішній вигляд роз'єму SMA



Рис. 1. Зовнішній вигляд роз'єму BNC



Рис. 4. Зовнішній вигляд 3.5-мм роз'єму



Рис. 5. Зовнішній вигляд 2.4-мм роз'єму



Рис. 6. Зовнішній вигляд роз'єму 2.92 мм/К-типу

значався для використання з напівтвердим коаксіальним кабелем типу 141, де центральний провідник був центральним штирем. Пізніше цей роз'єм став застосовуватися і в гнучких кабелях із паянням на центральні контакти. Він складається з внутрішнього контактної кільця і шестигранної затискної гайки, закріпленої за допомогою стопорного кільця. Для забезпечення необхідного крутного моменту використовуються спеціальні ключі, як правило, з крутним моментом 0.57 Н·м. Випускаються різні версії роз'ємів цього типу: високочастотні, самоблокувальні та прецизійні. SMA-роз'єми, які зазвичай використовують у між'єднаннях на РЧ-платах, у НВЧ-фільтрах і атенуюаторах, працюють на частоті до 18 ГГц. Прецизійні версії розширюють верхню межу частоти до 26.5 ГГц. Хоча SMA сумісні з роз'ємами 2.92-мм/К, 3.5-мм і APC-3.5, їх не рекомендується сполучати, оскільки невеликі відмінності в розмірах можуть призвести до пошкодження.

3.5-мм роз'єм

Роз'єм на 3.5 мм (рис. 4) є прецизійним. У початковому вигляді він був розроблений компанією Hewlett Packard (нині Keysight Technologies). Він схожий за конструкцією на SMA, але використовує повітряний діелектрик для під-

вищення продуктивності. Ці роз'єми добре працюють до 34 ГГц, але зазвичай використовуються до 26.5 ГГц. Оскільки роз'єм на 3.5 мм є прецизійним, він дорожчий за аналогічні конструкції, і тому частіше використовується в калібрувальних наборах і метрологічних застосуваннях, а не в традиційних випробувальних і виробничих системах.

2.4-мм роз'єм

У цьому 50-ГГц роз'ємі (рис. 5), розробленому в середині 1980-х рр. компанією Hewlett Packard (нині Keysight Technologies), використовується зовнішній провідник діаметром 4.7 мм, що охоплює центральний провідник діаметром 2.4 мм. Залежно від сфери застосування випускаються роз'єми трьох класів: загального призначення, для з'єднань приладів і метрології. Оскільки ці роз'єми не сумісні безпосередньо з сімейством роз'ємів SMA, для сполучення роз'єму 2.4 мм з SMA потрібні прецизійні адаптери.

Роз'єми 2.92 мм/К-типу

Цей з'єднувач (рис. 6) розробила компанія Wiltron (нині Anritsu Corporation). Продуктивність цього пристрою можна порівняти з продуктивністю 2.4-мм роз'єму, хоча максимальна частота обмежена рівнем у 40 ГГц. Позначення «тип К» вказує на його здатність працювати на всіх частотах К-діапазону.

Роз'єми N-типу

Це один із найпоширеніших радіочастотних роз'ємів (рис. 7), що використовуються нині в усьому світі. Цей високоякісний роз'єм розробила корпорація Bell Labs у 1940-х рр. Він має різьбове з'єднання і прокладку для захисту внутрішніх елементів. Роз'єм N-типу є міцним і відносно недорогим. Його стандартна версія здатна працювати за безмодовим принципом до 11 ГГц. Іншими словами, лише незначна частина енергії частот нижче 11 ГГц переходить у вищі моди. Прецизійні версії розширюють верхню межу частоти до 18 ГГц. Цей міцний різьбовий роз'єм, призначений для експлуатації в підсилювачах, спрямованих відгалужувачах, вимірювачах потужності та коаксіальних атенуюаторах, забезпечує дуже надійне з'єднання. Випускаються не тільки 50-, а й 75-Ом версії; останні зазвичай застосовуються в кабельному телебаченні.

Роз'єми С-типу

Роз'єм С-типу (рис. 8) розробила компанія Amphenol для використання в



Рис. 7. Зовнішній вигляд роз'єму N-типу

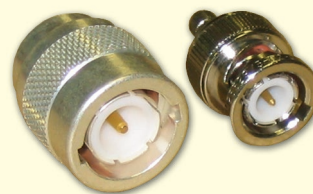


Рис. 8. Зовнішній вигляд роз'ємів С-типу



Рис. 9. Зовнішній вигляд роз'єму 7-16 DIN

проектах із високою потужністю, а також для забезпечення швидкого з'єднання/роз'єднання. У ньому використовується байонетне утримувальне кільце з двома штирями, схоже за конструкцією з BNC. Популярність роз'єму С-типу з роками зменшилася, але він все ще зустрічається на ринку. Замість цього пристрою в багатьох випадках застосовується роз'єм 7-16 DIN завдяки схожим значенням частоти та потужності. Випускаються версії на 75 Ом, а також версія SC з різьбовим кільцем для надійнішого з'єднання.

Роз'єми 7-16 DIN

Цей роз'єм (рис. 9) з'явився пізніше за раніше розглянуті. 7-16 DIN був розроблений Німецьким інститутом зі стандартизації (DIN). Числова частина його назви позначає розміри внутрішнього і зовнішнього провідників: «7» — зовнішній діаметр внутрішнього провідника, мм, і «16» — внутрішній діаметр зовніш-



Рис. 10. Зовнішній вигляд роз'єму EIA

нього провідника, мм. У моделі 7-16 використовується накладна гайка з різьбленням M29×1.5. Роз'єм 7-16 DIN був розроблений для комунікаційних систем з урахуванням низької інтермодуляції. До інших поширених застосувань належать антени, з'єднання з базовими станціями, радіочастотні кабелі, SATCOM і системи блискавкозахисту.

Роз'єми серії EIA

Серія коаксіальних роз'ємів EIA (рис. 10) випускається у версіях EIA 7/8, EIA 1 5/8, EIA 3 1/8, EIA 4 1/2 і EIA 6 1/8 дюйма, кожна з яких підходить для РЧ-застосувань. Ці роз'єми для кабелів з пінопластовим або повітряним діелектриком складаються з основного корпусу, монтажного фланця з різними колами для болтового кріплення і зазвичай мають змінні/знімні центральні провідники. Завдяки функціонально гнучкій конструкції роз'єми EIA часто не класифікують як штирові або гніздові, оскільки їх можна використовувати в будь-якій конфігурації. Роз'єми EIA використовують у проєктах із високою потужністю в спрямованих відгалужувачах, коаксіальних кабелях, на виходах підсилювачів потужності та в між'єднаннях на комунікаційних вишках і антенах. Найпоширенішими розмірами, що потрібні контрольно-вимірювальним системам, є 1 5/8 і 7/8 EIA. Випускаються також адаптери для спільного використання серії EIA з деякими більшими РЧ-роз'ємами, наприклад 7-16 і N-типу.

Технічні характеристики роз'ємів

У таблиці 1 додатково визначаються значення максимальної частоти, переданої потужності та крутного моменту описаних вище РЧ-роз'ємів.

ПРАВИЛЬНИЙ ВИБІР

Під час вибору роз'єму слід виходити з того, що вимоги до його діапа-

Таблиця 1. Значення максимальної частоти, потужності та крутного моменту описаних роз'ємів

Тип роз'єму	Макс. частота, ГГц	Макс. потужність безперервної хвилі за макс. частоти, Вт	Н·см
2.4 мм	50	15	90
2.92 мм/К	40	20	90
3.5 мм	34	45	90
Прецизійний SMA	26,5	70	57
BNC	4	70	—
TNC	18	250	—
N	11	150	135
Прецизійний N-тип	18	250	135
C	12	440	—
7-16 DIN	7.5	820	226
7/8 EIA	6	920	—
1 5/8 EIA	3	3200	—

зону робочої частоти і потужності, що передається, задає проєктована система. Діаграма, наведена на рисунку 11, надає довідкову інформацію для вибору типу роз'єму, визначаючи передану потужність стандартних коаксіальних роз'ємів за узгоджених імпедансів джерела і навантаження в контрольованих лабораторних умовах.

Допустима передана потужність роз'єму

Допустима потужність роз'єму може бути істотно різною залежно від його конструкції, температури довкілля та обладнання, а також відбитої потужності. Постійна передана потужність роз'єму, здебільшого, залежить від того, наскільки підвищується температура через потужність, що розсіюється, яка є сумою

джоулевих і діелектричних втрат. Отже, керування тепловим режимом стає основним фактором, що впливає на величину номінальної потужності. Ці аспекти ми докладніше обговоримо нижче.

Конструкція і матеріали роз'єму

Матеріали, що використовуються в роз'ємі, впливають на його допустиму передану потужність; при цьому діелектрик має найбільший вплив. У більшості роз'ємів використовується один з декількох фторопластів для захоплення й утримання центрального провідника, причому найширше використовується політетрафторетилен (ПТФЕ). У з'єднувачах із повітряним діелектриком, наприклад, у прецизійних роз'ємах на 2.4, 2.9 або 3.5 мм замість ПТФЕ застосовують високотемпературний матеріал

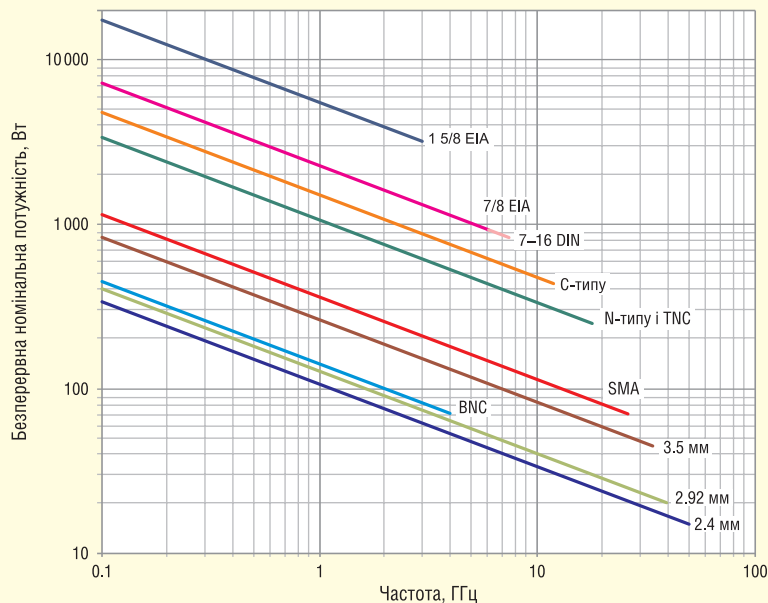


Рис. 11. Довідкова діаграма. Номінальні потужності окремих роз'ємів у специфікаціях виробників можуть відрізнятися від зазначених номіналів

(Utem 1000). В інших випадках у роз'ємах для варіантів застосувань високої потужності можуть використовуватися теплопровідні діелектрики для більшого охолодження центрального провідника, ніж забезпечує ПТФЕ.

Іншим матеріалом, що є цікавим, є покриття центрального провідника. Високі температури спричиняють швидке окислення матеріалів контактів, збільшення опору і джоулевих втрат. Підвищення потужності, що розсіюється, призводить до ще більшого збільшення температури та, в кінцевому підсумку, до саморозігріву. Цю поведінку не так легко охарактеризувати, як діелектричне нагрівання, оскільки вона значною мірою залежить від умов експлуатації й часто — від використовуваних запатентованих матеріалів і товщини покриття. Однак чим простіше визначаються обмеження щодо діелектричних матеріалів, тим типовішими є короткочасні режими відмови та вимоги щодо потужності.

Температура

На температуру роз'єму впливає не тільки температура навколишнього повітря, а й під'єднаного пристрою. Теплообмін із відповідним роз'ємом/

пристроєм зазвичай має більший вплив, ніж температура навколишнього середовища. Головне завдання в тому, щоб внутрішня температура з'єднувача не перевищувала номінальну температуру внутрішніх компонентів, яка, головним чином, обмежується номінальною температурою діелектрика. Допустима передана потужність знижується з рівня повної номінальної потужності за номінальної температури до нульової потужності за максимально допустимої температури матеріалів роз'єму. Під час проектування системи рекомендується проконсультуватися з виробником роз'ємів щодо кривої погіршення номінальних характеристик залежно від температури.

Відбита потужність

Під час роботи з неузгодженим навантаженням частина потужності відбивається в джерело. Суперпозиція прямої та відбитої хвилі сигналу, що проходить одним і тим самим кабелем, викликає утворення стоячих хвиль. Мірою узгодження опору навантаження з характеристичним опором лінії передачі або хвелеводу є коефіцієнт стоячої хвилі за напругою (КСХН). Стояча

хвиля призводить до появи пікових і нульових значень струму вздовж кабелю з інтервалом у чверть довжини хвилі. Більший струм означає вищу потужність і, отже, більше нагрівання. Ділянки кабелю, де виникають піки стоячої хвилі, піддаються підвищеному локальному нагріванню. У результаті вздовж кабелю чергуються ділянки з вищою і нижчою температурою. Для рахування локального нагріву через пікову потужність стоячої хвилі застосовується така формула:

Коригувальний коефіцієнт =

$$= \frac{1}{\left(1 + \frac{КСХН - 1}{КСХН + 1}\right)^2}$$

У графічному вигляді це співвідношення ілюструється рисунком 12.

На менших частотах, де довжина хвилі більша, а піки струму широкі й добре відокремлені від сусідніх нульових значень струму, заведено керуватися піковими значеннями потужності стоячої хвилі. Однак застосування того ж правила до роз'ємів меншого розміру, що використовуються на високих частотах,



www.tpss.com.ua

Постачання електронних компонентів та з'єднувачів

<https://www.instagram.com/techprogres>

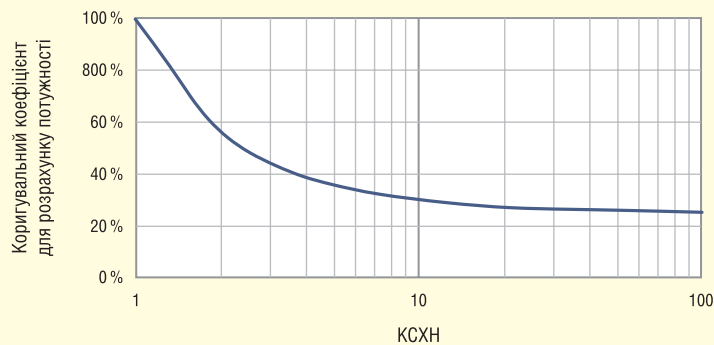


Рис. 12. Погіршення КСХН

тах, дає непридатні значення номінальної потужності. Через короткі довжини хвиль на високих частотах локальні гарячі та холодні ділянки кабелю малі та перебувають у безпосередній близькості одна від одної, що сприяє передачі тепла між ними та зниженню пікових температур. Зі зростанням частоти крива погіршення КСХН починає наближатися до наведеної середньої потужності стоячої хвилі.

Цей ефект теплового усереднення іноді допускає появу на кривій погіршення більшого значення номінальної потужності на вищих частотах між піковою потужністю стоячої хвилі та її середньою потужністю. Для врахування цієї обставини під час проектування рекомендується проконсультуватися з виробником роз'ємів.

Імпульсний режим

Під час роботи з імпульсними сигналами необхідно взяти до уваги ще кілька додаткових факторів, крім раніше згаданих.

Роз'єми можуть працювати з рівнями імпульсної потужності, які перевищують їхню номінальну постійну потужність завдяки відсутності нагрівання у вимкненому стані. Протягом цих інтервалів часу роз'єм охолоджується і, таким чином, відбувається теплове усереднення протягом усього циклу сигналу. Середня потужність за повний цикл не повинна перевищувати номінальну постійну потужність роз'єму. Середня потужність розраховується таким чином:

$$\text{Середня потужність} = \frac{\text{потужність імпульсу} \cdot \text{коэф. заповнення}}{100}.$$

У разі проектування імпульсних застосувань, де середня потужність наближається до номінальної потужності безперервного сигналу роз'єму, що передається, рекомендується звернутися до виробника роз'єму за додатковими рекомендаціями.

Під час розроблення також необхідно враховувати можливість виникнення пробою напруги на дуже високих рівнях потужності. Робота з дуже високими рівнями імпульсної потужності за досить малого коефіцієнта заповнення може дати прийнятний середній рівень потужності. Однак висока напруга під час проходження імпульсу може перевищити напругу пробою діелектричного матеріалу і призвести до виникнення дуги між центральним провідником та екраном/землею з подальшим пошкодженням і загорянням компонентів. Пробій за напругою відбувається на меншому рівні в коаксіальній конфігурації, ніж у простій конфігурації з некоаксіальним зазором на тій самій відстані. Рівні напруги пробою в коаксіальній конфігурації розраховують, щоб визначити придатність роз'єму для конкретного застосування.

Напруга пробою діелектрика вища, ніж повітря. Однак під час моделювання пікової напруги з граничними значеннями рекомендується використовувати показник повітря, а не вищу напругу пробою діелектрика, оскільки, цілком імовірно, на якійсь ділянці РЧ-тракту є повітряний зазор.

Адаптери

Використання адаптера між роз'ємами різних типів вимагає обережності та розуміння пов'язаних із цим обмежень. Факт наявності адаптера не означає, що він підходить для експлуатації в проєктованій системі. Кожен тип роз'єму має обмеження за максимальною частотою і потужністю, і проєкт має працювати в межах обох цих обмежень з урахуванням характеристик роз'ємів двох типів.

Рекомендується використовувати в РЧ-колі роз'єм того ж типу, що і встановлений на виході підсилювача. Застосування адаптера вимагає врахування максимально можливої частоти і потужності, на які розраховані роз'єми обох типів.

Марки роз'ємів

Не всі з'єднувачі виготовляються за одним стандартом точності. Роз'єми деяких типів, насамперед високочастотні, мають різні класи точності. Зазвичай використовуються три загальноприйнятих класи точності роз'ємів, які мають різні конструкції та найменування у різних виробників.

До метрологічного класу належать високопрецизійні роз'єми найвищого класу, а також найдорожчі з'єднувачі. Вони зазвичай призначені для високоточних застосувань, наприклад для калібрування.

З'єднувачі середнього рівня, що належать до класу пристроїв для спеціалізованих приладів, мають хороші характеристики та забезпечують точні вимірювання. Ці роз'єми часто застосовуються у випробувальному та лабораторному обладнанні.

У з'єднувачів початкового рівня, які належать до комерційного, виробничого або «польового» класу роз'ємів, — менший допуск, гірші робочі характеристики та нижча вартість. Вони найчастіше використовуються у промислових системах.

Оскільки максимальна номінальна частота роз'єму варіюється залежно від його класу, під час проєктування системи слід забезпечити відповідність між верхньою граничною частотою експлуатації та номінальною частотою роз'єму. Детальна інформація про відмінності в конструкції та характеристиках між різними класами цих пристроїв представлена в технічному описі від виробника.

Міжсерійна сумісність

Роз'єми деяких сімейств сумісні з роз'ємами інших серій і забезпечують фізичне підключення. Однак у кожній серії — свої обмеження за потужністю і частотою.

Роз'єми на 2.4 мм і 1.85 мм механічно сумісні та з'єднуються один з одним.

Роз'єми на 3.5 мм, 2.92 мм/К-типу і SMA мають однакові основні розміри і забезпечують з'єднання один з одним. Однак через менші допуски SMA можуть пошкодитися високоточні роз'єми на 3.5 і 2.92 мм. Насамперед це стосується вилочного роз'єму SMA, у якого центральний штир може під час під'єднання пошкодити гніздо відповідного роз'єму через варіації діаметру або висоти.

Крім того, при підключенні SMA до роз'єму на 3.5 або 2.92 мм потрібно ретельно вирівняти ці пристрої перед з'єднанням, щоб не пошкодити центральні контакти. Деякі з'єднувачі SMA нале-

жать до категорії прецизійних, які виготовляються з більш жорсткими допусками, що забезпечує безпечне з'єднання зі з'єднувачами на 3.5 і 2.92 мм. Попри це, процес з'єднання має виконуватися з обережністю.

Калібрування роз'ємів

Працездатність коаксіальних роз'ємів залежить від фізичного інтерфейсу з відповідними роз'ємами. Для забезпечення оптимальних характеристик дуже важлива висота центрального провідника. Якщо він втоплений у корпус з'єднувача з порушенням допуску, якість з'єднання погіршиться. Якщо ж провідник виступає за допустиму межу, можуть постраждати робочі характеристики, і з'являться фізичні пошкодження. Пошкоджений роз'єм або роз'єм, що порушує граничне значення допуску, може пошкодити кожен сполучний з ним з'єднувач, що відіб'ється на точності вимірювань, а також потребуватиме витрат на ремонт. З цих причин рекомендується калібрування роз'ємів, яке підтверджує, що їхні розміри перебувають у допустимих межах. Калібрувальні комплекти випускаються для роз'ємів більшості типів.

Рекомендується регулярно перевіряти кабелі та обладнання для виявлення умов експлуатації, що призводять до виходу за допустимі межі, а також до пошкодження або зносу роз'ємів. Очищення та огляд слід проводити перед вимірюваннями. Крім того, рекомендується проводити калібрування всіх роз'ємів перед першим використанням у кабелі, з адаптерами та іншими роз'ємами.

Радіочастотні кабелі

Після вибору РЧ-роз'ємів відповідно до наведених вище рекомендацій наступним логічним кроком є вибір відповідних РЧ-кабелів. На ринку пропонується безліч типів коаксіальних кабелів. Як і у випадку з коаксіальними РЧ-роз'ємами, коаксіальні кабелі класифікуються за фізичними характеристиками, а також за електричними параметрами. Випускаються гнучкі, напівгнучкі та жорсткі армовані кабелі. Необхідно враховувати такі електричні параметри, як хвильовий опір (звичайними значеннями є 50 і 75 Ом), втрати, що вносяться, максимальна напруга і максимальна потужність. Вибір кабелю визначить проєктований застосунок.

Для деяких застосувань потрібен кабель із малими втратами для передавання максимальної потужності. Для інших застосувань необхідні гнучкі кабелі, можливо, без захисного оплетення

для зручності користування. Коаксіальні кабелі роблять свій внесок у загальну продуктивність РЧ-системи і можуть стати обмежувальним фактором за максимальною частотою і потужністю. Слід пам'ятати, що будь-яка кабельна збірка має обмеження за частотою і допустимою потужністю, які визначаються найнижчою частотою РЧ-роз'єму і його номінальною потужністю.

Щоб полегшити вибір кабелю, компанія AR/RF Microwave Instrumentation розробила лінійку високоякісних коаксіальних кабелів, що виготовляються на замовлення. Ці кабелі з низькими втратами характеризуються дуже низьким КСХН і адаптовані до конкретних потреб додатків. Є чотири основні серії: CC1, CC2, CC4 і CC5. Випускаються кабелі з нестандартною довжиною з кроком 0.1 м і відповідними роз'ємами.

Серія CC1: армовані кабелі з малими втратами для варіантів застосувань, що працюють на частотах до 18 ГГц. Кабелі випускаються з роз'ємами SMA, TNC, N або 7-16.

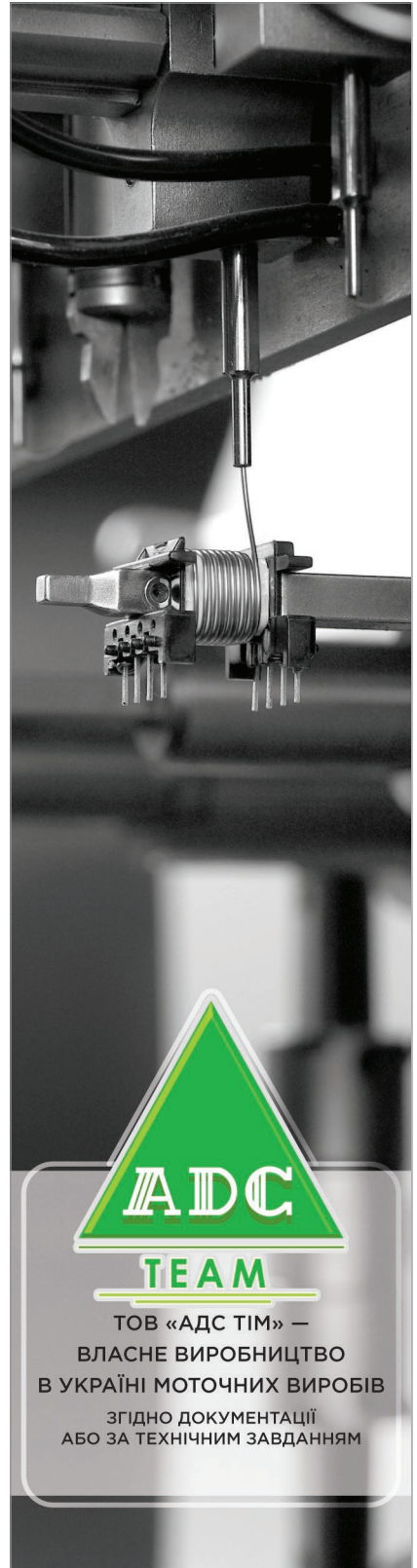
Серія CC2: армовані кабелі з малими втратами для варіантів застосувань, що працюють на частотах до 40 ГГц. Кабелі випускаються з роз'ємами 2.4 мм, 2.92 мм, 3.5 мм, SMA, TNC або N-типу.

Серія CC4: потужні гнучкі кабелі для варіантів застосувань, що працюють на частотах до 6 ГГц. Кабелі випускаються з роз'ємами типу N, 7-16, DIN 7/8 EIA або 1-5/8 дюйма EIA.

Серія CC5: кабелі з малими втратами, сумісні з потужнішими системами, які працюють до 11 ГГц. Кабелі випускаються з роз'ємами N-типу, 7-16 DIN, C або SC.

ВИСНОВКИ

Коаксіальним радіочастотним роз'ємам і кабелям часто не приділяють достатньої уваги як компонентам РЧ-систем. Під час коректного вибору коаксіального РЧ-роз'єму для конкретного застосування слід ознайомитися з усіма згаданими в статті специфікаціями. Однак на цьому робота з роз'ємами не закінчується — їм потрібен постійний догляд і технічне обслуговування, які забезпечують точну роботу системи. Оскільки некоректний вибір коаксіальних РЧ-роз'ємів або кабелів може призвести до неефективного функціонування сучасної системи, необхідно ретельно добирати роз'єми та кабелі, що найкраще відповідають потребам конкретного варіанту застосування. **CN**



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

www.adcgr.com

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

Покращення вбудованих систем за допомогою I³C

Стефані Пінтерік (Stephenie Pinteric), Улісес Інірес (Ulises Iniguez), Microchip
Переклад та редагування: Нікіта Єзерський, PhD, старший викладач кафедри ПРЕ, РТФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

У статті наведено декілька варіантів можливого застосування мікроконтролерів з комунікаційним інтерфейсом I³C, що пропонують надійний шлях модернізації вбудованих систем та сумісність з реалізаціями I²C та SPI.

У сучасній електроніці вбудовані системи стають дедалі складнішими. Вони містять різноманітні сенсори та компоненти і можуть бути використані в різних областях: IoT, обчислювальна техніка, портативні та чутливі до безпеки пристрої. Щоб задовольнити зростаючі вимоги, *MIPI Alliance* розробив інтерфейс Improved Inter-Integrated Circuit® (I³C). I³C — це розширений послідовний інтерфейс передачі даних. Він може покращити обмін даними, забезпечуючи більш високу швидкість зв'язку, менше енергоспоживання та покращену гнучкість проектування. Мікроконтролери (MCU) є ключовим елементом вбудованих систем. Вони використовуються для отримання сигналу з сенсорів та керування навантаженням. Наведемо декілька варіантів можливого застосування мікроконтролерів з комунікаційним інтерфейсом I³C, що пропонують надійний шлях модернізації вбудованих систем та сумісність з реалізаціями I²C та SPI.

ЗАСТОСУВАННЯ I³C ТА IOT

Інтернет речей (*Internet of Things, IoT*) стосується майже всіх аспектів нашого повсякденного життя, починаючи від побутових гаджетів і закінчуючи складними системами автоматизації будівель та портативними пристроями. Ці взаємопов'язані пристрої збирають та обмінюються даними, формуючи нашу цифрову екосистему. У пристроях Інтернету речей різні типи сенсорів відіграють ключову роль, вимірюючи, контролюючи та пере-

даючи найважливіші фізичні параметри: температуру, вологість, тиск і відстань.

Протокол I³C пропонує кілька переваг для мережевих сенсорних вузлів. Він забезпечує високошвидкісний зв'язок зі швидкістю до 12.5 МГц у режимі Single Data Rate (SDR). Він також підтримує in-band interrupts та динамічну адресацію. При динамічній адресації основний контролер призначає унікальні адреси кожному підключеному пристрою, запобігаючи конфліктам адрес. Порівняно зі своїм попередником I²C, I³C може похвалитися вищою швидкістю, простішим 2-проводовим інтерфейсом, ефективнішою структурою протоколу та роботою при нижчих напругах, зменшуючи енергоспоживання. Ці вдосконалення роблять I³C більш пристосованим до ефективного керування кількома сенсорними вузлами в підключеній мережі.

Включення недорогого мікроконтролера з вбудованою периферією I³C у сенсорні вузли IoT як аналогового «агрегатора» може підвищити функціональність та ефективність усієї сенсорної мережі. У цій конфігурації вбудований в мікроконтролер аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення показань кількох аналогових сенсорів у цифрові значення. Ці цифрові значення можна зберегти у внутрішній пам'яті мікроконтролера для подальшого аналізу або перетворити для більш ефективної передачі. Сукупні дані сенсорів передаються на основний контролер через шину I³C з інтервалами, оптимізованими для підвищення ефективності системи.

Очевидна перевага шини I³C в системах на основі датчиків стає очевидною, якщо врахувати її здатність мінімізувати складність компонентів, вартість і енергоспоживання за рахунок меншої кількості контактів і проводів у порівнянні з альтернативними комунікаційними інтерфейсами.

Компактний мікроконтролер із інтерфейсом I³C стане незамінним рішенням для розробників систем, які орієнтуються на ринок IoT, що полегшує створення успішних пристроїв IoT, які відповідають вимогам цього ринку.

МНОЖИННІ ПРОТОКОЛИ І МНОЖИННІ НАПРУГИ У ВБУДОВАНИХ ПРИСТРОЯХ

Оскільки технологічні вимоги зростають, розробники вбудованих пристроїв стикаються зі зростаючими проблемами зворотної сумісності. Ця сумісність має вирішальне значення, оскільки дозволяє поступово оновлювати вбудовані системи, а не повністю переробляти їх. Щоб полегшити перехід на I³C, новий протокол зв'язку усуває обмеження I²C і SMBus, використовуючи ті ж самі два виводи, що й I²C, для тактування та передачі даних, щоб зберегти сумісність.

Хоча I³C має на меті забезпечити зворотну сумісність із протоколами I²C/SMBus, наявність пристрою I²C/SMBus на шині I³C може вплинути на продуктивність шини, навіть якщо контролер оптимізований для пристроїв I³C. Щоб вирішити цю проблему, мікроконтролер з I³C може служити мостом, ізолюючи пристрої I²C/SMBus від «чистої» шини I³C. Це підтримує цілісність шини I³C, дозволяючи головному контролеру I³C обмінюватися даними з пристроями I²C/SPI через мостовий мікроконтролер. Крім того, мікроконтролер може об'єднувати

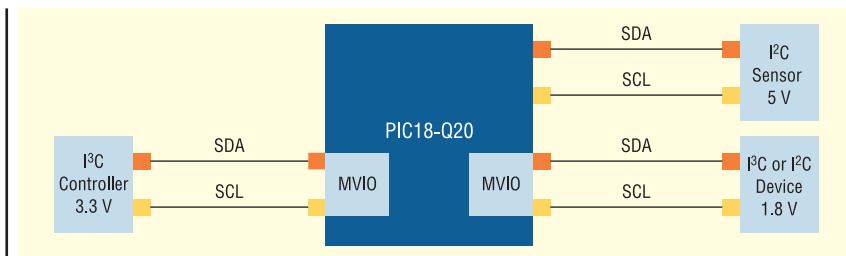


Рис. 1. Передаточна функція

переривання від пристроїв I²C/SMBus і передавати їх на головний контролер I³C за допомогою in-band interrupts без додаткових виводів або сигналів.

Вбудовані системи містять різні компоненти, такі як мікроконтролери, сенсори тощо. Часто ці компоненти мають бути з'єднані один з одним, але вони працюють на різних рівнях напруги. Наприклад, аналогові сенсори зазвичай працюють за напруги 5 В, тоді як для протоколів зв'язку, таких як I²C і SMBus, потрібно 3.3 В. Шина I³C може навіть працювати за напруги в 1 В, щоб відповідати вимогам сучасних високошвидкісних процесорів.

Мікроконтролери з функцією Multi-Voltage I/O (MVIO) усувають несумісність по напрузі та потребу в перетворювачах рівнів. Ця функція дозволяє шинам I³C і I²C/SMBus працювати одночасно при різних напругах. Наприклад, мікроконтролер може запускати шину I³C на 1 В, утримуючи шину I²C/SMBus на вищому рівні — 3.3 В для сумісності із застарілими пристроями.

Мікроконтролери компанії Microchip PIC18-Q20 з підтримкою MVIO пропонують кілька протоколів зв'язку, таких як I³C, SPI, I²C і UART, і до трьох незалежних значень робочої напруги (рис. 1). Ця гнучкість виявляється дуже корисною в складних мережевих середовищах, де пристрої використовують різні протоколи та напруги, дозволяючи розробникам вбудованих пристроїв підтримувати існуючі протоколи, водночас забезпечуючи перспективність своїх проєктів.

СУЧАСНА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА

Більшість людей недооцінюють, наскільки ми покладемося на центри обробки даних у нашому повсякденному «цифровому» житті. Від проведення ділових і фінансових транзакцій до роботи в Інтернеті, зберігання даних, спілкування в соціальних мережах, відвідування віртуальних зустрічей та отримання задоволення від цифрових розваг — всі ці види діяльності здійснюються за допомогою центрів обробки даних. Ці центри гарантують безпеку наших даних, швидкий Інтернет і постійну доступність цифрових послуг.

В основі центру обробки даних лежить сучасний блейд-сервер — високотехнологічний комп'ютер, призначений для максимального використання простору та оптимізації продуктивності мережі у великих масштабах. Зважаючи на критичну важливість їхніх функцій певні системні завдання в кожному сервері делегуються допоміжному контролеру. У той час як головний процесор зосереджується на керуванні основним потоком даних, допоміжний контролер бере участь у підвищенні продуктивності мережі. Він встановлює допоміжний канал зв'язку для нагляду за окремими блейд-серверами та виконує такі важливі завдання, як моніторинг стану системи та виявлення несправностей, виявлення та налаштування пристроїв, оновлення прошивки та проведення діагностики без порушення робо-

ти головного процесора. Це забезпечує плавну та ефективну роботу. Керування допоміжними каналами є важливим інструментом, який може значно підвищити надійність, доступність і ефективність центрів обробки даних.

Твердотільні накопичувачі (Solid State Drives, SSD) також широко використовуються в центрах обробки даних для зберігання та швидкого доступу до даних. Новітній форм-фактор SSD — SNIA® Enterprise and Datacenter Standard Form Factor (EDSFF) — використовує протокол I³C для допоміжного каналу зв'язку як природне оновлення існуючого протоколу SMBus. I³C задовольняє потреби у вищій продуктивності, вищій швидкості передачі даних і покращеній енергоефективності. Високошвидкісний зв'язок I³C забезпечує швидше керування шиною та модифікацію конфігурації для покращення гнучкості системи.

Мікроконтролери PIC18-Q20 підходять для завдань керування системою в центрах обробки даних і корпоративних середовищах (рис. 2). Маючи до двох окремих інтерфейсів I³C, ці мікроконтролери можуть легко підключатися до контролера SSD для виконання завдань керування системою, а також до контролера керування основною платою (Baseboard Management Controller, BMC) через з'єднання за допомогою допоміжного каналу. Крім того, завдяки вбудованим застарілим протоколам зв'язку, таким як I²C/SMBus, SPI та UART, ці пристрої є ідеальним рішенням як для існуючих, так і для SSD наступного покоління.

ВИСНОВОК

Інтеграція протоколу I³C стала поштовхом для подальшого розвитку можливостей вбудованих систем. Розширені комунікаційні можливості, низьке енергоспоживання та сумісність з існуючими протоколами, роблять I³C наріжним каменем для наступного покоління IoT та обчислювальної інфраструктури. Завдяки оптимізації сенсорних функцій у пристроях IoT і зв'язку центрів обробки даних, універсальність I³C, інтегрована в мікроконтролери, забезпечує міцну основу для еволюції електронних систем. Із розвитком технологій впровадження I³C стає повсюдним, забезпечуючи покращену продуктивність, надійність і ефективність у багатьох електронних пристроях.

Для отримання додаткової інформації про мікроконтролери з розширеними можливостями I³C відвідайте сайт виробника www.microchip.com.

CN

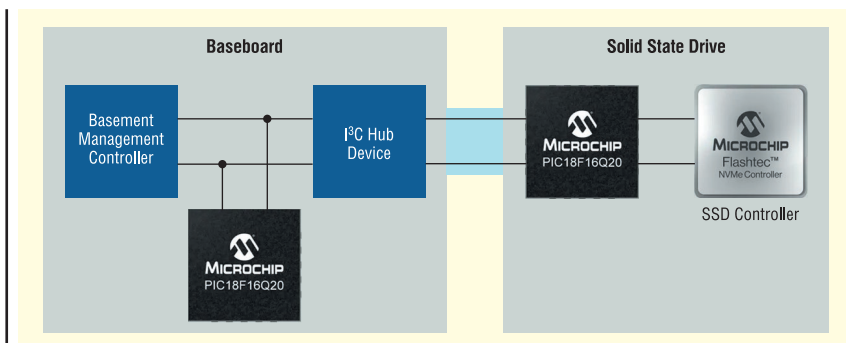


Рис. 2. Мікросхеми сімейства PIC18-Q20 легко підключаються до контролерів SSD і BMC за допомогою допоміжного каналу

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ

від провідних виробників світу,
зі складу та під замовлення

Гнучкі ціни



ТОВ "АДС ТІМ"

Україна, 03680, м. Київ
пров. Ю. Матушка, 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 «АЙПІ-КОМ»

Гуртове постачання електронних компонентів, плівкових клавіатур, світлодіодної комунікаційної продукції, роз'ємів тощо

☎ моб.: 098-980-48-38

☎ 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



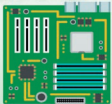
Виробництво електроніки
Вимірювальна техніка
3-D моделювання та друк
Промислові комп'ютерні системи
Дистрибуція електронних компонентів

пр-м. Відрадний, 95-С, 03061, Україна, м. Київ,
+38044 507-0202, www.biaKOM.com



ВЕРІКОМ КОМПОНЕНТС

- Виробництво друкованих плат від 1 шт
- Контрактне виробництво
- Власний склад електронних компонентів
- Покриття плат лаком і компаундами
- Відповідаємо вимогам стандарту ISO 9001:2015



Україна, м. Київ
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114
URL: www.verikom.kiev.ua



тел./факс: (+380) 44-501-9335
(+380) 67-508-0229
E-mail: sales@temys.kiev.ua

ДП «Гальванотехніка» ПАТ «Київський завод
"Радар"»

ТОВ «НВЦ друкованих плат»

Виготовлення друкованих плат:

- одно-, дво- та багатошарових 3^{го}–5^{го} класів складності;
- жорсткогнучких друкованих плат, гнучких кабелів;
- друкованих плат на металі (алюміній, мідь).

Швидке виготовлення (від 3-х днів).

Висока якість. Оптиміальне співвідношення ціна/якість.
Послуги по монтажу плат.

03680, м. Київ, вул. Предславинська, 35
тел.: (044) 592-5467, 528-2068, 528-3656

http://plata.com.ua
order@plata.com.ua



ТОВ «НВП АСТЕРА»

директор **ТЕРЕЙКОВСЬКИЙ**
Артем Семенович

Феритові 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



☎ bis_electronics ☎ @BISelectronic

bis@bis-el.kiev.ua | bis-el.com
+38 (044) 490-35-99

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



Прямі поставки від виробника

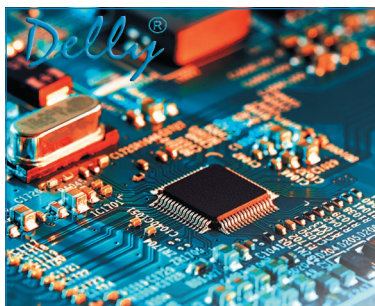
Комплексні поставки
електронних комплектуючих

38 (044) 239-96-06
38 (044) 498-01-68

www.grandelectronic.com
office@grandelectronic.com

Бульвар Вацлава Гавела, 8
м. Київ, 03124

- Автоматика
- Датчики
- Джерела живлення
- Компоненти і модулі СВЧ
- Мікросхеми
- Рознімачі
- Реле
- Системи бездротового зв'язку
- Системи відображення інформації
- Хімічні джерела струму



ТОВ "ДЕЛЛІ"
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@delly.info

Незалежний постачальник
електронних компонентів

EVOCOM
www.evocom.ua

- Швидкі терміни поставок (до 7 днів)
- Безкоштовна доставка по Україні
- Більш ніж 6 млн. товарів в каталозі

www.evocom.ua

email: info@evocom.ua
тел. (044) 520-19-13

Де
Ка



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) 268-95-73
e-mail: pcb@etal.ua

3 питань ціноутворення:
Тел.: +38 (066) 872-60-65
e-mail: sb10@etal.ua



дистрибуція електронних компонентів
контрактне виробництво

08298, смт. Коцюбинське
вул. Пономарьова, 7

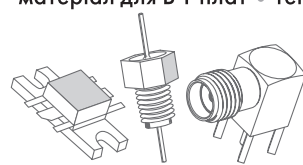
Тел. +38 044 33 44 575

www.eurocom-c.com

E-mail: info@eurocom-c.com

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



Інтегральні Комплексні Системи
Контрактне виробництво електроніки

т +38 (050) 469-12-07 info@incos.kiev.ua www.incos.kiev.ua
Кіїв, вул. Бориспільська, 9, корпус 111



ІМРАД
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

Радіодеталі зі складу – 35 000 найменувань!



Усе для розробки,
ремонтів та виробництва
електроніки!

Від резистора до мікропроцесора, радіомонтажний
інструмент та вимірювальні прилади, підбір аналогів
та консультації.

www.ims.kh.ua тел.: (073) 757 25 22 (23), (098) 028 89 17
e-mail: imskharkov@gmail.com (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



ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

CHIP NEWS
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,
просп. Відрадянний, 10

t.me/chipnewsua
info@chipnews.com.ua
www.chipnews.com.ua

Ко
Пі


ТОВ "КОМПАНІЯ ОЛЬВІЯ"
Корпуса пластикові. Клавіатура плівкова.
Кабельно-провідникова продукція.

[044].599.7550 [044].503.3323 KORPUS.KIEV@GMAIL.COM
ICQ#: 268-782-777
03113, м. Київ, вул. Дружківська, 12 А korpus.kiev.ua



<http://melsys.com.ua>

- контрактне виробництво електроніки
- монтаж і виготовлення друкованих плат
- виготовлення трафаретів

ТОВ "Мелсис"
Київ, вул. Новозабарська, 2/6, оф. 204
info@melsys.com.ua

+38 044 578 18 15
+38 096 926 70 69
+38 063 435 68 10



Виробництво електроніки
Вимірювальна техніка
3-D моделювання та друк
Промислові комп'ютерні системи
Дистрибуція електронних компонентів

пр-м. Відрадин, 95-С, 03061, Україна, м. Київ,
+38044 507-0202, www.biaKOM.com




MICROCHIP



microchip.com

Pcb24 — сервіс з експрес виробництва прототипів і невеликих партій одно- та двохшарових друкованих плат

За 24 години виготовимо Ваше замовлення

Власне виробництво у м. Львів



ТОВ «Крейтив Лоджікс»
www.pcb24.com.ua
pcbprint24@gmail.com
068 614 38 28



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

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

Авторизований дистриб'ютор
NXP, AMPLION, WeEn в Україні

Microdis Electronics GmbH
Rheinauer Straße 1
68766 Hockenheim
Germany

MICRODIS

Дистриб'ютор електронних компонентів

Роман Прокопєць
Менеджер з продажу

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

www.microdis.net

Партнерство в електроніці



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

www.otladka.com.ua

- Автоматизований SMD монтаж друкованих плат
- Фрезерування панелей, корпусів та пластику
- 3D-друк

+38 050 447-12-58 +38 098 661-97-97

ФОП Сариєв Р.Б.

КОНТРАКТНИЙ ВИРОБНИК ЕЛЕКТРОНІКИ ПІД ЗАМОВЛЕННЯ



PCBA

+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 пасти;
- паяльна паста;
- припій.

Сайт: pcbttut.com
e-mail: pcbttut@pcbttut.com
+38 (067) 674 99 14



ПРОКСИС
КОЛИ ВИБІР ОЧЕВИДНИЙ



proxis.ua

Пі
См

RADIODETALI

- Паяльне обладнання
- Вентилятори
- Трансформатори
- Реле
- Конденсатори
- Резистори
- Світлодіодне обладнання
- Акумулятори
- Блоки живлення
- Мобільні аксесуари

КУПУЙ ВИГІДНО

radiodetali.com.ua



РАДІОМАГ

МЕРЕЖА МАГАЗИНІВ РАДІОДЕТАЛЕЙ

Львів Київ Харків
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
- рознімачі
- інструмент
- пасивні компоненти
- батарейки та акумулятори та багато іншого

RAINBOW
TECHNOLOGIES

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

www.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



SEA ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ 30 років на ринку м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
тел.: +38 (044) 330-00-88
sea.com.ua, info@sea.com.ua

Постачання: Електронні компоненти • Джерела живлення • Світлодіодна продукція та оптоелектроніка
Індикатори, дисплеї • Обладнання для енергетики • Електротехнічна продукція • Кабельно-провідникова
продукція • Обладнання для промислової автоматизації • Бездротові компоненти Вимірювальні прилади
Паяльне обладнання і матеріали для пайки • Сонячна енергетика

Виробництво: Світлофори та технічні засоби управління дорожнім рухом • Автоматизована система обліку
та контролю енергоресурсів • Паркувальне обладнання і системи • WIM - системи динамічного зважування
транспортів • Світлодіодні екрани та медіафасад SEA • Система керування міським освітленням
Комплексна система диспетчеризації ліфтів • Джерело безперебійного живлення

Послуги: Великоузлове складання обладнання • Прокрутка друкованих плат
Виробництво друкованих плат • Контрактне виробництво електроніки • SMD і DIP монтаж
компонентів • Комерційні розробки • Проектування, монтаж, модернізація, технічне
обслуговування паркувальних комплексів, світлофорних та WIM об'єктів



Харків: kharkiv@sea.com.ua Дніпро: dnipro@sea.com.ua Львів: lviv@sea.com.ua

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ
ТА
КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

SMD UKRAINE



03057, м. Київ, вул. Желябова, 2-А,
корп. 7, кім. 303

тел.: (044) 223-12-42
(073) 705-70-05
(096) 705-70-05

info@smdua.in.ua

www.smdua.in.ua

ЕЛЕКТРОНІКА • ЕЛЕКТРОТЕХНІКА • АВТОМАТИКА

CHIP NEWS

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ВИДАЄТЬСЯ З 2001 РОКУ

03061, Київ,
просп. Відрадний, 10

t.me/chipnewsua
info@chipnews.com.ua
www.chipnews.com.ua



ЛИВАРНИЙ ЗАВОД «СТОЛИЧНИЙ»

Перший український
виробник припоїв
з флюсом та без флюсів
за європейськими
стандартами



e-mail: office@lzs.com.ua
тел.: +38067-594-60-02, +38067-621-70-77

LZS.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

**Виробництво електроніки
Вимірювальна техніка
3-D моделювання та друк
Промислові комп'ютерні системи
Дистрибуція електронних компонентів**

пр-т. Відрадин, 95-С, 03061, Україна, м. Київ,
+38044 507-0202, www.biaKOM.com



phoenixcontact.com

ТОВ «ЮНІТЕСТ»
вул. Олеся Гончара, 6
04053, м. Київ, Україна
тел: +38 (044) 272-60-94
тел./факс: +38 (044) 272-60-95
e-mail: web@unitest.com
http://www.unitest.com

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ
АВТОРИЗОВАНИЙ ДИСТРИБ'ЮТОР В УКРАЇНІ
продаж • навчання • сервіс

KEYSIGHT TECHNOLOGIES
Авторизований дистриб'ютор

НВП ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ



Діоди та містки,
діодні, тиристорні, IGBT модулі,
силові напівпровідники (**SEMİKRON**),
конденсатори косинусні, імпульсні, моторні
(**ELECTRONICON**)

Продаж, ремонт перетворювачів частоти,
пристроїв плавного пуску (**DANFOSS**)

Для пошти: 04211, Київ-211, а/с 141
Тел./факс: (044) 458-47-66, 456-19-57
E-mail: tsdrive@ukr.net, Web: www.tsdrive.com.ua



TMS PROJECT

Контрактне виробництво
Сертифіковано ISO9001
Постачання електронних компонентів



Україна, Київ
вул. Марії Капніст, 2а, оф. 114
тел/факс: (044) 501-9335
URL: www.tmsproject.com.ua
E-mail: sales@temys.kiev.ua



Полімерні трафарети для SMD монтажу

www.trafaret.net.ua
e-mail: order@trafaret.net.ua
тел. 063-851-12-76, 098-871-58-76



Електронні компоненти
Технологічне обладнання, інструменти, матеріали
Комплектуючі для Hi-Fi та Hi-End

вул. Гетьмана Павла Полуботка, 22/14
м. Київ, Україна, 02100
www.filur.net

+38 (068) 496 75 75
+38 (044) 495 75 75
office@filur.net

Електронні компоненти провідних світових виробників:
конденсатори всіх типів, транзистори, теристори,
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
понеділок - субота з 10.00 до 18.00

http://justas-electronics.com.ua
+38 (093) 020-40-51

РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ **GREEN:EXPO** АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

9-10 | 04 | 2025

ЕНЕРГІЯ ЗМІН – РУХАЄМОСЬ
У МАЙБУТНЄ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ПОДРОБИЦІ НА САЙТІ

РЕЄСТРАЦІЯ ВІДВІДУВАЧІВ

Місце проведення:
м. Київ, ВЦ «АККО Інтернешнл», пр-т Берестейський, 40-Б

www.greenexpo.com.ua

XXIII МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ-2025

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ



МЕТАЛООБРОБКА



УКРЗВАРЮВАННЯ



УКРВТОРТЕХ



ГІДРАВЛІКА
ПНЕВМАТИКА



ПІДШИПНИКИ



УКРЛИТВО



АВТОМАТИЗАЦІЯ
І РОБОТОТЕХНІКА



БЕЗПЕКА
ВИРОБНИЦТВА



ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ
ЕТАЛОНИ, ПРИЛАДИ



ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ
СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ



ІНДУСТРІАЛЬНІ
ПАРКИ



Генеральний
інформаційний партнер:

**ОБЛАДНАННЯ
ІНСТРУМЕНТ**
для професіоналів

**27–29
травня**



Місце проведення:
МВЦ, м. Київ,
Броварський пр-т, 15,
станція метро «Лівобережна»



+38 (095) 268-05-85,
+38 (096) 505-52-66



plast@iec-expo.com.ua



www.iec-expo.com.ua



Київ Травень 27-29
Україна 2025



Виставка систем охорони та безпеки

Expert Security

БЕЗПЕКА ЗОВСІМ ПОРЯД



МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:
МВЦ, м. Київ,
Броварський пр-т, 15,
станція метро «Лівобережна»

☎ +38 (050) 403-66-91
+38 (050) 770-36-75
✉ expert@iec-expo.com.ua
🌐 www.expert-security.com.ua



ВИСТАВКИ 2025

Назва	Сайт	Організатор	Місто	Дата проведення*
GreenExpo	www.greenexpo.com.ua	Євроіндекс	Київ	09.04–10.04.2025
Міжнародний промисловий форум	www.iec-expo.com.ua/pf-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	27.05–29.05.2025
Addit EXPO 3D	www.iec-expo.com.ua/addit-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	27.05–29.05.2025
Expert Security	https://expert-security.com.ua	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	27.05–29.05.2025
ELECTRO INSTALL	www.iec-expo.com.ua/ei-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	14.10–16.10.2025
E-Comps+DigiTec	www.iec-expo.com.ua/ecomps-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	14.10–16.10.2025
EcoEnergy Expo	www.iec-expo.com.ua/ee-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	14.10–16.10.2025
Енергетика в промисловості	www.iec-expo.com.ua/ep-2025.html	КИЇВ ГЛОБАЛ ЕКСПО	Київ	14.10–16.10.2025

* 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 — **СМΥК**. Сумарний процент фарб — не більше 300%. Якщо в форматі «.eps» є впроваджені растрові зображення, вони також повинні мати роздільну здатність 300 dpi і кольорову модель СМΥК. **Всі шрифти обов'язково повинні бути переведені в криві.**

Авторські матеріали. Текст статті приймається в форматі «.doc» (Microsoft Word). Всі рисунки повинні бути підготовлені **тільки в форматах «.eps»**, фотографії — в форматі **«.tif» (300 dpi)**, кольорова модель — **СМΥК** і надані окремими файлами. Кожний рисунок повинен мати підписуючий 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».



НВП «ТЕХНОСЕРВІСПРИВІД»

Авторизований сервіс-партнер Danfoss Drives в Україні

www.semismart.com.ua, semikron@ukr.net, service_danfoss@ukr.net
(044) 458 47 66, (067) 463 46 62, (095) 284 96 62

**SEMIKRON
DANFOSS**

Офіційний представник в Україні

7-е покоління IGBT

Новий еталон
для електроприводів

www.semikron-danfoss.com

GENERATION
IGBT 7

Компанія Semikron Danfoss пропонує вам IGBT-транзистори 7-го покоління, розроблені спеціально для потреб електроприводів.

Вища питома потужність, нижча загальна вартість системи та більша ефективність – переваги говорять самі за себе.

Особливості

Нижча напруга насичення $V_{ce,sat}$

Підвищена здатність витримувати перевантаження до 175 °C

Втрати на комутацію і dv/dt оптимізовані для електроприводів

На 35% менший розмір корпусу, вища густина потужності в існуючих корпусах

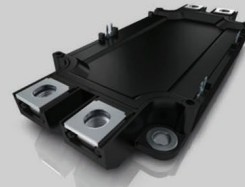
До 20% більша вихідна потужність або на 20% менші втрати потужності



Приводи з низьким енергоспоживанням
SEMITOR E1/E2: 0.37–30 кВт

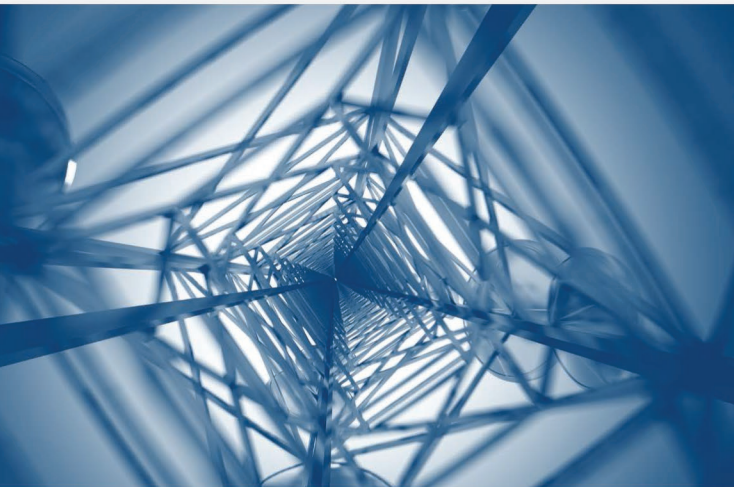


Приводи малої та середньої потужності
MiniSKiiP: 0.37–110 кВт, SEMiX 6 Press-Fit: 15–75 кВт



Приводи середньої та великої потужності
SEMIX 3 Press-Fit: 55–250 кВт

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
широкопasmового доступу, тощо



MASTEK

Авторизований дистриб'ютор
Ampleon в Україні

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

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