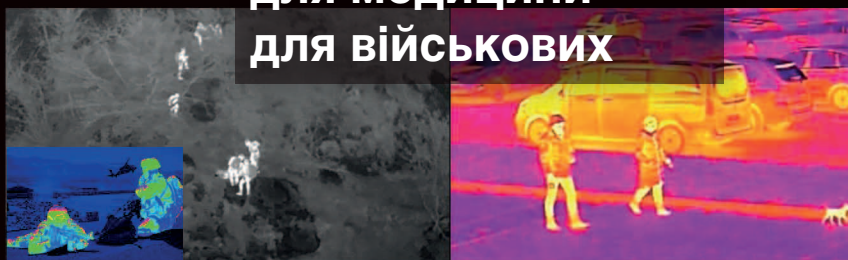


Тепловізори: для промисловості для медицини для військових



У номері:

- Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz RTM3000
- Тепловізори – сучасний стан, елементна база та особливості застосування
- Підвищення продуктивності сільського господарства за допомогою штучного інтелекту
- Клінічна оцінка життєво важливих показників
- Процесори сімейства i.MX 8M Plus від компанії NXP
- Операційний підсилювач для електрохімічних сенсорів
- Ефективні перетворювачі напруги у системах з батарейним живленням
- Джерела живлення для випробувального та вимірювального обладнання від компанії Resom
- Восьмиканальний осцилограф наступного покоління R&S MXO 5 від компанії Rohde & Schwarz
- Зміст журналу EKIC за 2023 рік



Цифрові осцилографи змішаних сигналів RTB2004 для учбових лабораторій

Основні характеристики:

- 4 канали для дослідження аналогових сигналів
- смуга пропускання 70, 100, 200 та 300 МГц різних моделей
- частота дискретизації 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц у режимі чергування
- 10-розрядний АЦП
- обсяг пам'яті 10 мільйонів відліків на канал
- максимальна чутливість каналу вертикального відхилення 1 мВ
- 10.1" емісійний сенсорний екран, 1280×800 пікселів
- підтримка жестів для масштабування та деталізації сигналів
- 16-канальний логічний аналізатор, частота дискретизації 1.25 ГГц
- можливість синхронізації зовнішніми сигналами
- аналіз сигналів у шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-розрядний генератор тестових послідовностей
- генератор сигналів: синус, прямокутні імпульси, меандр, трикутний, пилкоподібний, SinC, експоненціальний, сигнал довільної форми
- реєстрація сигналів у наступних режимах роботи: вибірка, огинаюча, пікове значення, висока роздільна здатність, усереднення результатів вимірювання, огинаюча + пікове значення
- збереження та поповнення бази даних форми сигналу довільної форми
- можливість налаштування інтерфейсу користувача
- розширений набір режимів синхронізації
- виконання основних математичних операцій над сигналами (+, -, *, /), спектральний аналіз досліджуваних сигналів (ШПФ, 128 тис. точок)
- робота у локальній мережі
- документування у вигляді знімків екрана або налаштувань приладу, які зберігаються на зовнішній Flash-накопичувач
- автоматичний вибір налаштувань по вертикалі, горизонталі та синхронізації для оптимального перегляду активних сигналів

<https://www.rohde-schwarz.com>

**ЕЛЕКТРОННІ
КОМПОНЕНТИ
І СИСТЕМИ**2023 жовтень-грудень
№ 4 (244)МАСОВИЙ
НАУКОВО-
ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ**Засновник і видавець:**
НАУКОВО-ВИРОБНИЧА
ФІРМА VD MAISЗареєстрований
Міністерством інформації
України 24.07.96 г.
Свідоцтво про реєстрацію:
серія KB, № 2081Б
Видається з травня 1996 г.**Директор фірми VD MAIS:**
В.О. Давиденко**Головний редактор:**
В.О. Романов**Редакційна колегія:**
В.О. Давиденко
В.В. Макаренко
Д-р Ілля Брондз,
Norwegian Drug Control
and Drug Discovery Institute
(NDCDDI) AS, Ski, Norway**Адреса редакції:**Україна, Київ,
вул. М. Донца, 6**Тел.:** (0-44) 492-8852, 201-0202**Факс:** (0-44) 202-1110**E-mail:** ekis@vdmajs.ua**Інтернет:** www.vdmajs.ua
www.ekis.kiev.ua**Адреса для переписки:**

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донца, 6

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИВ. Макаренко
Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz RTM30003В. Романов
**Тепловізори – сучасний стан, елементна база
та особливості застосування** 15**НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**В. Романов
**Підвищення продуктивності сільського господарства
за допомогою штучного інтелекту**27Г. Гез
**Чому кібербезпека за підтримки апаратного забезпечення
є важливою для кожної розробки та її застосування**31**МЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА**А. Берт
**Клінічна оцінка життєво важливих показників: як новий
аналого-цифровий інтерфейс допомагає виявити важкі
захворювання**35**НОВІ КОМПОНЕНТИ**В. Макаренко
Процесори сімейства i.MX 8M Plus від компанії NXP40Т. Ау-Єнг
Операційний підсилювач для електрохімічних сенсорів51**ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ**Ф. Достал
**Ефективні перетворювачі напруги у системах
з батарейним живленням**54В. Макаренко
**Джерела живлення для випробувального та вимірювального
обладнання від компанії Resom**58**КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ****Восьмиканальний осцилограф наступного покоління R&S MXO 5
від компанії Rohde & Schwarz**61**ЗМІСТ EKiC ЗА 2023 РІК****Зміст журналу EKiC за 2023 рік**63Перепечатка опублікованих в журнале
матеріалів допускається с дозволення редакції.
За рекламну інформацію відповідальність несеє
рекламодаєтель.

MEASURING DEVICES

V. Makarenko
Rohde & Schwarz digital oscilloscopes RTM3000 3

V. Romanov
Thermal imagers – modern state, element base and application features 15

NEW TECHNOLOGIES

V. Romanov
Increasing the productivity of agriculture with the help of artificial intelligence 27

G. Guez
Why Hardware-Based Design Security is Essential for Every Application 31

MEDICAL ELECTRONICS

A. Burt
Clinical-Grade Vital Signs AFE Makes Disease Detection More Than a Stroke of Good Luck 35

NEW COMPONENTS

V. Makarenko
Processors of the i.MX 8M Plus family from NXP 40

T. Au-Yeung
Operational Amplifier for Electrochemical Sensors 51

POWER SOURCES

F. Dostal
Designing for Optimal Power Conversion Efficiency in Battery-Powered Systems 54

V. Makarenko
Power sources for test and measurement equipment from Recom 58

SHORT MESSAGES

Eight-channel oscilloscope of the next generation R&S MXO 5 from Rohde & Schwarz 61

CONTENT EKIS 2023

Operational Amplifier for Electrochemical Sensors 51



ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

October-December 2023
No.4 (244)

Scientific and Technical
Journal

Founder and Publisher:
Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
V.O. Davidenko

Head Editor
V.O. Romanov

Editorial Board
V.O. Davidenko
V.V. Makarenko
Dr. I. Brondz,
Norwegian Drug Control
and Drug Discovery Institute
(NDCDDI) AS, Ski, Norway

Address:
M. Dontsia Str., 6,
03061 Kyiv, Ukraine
Tel.:
(380-44) 201-0202,
492-8852 (multichannel)
Fax:
(380-44) 202-1110

E-mail:
ekis@vdmajs.ua
Web address:
www.vdmajs.ua
www.ekis.kiev.ua
Printed in Ukraine

ЦИФРОВІ ОСЦИЛОГРАФИ ROHDE & SCHWARZ RTM3000

Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz RTM3000 мають широкий набір функціональних можливостей. Вони дають можливість не тільки здійснювати контроль аналогових сигналів по 4 каналах, але і містять вбудований 16-канальний логічний аналізатор, генератор сигналів різної форми і мультиметр. Це дозволяє на базі одного приладу мати універсальний вимірювальний комплекс, що дозволяє проводити аналіз аналогових та цифрових сигналів, вимірювати їх параметри, здійснювати швидке перетворення Фур'є досліджуваних сигналів, проводити аналіз сигналів різних послідовних інтерфейсів та багато іншого.

10-розрядний АЦП дозволяє отримати детальну інформацію про сигнали в широкому динамічному діапазоні а ємнісний дисплей приладу з діагоналлю 10.1 дюйма дозволяє аналізувати мілкі деталі у вимірюваних сигналах.

Особливістю осцилографів цієї серії є можливість аналізу амплітудно-частотних характеристик пристроїв і систем керування імпульсними джерелами живлення. Крім того осцилографи дозволяють здійснювати контроль різних параметрів імпульсних джерел живлення при використанні спеціальної опції. Широкий вибір універсальних пасивних та активних пробників, пробників струму та напруги для аналізу сигналів імпульсних джерел живлення дозволяє зручно реалізувати процеси вимірювання.

В. Макаренко

ROHDE & SCHWARZ DIGITAL OSCILLOSCOPES RTM3000

Abstract - Rohde & Schwarz RTM3000 digital oscilloscopes have a wide range of functionality. They make it possible not only to control analog signals on 4 channels, but also contain a built-in 16-channel logic analyzer, a signal generator of various shapes and a multimeter. This allows you to have a universal measuring complex on the basis of one device, which allows you to analyze analog and digital signals, measure their parameters, perform fast Fourier transformation of the investigated signals, analyze signals of various serial interfaces, and much more.

The 10-bit ADC allows you to get detailed information about signals in a wide dynamic range, and the capacitive display of the device with a diagonal of 10.1 inches allows you to analyze small details in the measured signals. A feature of oscilloscopes of this series is the ability to analyze the amplitude-frequency characteristics of devices and control systems of pulsed power sources. In addition, oscilloscopes allow monitoring of various parameters of pulsed power sources when using a special option.

A wide selection of universal passive and active probes, current and voltage probes for analyzing the signals of pulsed power sources, allows you to conveniently implement measurement processes.

V. Makarenko

Компанія Rohde&Schwarz випускає для вирішення повсякденних завдань цифрові осцилографи серії R&S®RTM3000. Основні характеристики осцилографів цієї серії [1]:

- смуга пропускання: від 100 МГц до 1 ГГц
- частота дискретизації: до 5 млрд відліків/с
- об'єм пам'яті до 80 млн відліків
- роздільна здатність АЦП 10 біт
- дисплей має ємнісний сенсорний екран із діагоналлю 10.1 дюйма.

Компанія випускає дві базові моделі – двоканальний та чотирирохканальний осцилографи. На їх базі пропонуються попередньо сконфігуровані моделі [2]:

1. R&S®RTM3K-02 – двоканальний осцилограф зі смугою пропускання 100 МГц
2. R&S®RTM3K-22 – двоканальний осцилограф

зі смугою пропускання 200 МГц

3. R&S®RTM3K-32 – двоканальний осцилограф зі смугою пропускання 350 МГц

4. R&S®RTM3K-52 – двоканальний осцилограф зі смугою пропускання 500 МГц

5. R&S®RTM3K-102 – двоканальний осцилограф зі смугою пропускання 1 ГГц

6. R&S®RTM3K-02M – двоканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 100 МГц

7. R&S®RTM3K-22M – двоканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 200 МГц

8. R&S®RTM3K-32M – двоканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 350 МГц

9. R&S®RTM3K-52M – двоканальний осцило-

граф змішаних сигналів зі смугою пропускання 500 МГц

10. R&S®RTM3K-102M – двоканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 1 ГГц

11. R&S®RTM3K-04 – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 100 МГц

12. R&S®RTM3K-24 – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 200 МГц

13. R&S®RTM3K-34 – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 350 МГц

14. R&S®RTM3K-54 – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 500 МГц

15. R&S®RTM3K-104 – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 1 ГГц

16. R&S®RTM3K-04M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 100 МГц

17. R&S®RTM3K-24M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 200 МГц

18. R&S®RTM3K-34M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 350 МГц

19. R&S®RTM3K-54M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 500 МГц

20. R&S®RTM3K-104M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 1 ГГц

21. R&S®RTM3K-COM2 – двоканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 1 ГГц

22. R&S®RTM3K-COM 4M – чотириохканальний осцилограф змішаних сигналів зі смугою пропускання 1 ГГц

23. R&S®RTM-BNDL – чотириохканальний осцилограф зі смугою пропускання 500 МГц (рекламна модель).

Зовнішній вигляд чотириохканального осцилографа RTM3004 наведений на рис. 1.

Найбільший у своєму класі емнісний дисплей приладу з діагоналлю 10.1 дюйма і роздільною здатністю 1280×800 пікселів дозволяє працювати з осцилографом як зі смартфоном, щоб легко масштабувати, деталізувати та переміщати осцилограми.

10-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) забезпечує майже чотириразове покращення

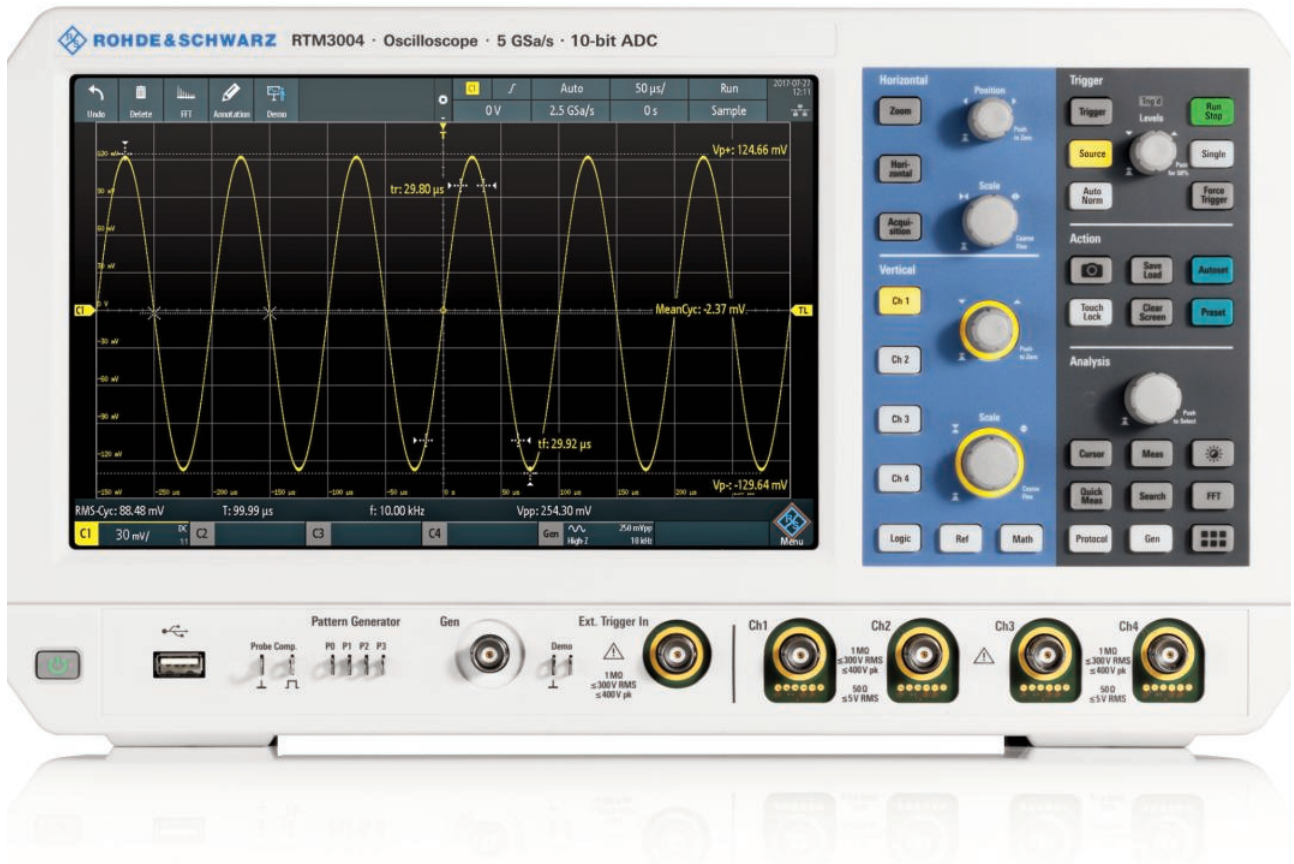


Рис. 1. Зовнішній вигляд чотириохканального осцилографа RTM3004

дозволу порівняно зі звичайними 8-розрядними АЦП. Користувачі отримують чіткіші осцилограми з додатковими подробицями сигналу.

Пам'ять обсягом 40 млн відліків доступна для кожного активного каналу. У режимі чергування доступно 80 млн відліків, що дозволяє захоплювати тривалі часові послідовності та здійснювати більш детальний аналіз.

Завдяки інтерфейсу пробників Rohde & Schwarz можна використовувати всі доступні пробники компанії для з'єднання з будь-яким випробуваним пристроєм.

R&S®RTM3000 – це не тільки осцилограф. Він включає:

- логічний аналізатор
- аналізатор протоколів
- генератор сигналів і цифрових послідовностей
- цифровий вольтметр
- частотомір.

Осцилограф дозволяє здійснювати:

- швидке перетворення Фур'є
- вимірювання частоти та періоду
- тестування за маскою
- математичну обробку даних
- аналіз логічних сигналів по 16 каналах одночасно
- декодування сигналів шин
- тривале захоплення даних
- зберігання у внутрішній файлової системі чи USB-накопичувачі результатів вимірювання
- відновлення збережених даних
- запис скріншотів одним дотиком до екрану
- безпечне видалення внутрішньої файлової системи та всіх налаштувань
- меню осцилографа доступне на одній з 13 мов.

Більш детально функції осцилографа наведені в табл. 1.

На дисплей виводяться:

- $Y(t)$, XY, ШПФ, спектрограма (з опцією R&S®RTM-K37)
- паралельне відображення діаграми XY і $Y(t)$ осцилограм вхідних сигналів X, Y
- інтерполяція $\sin(x)/x$, лінійна, вибірка та утримання
- в режимі ШПФ розділений екран із діаграмами $Y(t)$ і спектром, спектрограмою (з опцією R&S®RTM-K37)
- відображення сигналів лініями чи точками
- тривалість розгортки від 50 мс до 12.8 с
- спеціальні режими відображення – інверсна яскравість, кольорні режими сигналів для аналогових

каналів (температура, вогонь, веселка)

- відображення сітки – лінії, сітка, немає, з анотацією, сітка зі змінною шириною.

Осцилограф дозволяє декодувати сигнали шин:

- SSPI, SPI, I2C (опція R&S®RTM-K1)
- UART/RS-232/RS-422/RS-485 (опція R&S®RTM-K2)
- CAN, LIN (опція R&S®RTM-K3)
- I2S, LJ, RJ, TDM (опція R&S®RTM-K5)
- MIL-STD-1553 (опція R&S®RTM-K6)
- ARINC 429 (опція R&S®RTM-K7)

• на екран виводяться декодовані сигнали шини, таблиця кадрів (залежить від декодованої шини)

- на екрані можна вибрати масштаб і положення
- формат даних декодованої шини відображається у шістнадцятковій, десятковій, двійковій, вісімковій або ASCII системах.

Осцилограф дозволяє здійснювати захоплення сигналів на великих інтервалах часу:

1. 40 млн відліків на канал або 80 млн відліків в режимі чергування.

2. При використанні сегментованої пам'яті (опція R&S®RTM-K15) 400 млн. відліків з функцією архіву. Наприклад, сигнали протоколів з паузами передачі даних, такі як I2C або SPI, можуть бути захоплені на інтервалі в кілька секунд або хвилин. Завдяки змінному розміру сегмента (від 10 тис. відліків до 80 млн. відліків) досягається оптимальне використання пам'яті обсягом 400 млн. відліків. Може бути зроблено понад 34 000 сегментів (рис. 2).

У режимі архіву для додаткового аналізу доступні



Рис. 2. Захоплення та аналіз імпульсних та пакетних сигналів протягом тривалого періоду часу

попередні вибірки, обсяг сегментованої пам'яті для яких обмежений значенням 400 млн. відліків. Для більш детального аналізу можуть застосовуватися такі функції, як тестування за маскою, швидкі вимі-

Таблиця 1. Функції вимірювання осцилографів серії RTM3000

Тип вимірювання	Параметри що вимірюються
Автоматичні вимірювання	Тривалість імпульсу, підрахунок позитивних імпульсів, підрахунок негативних імпульсів, підрахунок спадаючих фронтів, підрахунок наростаючих фронтів, середнє значення, середньоквадратичне значення, пікові значення пік+ та пік-, частота, період, амплітуда, верхній рівень, базовий рівень, позитивне перерегулювання, негативне перерегулювання, шпаруватість+, шпаруватість-, час наростання, час спадання, затримка, фаза, пік-фактор, швидкість наростання+, швидкість наростання-, затримка до запуску. максимальне, мінімальне і середнє стандартне відхилення та кількість вимірювань для кожного автоматичного вимірювання.
Вимірювання АЧХ	Опція аналізу частотних характеристик (ЛАФЧХ або діаграм Бодє) R&S®RTM-K36 дозволяє швидко виконувати аналіз АЧХ низькочастотних кіл в діапазоні частот від 10 Гц до 25 МГц.
Вимірювання під курсором	Відстеження значень по осях x і y, зчеплення курсорів, налаштування трасування, вибір двох джерел.
Швидкі вимірювання	Швидкий огляд вимірювань одного каналу, деякі результати вимірювання відображаються на діаграмі (середнє, макс. пік, мін. пік, час наростання та спадання), на дисплей виводяться середньоквадратичне значення, напруга від піку до піку, період, частота.
Вимірювання вольтметром	DC, AC+DC с.к.з., AC с.к.з в діапазоні частот до 1 МГц.
Вимірювання частотоміром	Частота і період, індикація 6 розрядів, діапазон частот від 0.05 Гц до верхньої частоти смуги пропускання осцилографа.
Тестування за маскою	Перевірка отриманої форми сигналу з допуском, визначеним користувачем, завершені вимірювання, пройдені та невдалі вимірювання (відхилення від маски абсолютні та у відсотках), тривалість тестування, звуковий сигнал при завершенні тестування та формування імпульсу на виході (роз'єм AUX OUT), знімок екрана, збереження форми сигналу.
Математичні операції	Додавання, віднімання, множення, ділення, квадрат, квадратний корінь, абсолютне значення, зворотне, обернене, log10, ln, похідна, інтегрування, нижні частоти, верхні частоти, відстеження періоду, відстеження частоти, відстеження ширини імпульсу, часовий інтервал аналізу, відстеження робочого циклу (ti/T)
Швидке перетворення Фур'є (ШПФ)	Вимірювання початкової частоти, кінцевої частоти, центральної частота, діапазону частот, смуги пропускання роздільної здатності. Аналіз з використанням вікон Ханнінга, Хеммінга, Блекмена, прямокутного, плаского. Відображення поточного спектру без утримання, утримання мінімальних або максимальних рівнів, усереднене значення з кількістю вибірок від 2 до 1024. Вимірювання в дБп, дБВ, дБмкВ або В (с.к.з.).
Функції пошуку	Край, ширина, пік, час наростання/спаду, найменше значення, data2clock, шаблон, вікно, протокол (доступно з опціями R&S®RTM-K3, R&S®RTM-K6 і R&S®RTM-K7). Ручне налаштування рівня на екрані, рівень із можливістю вибору гістерезису відображення подій пошуку, до 10 000 подій на діаграмі та в таблиці результатів, до 32 маркерів подій пошуку.

рювання та ШПФ.

Осцилограф R&S@RTM3000, забезпечуючи частоту дискретизації до 5 ГГц та маючи об'єм пам'яті до 80 млн відліків, перевершує будь-які інші прилади свого класу. Частота оновлення даних, що перевищує 64000 осцилограм/с, говорить про високу чутливість приладу до змін сигналу у часі, який гарантовано захоплює будь-які збої сигналу. Вимірювальні функції приладу забезпечують (рис. 3) отримання швидких результатів (функція QuickMeas), тестування на відповідність масці, обчислення ШПФ, вимірювання з використанням математичних та курсорних функцій, а також проведення автоматичних вимірювань (у тому числі статистичних).

Логічний аналізатор

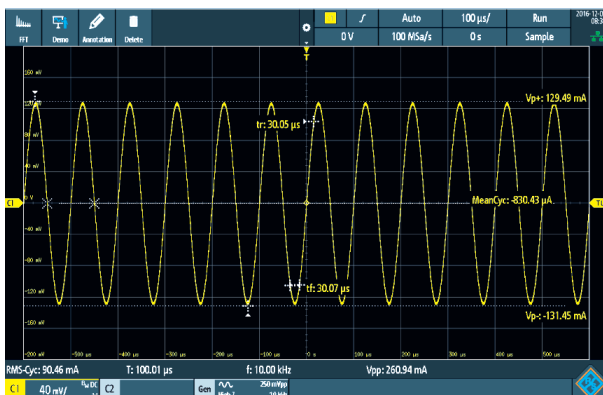


Рис. 3. Відображення результатів аналізу аналогового сигналу на екрані осцилографа

Опція R&S@RTM-B1 перетворює кожен прилад R&S@RTM3000 на логічний аналізатор (осцилограф змішаних сигналів – MSO) з 16 додатковими цифровими каналами. Осцилограф захоплює та аналізує сигнали з аналогових та цифрових компонентів вбудованих систем – синхронно та з часовою кореляцією між каналами (рис. 4). Наприклад, за допомогою курсорних вимірювань можна легко визначити час затримки між входом та виходом АЦП.

Аналізатор протоколів

Такі протоколи як I2C, SPI і CAN/LIN часто використовуються для передачі повідомлень між інтегральними схемами. Для осцилографів R&S@RTM3000 є універсальні опції, що забезпечують синхронізацію та декодування для конкретних протоколів послідовних інтерфейсів (рис. 5).

Є можливість селективного захоплення даних та аналізу відповідних подій та даних. Завдяки апаратній реалізації забезпечується плавна робота та висока частота оновлення навіть для тривалих вибірок. Це дає переваги, наприклад при захопленні багато-

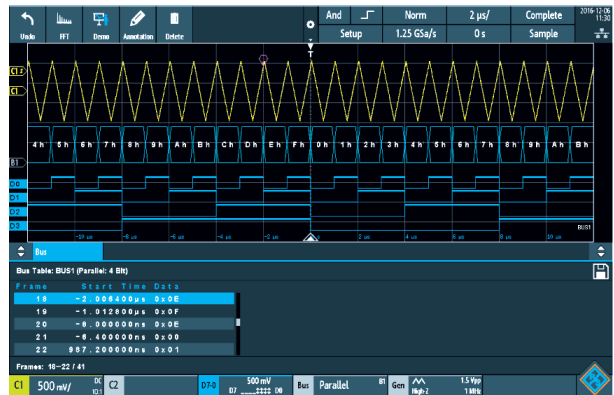


Рис. 4. Відображення аналогового і цифрових сигналів на екрані осцилографа

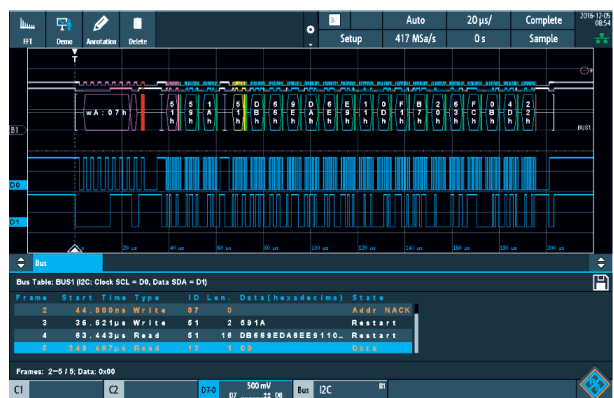


Рис. 5. Аналіз протоколів послідовних шин за допомогою осцилографів R&S@RTM3000

пакетних сигналів послідовних шин.

Генератор сигналів та цифрових послідовностей

Вбудований генератор сигналів та цифрових послідовностей R&S@RTM-B6 зі швидкістю формування до 50 Мбіт/с буде корисним для цілей навчання та впровадження дослідних зразків обладнання. Крім стандартних синусоїдальних, прямокутних/імпульсних, пілкоподібних та шумових сигналів він дозволяє формувати сигнали довільної форми (рис. 6) та 4-бітові цифрові послідовності сигналів. Сигнали та цифрові послідовності можна імпортувати у вигляді файлів CSV або скопіювати безпосередньо з осцилограм приладу. Перед відтворенням сигналів їх можна попередньо переглянути, швидко перевіривши їхню правильність. Доступні заздалегідь задані цифрові послідовності, наприклад, для сигналів шин I2C, SPI, UART і CAN/LIN.

Цифровий вольтметр

Для проведення одночасних вимірювань осцилограф R&S@RTM3000 оснащений трирозрядним цифровим вольтметром та шестирозрядним частотоміром по кожному каналу (рис. 7). У функції вимі-

рювань, що підтримуються, входять вимірювання постійної напруги, СКЗ суми змінної та постійної напруги, а також СКЗ змінної напруги.

Режим частотного аналізу

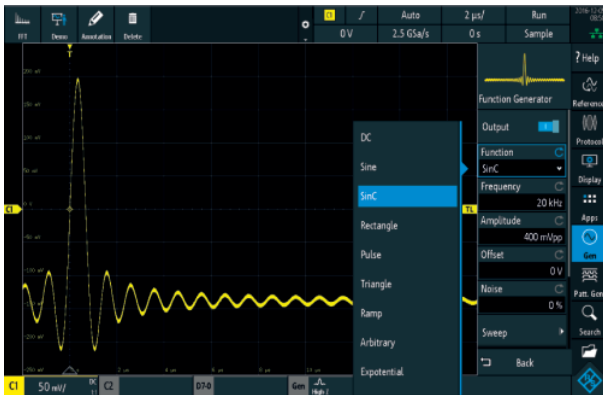


Рис. 6. Формування сигналу $\text{sinc}(x)$ вбудованим генератором сигналів

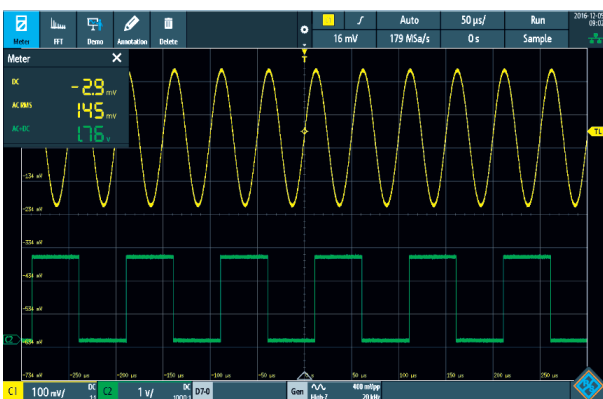


Рис. 7. Відображення параметрів сигналу виміряних вбудованим вольтметром

Функція ШПФ приладу R&S®RTM3000 активується одним натисканням кнопки та введенням значень центральної частоти та смуги огляду (рис. 8). За рахунок високої продуктивності функції ШПФ в осцилографіх R&S®RTM3000 можуть аналізуватись сигнали обсягом до 128000 точок. До інших практичних інструментів належать курсорні вимірювання та функція автоматичного налаштування вимірювання в частотній області.

Тестування за маскою

Випробування на відповідність масці забезпечують швидке виявлення знаходження конкретного сигналу не більше встановлених меж допуску. Маски служать для оцінки якості та стабільності випробуваного пристрою на основі статистичного аналізу відповідності або невідповідності масці. В результаті забезпечується швидке виявлення аномалій сигна-



Рис. 8. Аналоговий сигнал та його спектр на екрані осцилографа

лу та несподіваних результатів (рис. 9). При порушенні маски вимір зупиняється. Кожне порушення може генерувати імпульс, який виводиться на вихідний роз'єм AUX-OUT приладу R&S®RTM3000. Цей імпульс може використовуватися для запуску різних дій у вимірювальній установці.

Режим архіву та сегментованої пам'яті

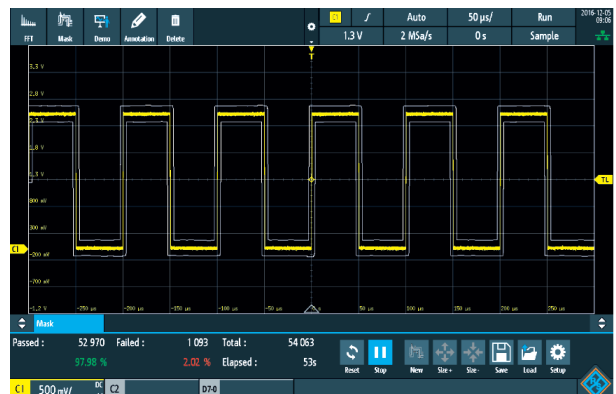


Рис. 9. Результати тестування за маскою

Опція функції архіву та сегментованої пам'яті R&S®RTM-K15 збільшує обсяг пам'яті з 40 млн. відліків до 400 млн. відліків (рис. 10). Можна переглядати попередні вибірки даних та проводити їх аналіз за допомогою всіх наявних інструментів осцилографа, наприклад, функцій декодування протоколів та використання логічних каналів. Послідовні протоколи та імпульсні послідовності записуються практично без переривань.

Виконання аналізу АЧХ низькочастотних кіл за допомогою осцилографа

Опція аналізу частотних характеристик (ЛАФЧХ або діаграм Боді) R&S®RTM-K36 дозволяє швидко виконувати аналіз АЧХ як пасивних так і активних кіл в діапазоні частот до 25 МГц. Для імпульсних джерел

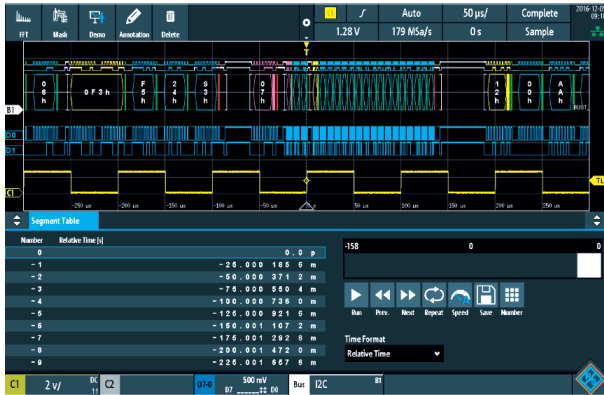


Рис. 10. Відображення високого обсягу даних в режимі архіву

живлення вимірюється АЧХ системи управління та коефіцієнт придушення нестабільності живлення. Опція аналізу АЧХ використовує генератор сигналів, вбудований в осцилограф для генерації сигналів вхідного впливу в діапазоні частот від 10 Гц до 25 МГц. Вимірювання сигналу вхідного впливу та вихідного сигналу пристрою на кожній випробувальній частоті, а також коефіцієнта посилення та фази відображаються на екрані осцилографа в логарифмічному масштабі (рис. 11).

Опція аналізу частотних характеристик

R&S@RTM-K36 дозволяє користувачам змінювати вихідний рівень сигналу генератора (до 16 значень). Це допомагає придушувати завади імпульсних джерел живлення (ІДЖ) при вимірюванні АЧХ системи управління та коефіцієнта послаблення нестабільності живлення, а також покращувати відношення сигнал/шум (рис. 12).



Рис. 12. Вихідний рівень сигналу генератора може змінюватися користувачем під час вимірювання для збільшення відношення сигнал/завада

Підвищення роздільної здатності



Рис. 11. Відображення АЧХ та ФЧХ при вимірюванні частотних характеристик пристроїв

та підтримка маркерів при вимірюванні АЧХ

Можна вибирати кількість точок на декаду та змінювати роздільну здатність графіків (рис. 13). Осцилограф підтримує до 500 пікселів на декаду.

Маркери можна перетягувати на потрібну пози-



Рис. 13. Роздільна здатність вимірювання може змінюватись за рахунок зміни кількості точок на декаду

цію прямо на побудованій кривій. На графіку відображаються відповідні координати маркерів. Для визначення частоти зрізу встановіть один маркер на 0 дБ, а другий на фазовий зсув -180° . Тепер можна легко визначити запас по фазі та запас за коефіцієнтом посилення.

Крім графіків, можна переглянути результати у табличному вигляді (рис. 14). У таблиці результатів вимірювань містяться докладні дані про кожну виміряну точку, які включають частоту, коефіцієнт підсилення і фазовий зсув. Якщо використовуються курсори, для зручності виділяється відповідний рядок у таблиці результатів. Для звітування знімки екрана та таблиці результатів можна швидко зберігати на пристрої USB.

Широкий асортимент пробників



Рис. 14. У таблиці результатів вимірювань містяться докладні дані про кожну виміряну точку, які включають частоту, коефіцієнт підсилення і фазовий зсув

для вимірювання АЧХ

Точне визначення АЧХ системи управління та коефіцієнта послаблення нестабільності живлення залежить від вибору відповідних пробників, оскільки розмах амплітуди V_{in} і V_{out} може бути дуже невеликим на деяких тестових частотах. Ці значення можуть приховуватись власним шумом осцилографа та/або комутаційними перешкодами. Компанія рекомендує використовувати малозумні пасивні пробники R&S®RT-ZP1X (рис. 15) зі смугою пропускання 38 МГц та коефіцієнтом ділення 1:1. Вони забезпечують найкраще співвідношення сигнал/шум.



Рис. 15. R&S®RT-ZP1X – пасивний пробник зі смугою пропускання 38 МГц та коефіцієнтом ділення 1:1

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Пробники для вимірювання параметрів електроживлення

Для вимірювання параметрів електроживлення необхідно застосовувати точні пробники напруги та струму з відповідним діапазоном вимірювання. Компанія Rohde & Schwarz пропонує повний асортимент пробників для різних вимірювань параметрів електроживлення зі струмом вимірювання від мкА до кА і напругою від мкВ до кВ.

Спеціалізовані функції для визначення характеристик силової електроніки

Інструменти аналізу підтримують функції перевірки та налагодження при розробці джерел струму та напруги. Опція аналізу параметрів електроживлення R&S®RTM-K31 полегшує проведення аналізу параметрів увімкнення/вимкнення, внутрішньої передавальної функції всього кола, області надійної роботи (SOA), якості вихідного сигналу та будь-яких втрат.

Стандарти для обмеження гармонічного

струму

При розробці імпульсних джерел живлення в залежності від сфери застосування виникає потреба у дотриманні різних стандартів для обмеження гармонічного струму. Опція R&S®RTM-K31 буде незамінною при проведенні випробувань на всі загальноприйняті стандарти: EN 61000-3-2 класів A, B, C, D, MIL-STD-1399 та RTCA DO-160.

Просте та наочне документування результатів аналізу параметрів джерел електроживлення

Результати аналізу можуть бути внесені до протоколу випробувань простим натисканням кнопки. У протоколі документується поточна схема та конфігурація вимірів. Для формування протоколу використовується програмне забезпечення R&S®Oscilloscope Report Creator (доступне для безкоштовного скачування на веб-сайті Rohde & Schwarz). Користувач може задати ступінь деталізації параметрів, що вносяться в протокол, і налаштувати його зовнішній вигляд, наприклад, шляхом додавання фірмового логотипу. Протокол виводиться у форматі .pdf.

Функції реалізовані в опції R&S®RTM-K31 наведені нижче (рис. 16):

- вимірювання гармонік струму у відповідності зі стандартами EN 61000-3-2 класи A, B, C, D, MIL-

STD-1399 та RTCA DO-160

- вимірювання параметрів входу:
 - ◆ пусковий струм
 - ◆ якість електроенергії
 - ◆ споживана потужність
- управління силовим перетворювачем:
 - ◆ аналіз параметрів модуляції
 - ◆ швидкість наростання
 - ◆ динамічний опір ключів у відкритому стані
- тракт живлення:
 - ◆ область надійної роботи (редактор маски SOA)
 - ◆ увімкнення/вимкнення
 - ◆ втрати при перемиканні
 - ◆ ККД
- вимірювання параметрів виходу:
 - ◆ пульсації на виході
 - ◆ перехідна характеристика
 - ◆ спектр вихідного сигналу.

Побудова спектрограми

Опція аналізу спектру та побудови спектрограм R&S®RTM-K37 дозволяє швидко виявляти збої в роботі пристроїв. Як і на аналізаторі спектра, такі параметри як центральна частота та роздільна здатність можуть бути налаштовані під конкретне завдання вимірювання. Осцилограф автоматично вибирає

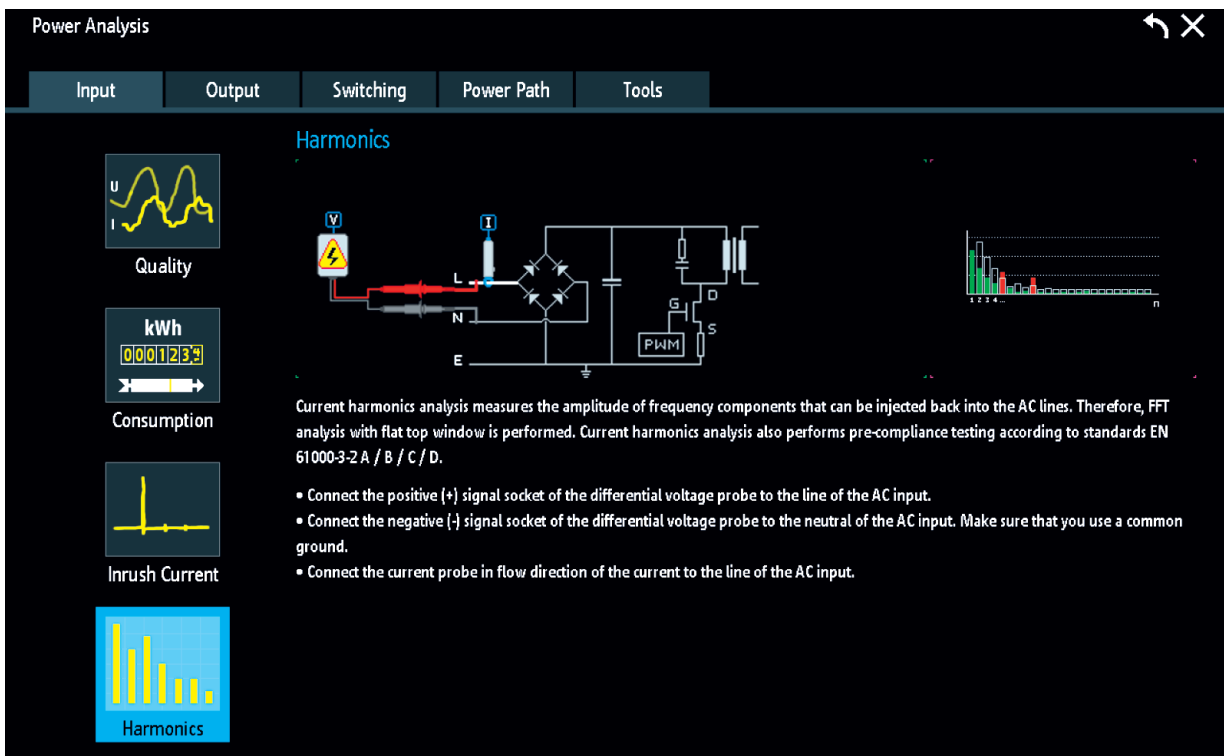


Рис. 16. Функції реалізовані у опції R&S®RTM-K31

відповідні налаштування у часовій області.

Спектрограма відображає зміни спектру частот у часі. Для зручності інтерпретації величина може кодуватись кольором (рис. 17). Завдяки високій швидкості ШПФ можуть відображатися навіть стрибки частоти. При використанні спільно з опцією архіву та сегментованої пам'яті R&S@RTM-K15 маркер спектрограми покаже час вибірки та дасть можливість завантажити та вивести на екран відповідні осцилограми. Для аналізу завантажених осцилограм можуть застосовуватися всі інструменти, які є в осцилографі R&S@RTM3000.

Маркери і автоматичний пошук піків

Маркери можуть автоматично розміщуватись на частотних піках для проведення швидкого аналізу. Піки задаються за допомогою порогу, що настроюється. Для поглибленого аналізу можуть бути налаштовані такі параметри, як відхилення та максимальна ширина піку. Результати можуть бути зведені до таблиці (абсолютні або відносні значення щодо конкретного опорного маркера).

Запуск та декодування відомих протоколів для послідовних шин

Підрахунок одиниць і нулів для декодування послідовної шини є стомливим і може приводити до похибок. Осцилограф R&S@RTM3000 автоматизує цей процес шляхом декодування сигналів у конкретному протоколі. Крім того, можливість запуску за відомим протоколом забезпечує безпосередній за-

пуск по певних частинах пакета або кадру.

Додатковий табличний вигляд дозволяє переглядати високорівневе представлення всіх захоплених пакетів (рис. 18). Є можливість експорту таблиці.

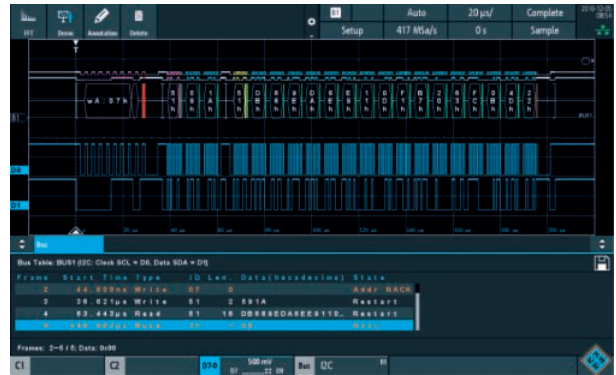


Рис. 18. Декодоване шістнадцяткове повідомлення IIC показано у форматі комірок та у вигляді таблиці

Мікрокнопка для зручного керування приладом

Типова ситуація: користувач ретельно розташував пробник на випробуваному пристрої та хоче розпочати вимірювання – але всі руки зайняті. Мікрокнопка (рис. 19) на активних пробниках Rohde & Schwarz зможе вирішити цю проблему. Вона зручно розташована на наконечнику пробника, і їй можна призначити різні функції, такі як запуск/зупинка, автоналаштування та регулювання зміщення.

Модернізація під вимоги користувача

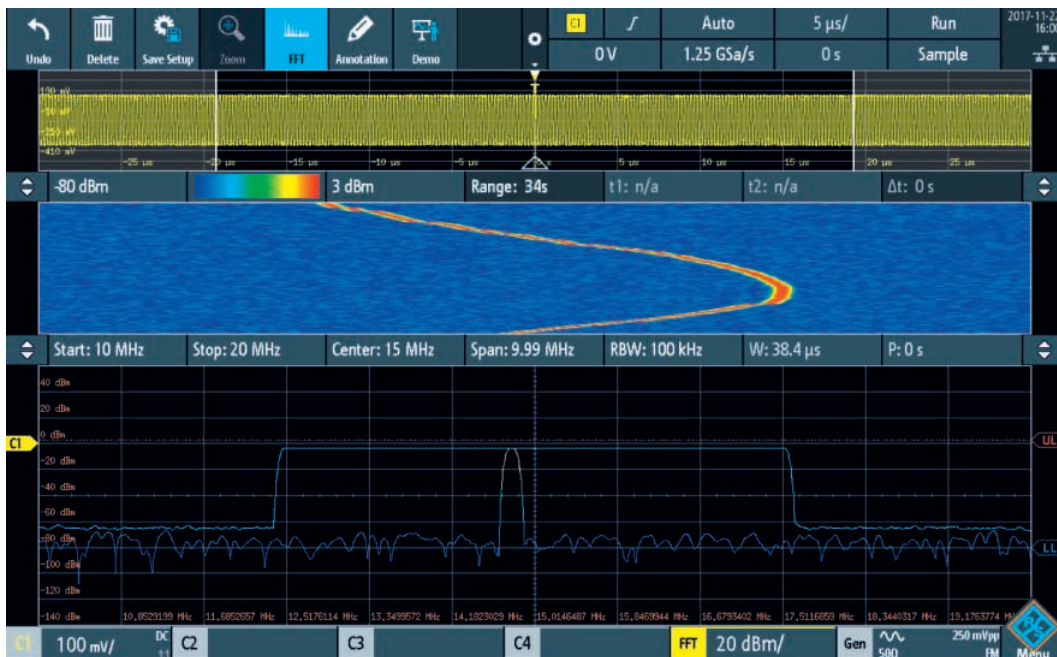


Рис. 17. Тестовий сигнал у часовій області (згори), спектрограма (в центрі) та спектр (знизу)



Рис. 19. Мікронопка забезпечує зручне керування приладом

Осцилографи R&S®RTM3000 гнучко підлаштовуються під необхідні вимоги до модернізації. Потрібно просто встановити необхідні програмні ліцензії, наприклад, на запуск та декодування послідовних протоколів або на функцію архіву та сегментованої пам'яті. Генератор сигналів та цифрових по-

слідовностей, а також можливості роботи в змішаному режимі MSO вже вбудовані в прилад та потребують лише своєї активації. За допомогою програмного ключа можна розширити смугу пропускання приладу до 1 ГГц. Усе це значно полегшує проведення модернізації.

Більш детально з параметрами осцилографів серії 3000 можна ознайомитись в [3, 4].

ЛІТЕРАТУРА

1. https://www.rohde-schwarz.com/cac/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rstm3000-oscilloscope_63493-427459.html
2. <https://configurator.rohde-schwarz.com/App/cH5C/go?q=3#s>
3. https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/RTM3000_dat_en_5214-9144-32_v0700.pdf
4. https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/RTM3000_dat-sw_en_5214-9144-22_v1100.pdf



RPxx-RW – DC/DC-перетворювачі з вихідною потужністю 75...240 Вт для систем підвищеної надійності

Малі габаритні розміри, високий ККД, відповідність стандартам UL-60950, EN50155 і EN60950 – основні вимоги до обладнання залізничного транспорту, яким відповідають перетворювачі серій RPxx-RW.

Перетворювачі RPxx-RW розраховані на роботу в діапазоні температур від -40 до 85 °С без зниження вихідної потужності

RPxxH-RW



RPxxQ-RW



Перетворювачі серій RP75H-RW, RP90Q-RW, RP100H-RW, RP120Q-RW, RP180H-RW и RP240H-RW мають базову основу з кріпильними отворами для застосування в обладнанні, що піддається впливу значних вібрацій

- ККД до 93%
- вхідна напруга 24 (9...36), 48 (18...75), 110 (43...160) В
- вихідна напруга 5, 12, 15, 24 або 48 В



VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії Rescom в Україні

тел.: (+38-044) 201-0202, 492-8852, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua



Портативні осцилографи R&S®Scope Rider RTH

R&S®Scope Rider RTH забезпечує функціональність восьми приладів:

- осцилографа,
- логічного аналізатора,
- аналізатора протоколів
- реєстратора даних
- цифрового мультиметра
- аналізатора спектру
- аналізатора гармонік і частотоміра
- спеціальний режим для побудови XY-діаграм
- режим розгортання та випробування по масці
- користувальницькі сценарії

- максимальна частота дискретизації 5 ГГц
- максимальний обсяг пам'яті 500 тисяч відліків, 50 млн відліків сегментованої пам'яті
- швидкість захоплення даних 50 000 осцилограм/с
- роздільна здатність АЦП 10 біт
- ізольовані входи відповідають категоріям CAT IV 600 V/CAT III 1000 V
- кольоровий сенсорний дисплей 7.0", 800×480 пікселів
- ступінь захисту IP51, відповідно до IEC 60529IP51
- аналіз цифрових сигналів (логічний аналізатор) по 8 каналах, смуга пропускання 250 МГц, частота дискретизації 1,25 ГГц, максимальний обсяг пам'яті 125000 відліків
- чутливість каналу вертикального відхилення від 2 мВ/под. до 100 В/под.

- діапазон зсуву до 200 В
- у 4-канальних моделях функція цифрового мультиметра по кожному з аналогових каналів
- 37 функцій автоматичного вимірювання
- збереження історії та режим сегментованої пам'яті
- аналіз протоколів шин I2C/SPI, UART, CAN/LIN, CAN-FD, SENT
- аналізатор спектру, аналізатор гармонік, частотомір
- безпроводова локальна мережа та Ethernet для дистанційного керування через Інтернет і швидкого доступу до даних
- просте налаштування параметрів поворотним регулятором

Осцилограф R&S®Scope Rider поставляється з усім необхідним приладдям

ТЕПЛОВІЗОРИ – СУЧАСНИЙ СТАН, ЕЛЕМЕНТНА БАЗА ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

THERMAL IMAGERS – MODERN STATE, ELEMENT BASE AND APPLICATION FEATURES

Оглядова стаття підготовлена за матеріалами сучасних публікацій та довідкових даних.

В. Романов

Abstract – The review article was prepared based on the materials of modern publications and reference data.

V. Romanov

Усі об'єкти, температура яких вища за абсолютний нуль 0 K або мінус 273.15 °C, випромінюють інфрачервоні хвилі. Людське око не здатне побачити інфрачервоне випромінювання. Ще в 1900-х років фізик Макс Планк довів наявність взаємозв'язку між температурою тіла і інтенсивністю потоку інфрачервоного випромінювання, що виходить від нього. Але перший тепловий приймач інфрачервоного випромінювання – болометр, був винайдений ще 1878 році американським астрономом, фізиком, піонером авіації Семюелем Ленглі (рис. 1).

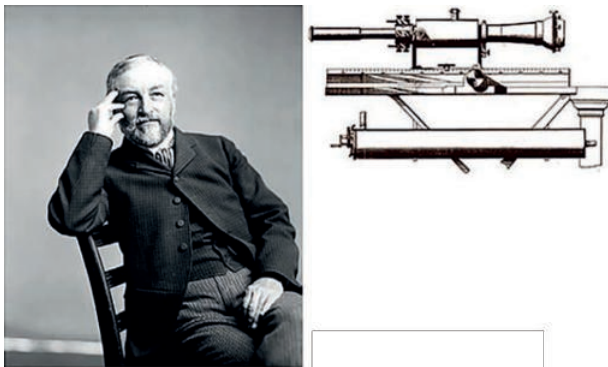


Рис. 1. Самюель Ленглі і перший болометр

Сучасний тепловізор – це прилад, який вимірює інфрачервоне випромінювання у довгохвильовому спектрі в межах поля огляду. Виходячи з цього здійснюється розрахунок температури вимірюваного об'єкта. Фактори розрахунку випромінювальної здатності (ϵ) поверхні вимірюваного об'єкта та компенсації відбитої температури (КВТ) можна вручну задати в тепловізорі у вигляді значень цих змінних. Кожен піксель детектора тепловізора є інфрачервоною точкою, що відображається на дисплеї.

Термографія (вимірювання температури за допомогою тепловізора) є пасивним, безконтактним методом виміру. ІЧ-зображення відображає розподіл температури на поверхні об'єкта. Тобто за допо-

могою тепловізора не можна "заглянути" всередину об'єкта або побачити його наскрізь. Випромінювання, що реєструється тепловізором, це інфрачервоне випромінювання, що виходить від об'єктів, розташованих в полі зору тепловізора.

Коефіцієнт випромінювання ϵ – це ступінь здатності матеріалу випромінювати інфрачервоне випромінювання, ϵ змінюється залежно від властивостей поверхні, матеріалу та від температури об'єкта, що вимірюється.

Коефіцієнт відбиття ρ – це ступінь здатності матеріалу відбивати інфрачервоне випромінювання, ρ залежить від властивостей поверхні, температури та типу матеріалу. Як правило, гладкі, поліровані поверхні мають більшу відбивну здатність, ніж шорсткі, матові поверхні, виготовлені з того самого матеріалу. Компенсацію відбитої температури КВТ можна вручну налаштувати в тепловізорі.

У багатьох областях застосування відбита температура відповідає температурі навколишнього середовища. Кут відображення інфрачервоного випромінювання завжди збігається з кутом падіння. Коефіцієнт пропускання τ – це ступінь здатності матеріалу пропускати через себе інфрачервоне випромінювання, τ залежить від типу та товщини матеріалу. Більшість матеріалів є матеріалами, що не пропускають інфрачервоне випромінювання.

Інфрачервоне випромінювання, що реєструється тепловізором, складається з:

- випромінювання об'єктом виміру
- відбитого зовнішнього випромінювання
- пропущеного об'єктом виміру випромінювання.

Сума даних компонентів завжди приймається за 1 або за 100%

$$\epsilon + \rho + \tau = 1. \quad (1)$$

Оскільки коефіцієнт пропускання τ рідко відіграє значну роль на практиці, то він опускається і формула (1) спрощується до виразу

$$\varepsilon + \rho = 1. \quad (2)$$

Для термографії це означає, наступне:

чим нижчий коефіцієнт випромінювання,

- тим вищий рівень відбитого інфрачервоного випромінювання,
- тим складніше здійснити точний вимір температури
- тим важливішим стає правильне налаштування компенсації відбитої температури (КВТ).

1. Об'єкти виміру з високим коефіцієнтом випромінювання ($\varepsilon \geq 0.8$):

- мають низький коефіцієнт відбиття.
- температуру даних об'єктів можна легко виміряти за допомогою тепловізора.

2. Об'єкти вимірювання із середнім коефіцієнтом випромінювання ($0.8 < \varepsilon < 0.6$):

- мають середній коефіцієнт відбиття
- температуру даних об'єктів можна легко виміряти за допомогою тепловізора.

3. Об'єкти виміру з низьким коефіцієнтом випромінювання ($\varepsilon \leq 0.6$)

- мають високий коефіцієнт відбиття:
- вимірювання температури за допомогою тепловізора можливе, але необхідно ретельно дослідити отримані результати.

Надзвичайно важливо виконувати коректне налаштування компенсації відбитої температури КВТ, оскільки це є одним з основних факторів при розрахунку температури. Коректне налаштування коефіцієнта випромінювання критично важливе при значній різниці між температурою об'єкта вимірювання та робочою температурою навколишнього середовища.

Коли температура вимірюваного об'єкта вище температури навколишнього середовища:

- надмірно високий коефіцієнт випромінювання призведе до підвищених показників температури.
- надмірно низький коефіцієнт випромінювання призведе до занижених показників температури.

Коли температура вимірюваного об'єкта нижче температури навколишнього середовища:

- надмірно високий коефіцієнт випромінювання призведе до занижених показників температури.
- надмірно низький коефіцієнт випромінювання призведе до підвищених значень температури.

Існують три змінні, які необхідно враховувати при

визначенні оптимальної відстані до об'єкта, що вимірюється, і максимального видимого вимірюваного об'єкта:

- поле зору FOV;
- найменший видимий об'єкт IFOVgeo
- найменший вимірюваний об'єкт/вимірювана точка IFOVmeas.

Поле зору FOV тепловізора – це область, видима тепловізором. Розміри даної площі визначаються об'єктивом тепловізора. Більше того, необхідно знати технічні характеристики найменшого видимого об'єкта IFOVgeo конкретного тепловізора. За допомогою цього визначається розмір пікселя в залежності від відстані. З просторовою роздільною здатністю об'єктива 3.5 мрад та відстанню до вимірюваного об'єкта 1 м, найменший видимий об'єкт IFOVgeo має сторону пікселя, яка дорівнює 3.5 мм і відображається на дисплеї як один піксель. Для отримання точних результатів вимірювання об'єкт, який вимірюється, повинен бути в 2-3 рази більше найменшого видимого об'єкта IFOVgeo. Отже, наближений підрахунок до найменшого об'єкта, що вимірюється IFOVmeas, визначається як

$$\text{IFOVmeas} \approx 3\text{IFOVgeo}. \quad (3)$$

Тепловізори вже досить давно застосовують у різних галузях техніки, а також у військовій сфері. Вони ефективно використовуються для виявлення витоків тепла з будівлі чи, навпаки, витоків холоду з холодильної системи. Визначення точного місця витoku дозволяє підвищити енергоефективність будівлі або іншої споруди. На електричних підстанціях встановлено безліч різноманітних електричних обладнання: силові та вимірювальні трансформатори, вимикачі, гірлянди ізоляторів та безліч електричних з'єднань.

Безперервно контролювати стан кожного з них традиційними електровимірювальними приладами важко та дорого. Якщо температура будь-якого вимикача, трансформатора або з'єднання перевищує задану, це можна швидко визначити за допомогою тепловізора. Сучасні тепловізори дозволяють виявляти об'єкти, які мають температурні контрасти до десятків і навіть сотих часток градуса. Такі тепловізори можуть формувати зображення у телевізійному стандарті, в зв'язку з чим знаходять широке застосування у промисловості, медицині та військовій сфері.

Тепловізори класифікують за різними критеріями. Наведемо класифікацію за основними параметрами.

рами, за якими серед сучасних тепловізорів можна виділити окремі класи та групи, залежно від їхньої конструкції чи функціональних особливостей.

За принципом отримання зображення

Ще у 40 роках намітилися дві тенденції у розвитку тепловізорів. До першої групи тепловізорів відносять прилади, в яких для перетворення оптичного сигналу ІЧ-діапазону в електричний сигнал використовують принцип оптико-механічного сканування (ОМС), а до другої групи приладів відносять тепловізори з електронним або матричним скануванням. У тепловізорах першого типу застосовуються ІЧ-приймачі миттєвої дії, а у тепловізорах другого типу – застосовуються матричні ІЧ-приймачі. Спрощена функціональна схема скануючого тепловізора наведена на рис. 2.

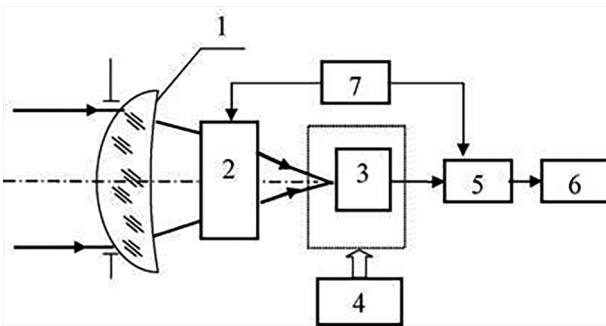


Рис. 2. Спрощена функціональна схема скануючого тепловізора, де 1 – оптична система; 2 – блок оптико-механічного сканування; 3 – ІЧ-приймач; 4 – система охолодження; 5 – електронний тракт; 6 – відео контрольний вузол; 7 – система синхронізації

Матричні тепловізори (рис. 3) мають матрицю FPA (focal plane array) у фокальній площині.

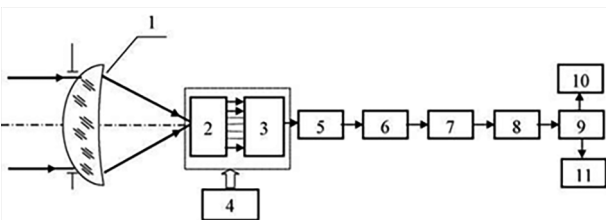


Рис. 3. Спрощена функціональна схема матричного тепловізора, де: 1 – оптична система; 2 – фокальна матриця; 3 – мультиплексор; 4 – система охолодження; 5 – коректор неоднорідності характеристик чутливих елементів; 6 – АЦП; 7 – цифровий коректор неоднорідності; 8 – коректор непрацюючих комірок; 9 – формувач зображення; 10 – дисплей; 11 – цифровий вихід

Матриця FPA – це багатоелементний приймач ІЧ-випромінювання. Кожний піксель у термограмі формується відповідним детектором матриці. У сучасних тепловізорах матриці мають широкий діапазон розмірів у пікселях. У недорогих моделях тепловізорів можуть бути встановлені матриці розміром від 60×60 до 180×180 пікселів. У професійних тепловізорах використовуються матриці розміром 640×480 пікселів і більше. Слід відзначити, що переважна більшість сучасних тепловізорів є матричними.

За спектральним діапазоном існують короткохвильові та довгохвильові тепловізори. У короткохвильових приладах робочий спектральний діапазон становить від 3 до 5 мкм. Вони працюють у середньохвильовому ІЧ-діапазоні, який відповідає вікну прозорості атмосфери приблизно від 3 до 5 мкм. Короткохвильовими їх стали називати по відношенню до довгохвильових моделей тепловізорів, оскільки на практиці, при здійсненні тепловізійного контролю, використовують лише ці два спектральні діапазони. Лінзові об'єктиви короткохвильових тепловізорів виготовляють із кремнію. Короткохвильові тепловізори, як правило, являють собою тепловізійні камери, що охолоджуються, причому охолодження може бути або азотним, або термоелектричним.

Довгохвильові тепловізори мають робочий спектральний діапазон від 8 до 14 мкм. Матриці таких тепловізорів не потребують охолодження. Лінзові об'єктиви довгохвильових тепловізорів виготовляють із германію. Більшість професійних тепловізорів на сьогодні є довгохвильовими.

За типом виконання розрізняють:

1. Стационарні тепловізори, які призначаються для стаціонарної установки, спостереження за фіксованою зоною та передачі інформації через канали зв'язку. Такі тепловізори використовуються:

- у системах безпеки (можуть встановлюватись на привід наведення);
- у промисловості (стежать за температурним режимом об'єктів, що рухаються (наприклад, на конвеєрі) або поверхонь (наприклад, промислових печей)).

2. Переносні (портативні) тепловізори, які призначаються для тепловізійної зйомки в енергетиці, будівництві, промисловості та інших суміжних галузях. Моделі таких тепловізорів конструктивно є мобільними корпусами, в яких містяться всі вузли тепловізора: оптика, матриця, електроніка, екран, органи управління, акумулятор, носій для запису термограм.

Портативний тепловізор може бути оснащений

вбудованим фотоапаратом, лазерним цілепоказником, лампами підсвічування, аудіогарнітурою. Портативні тепловізори широко використовуються у військовій сфері, мають малу вагу від 350 г до 2 кг та автономне акумуляторне живлення, що забезпечує безперервну роботу приладу до 8 годин і більше.

По можливості вимірювання температури розрізняють наглядові або тепловізори для спостереження, які представляють інтенсивність ІЧ-випромінювання об'єктів за допомогою обраної колірної шкали (палітри), і роблять теплове випромінювання досліджуваних об'єктів видимим, та вимірювальні тепловізори, які призначаються для безконтактного вимірювання температури поверхонь та візуалізації температурних полів.

Оскільки принцип дії тепловізора заснований на перетворенні температурної картини у візуальну, то для оцінки якості зображення достатньо використовувати наступні параметри: роздільну здатність отриманого зображення, температурну чутливість матриці і рівень шуму.

На сьогодні існує три прийнятих стандарти на роздільну здатність:

1. Низька роздільна здатність – до 19600 пікселів (160×120 пікселів).
2. Середня роздільна здатність – до 76800 пікселів (320×240 пікселів).
3. Висока роздільна здатність – до 307200 пікселів (640×480 пікселів).

Потрібна роздільна здатність визначається, в першу чергу, використовуваним застосунком для обробки зображення та рівнем якості, що встановлюється у приладі, як правило, вручну. При оцінці якості зображення камер з матрицями розміром 5 мегапікселів і 10 мегапікселів більшість користувачів не помітять жодної різниці. Тому при оцінці якості зображень, отриманих за допомогою тепловізора – число пікселів матриці є важливим параметром, але найбільш значущим є рівень роздільної здатності зображення.

Незалежно від числа пікселів, якість зображення приладу з роздільною здатністю 640×480 пікселів, встановленого на дворазове збільшення, еквівалентне якості, отриманої тепловізором з роздільною здатністю 320×240 пікселів, з дорогою додатковою лінзою з кутом огляду 12°.

Якщо, наприклад, виникне необхідність у вимірі об'єкту на відстані більше 10 м, то доцільно зробити ціновий вибір між використанням тепловізора з роздільною здатністю 320×240 пікселів з додатковою оптикою та тепловізора з роздільною здатністю

640×480 пікселів, для отримання зображень однакової якості.

Теплова чутливість пікселя є другим за значимістю параметром, що впливає на якість зображення. З множини тестів, що визначають кількісну характеристику цього параметра, найбільш значущий тест – оцінка якості зображення зі збільшенням контрастності. Діапазон термочутливості тепловізора змінюється залежно від температури об'єкта, оскільки зі збільшенням температури зростає рівень сигналу на виході детектора.

Це означає, що покращується співвідношення сигнал/шум під час тестування гарячих об'єктів. Але це не завжди позитивна якість, тому що зустрічаються ситуації, в яких температура об'єкта невисока і різниця температур різних ділянок об'єкта невелика. Типовим прикладом низького диференціалу температур об'єкта є обстеження стін усередині будівлі. Невеликі відмінності в температурі фіксуються тільки за рахунок збільшення контрастності між досліджуваною (у якій визначається температура) та контрольною (у якій відома температура) точками.

Термочутливість датчиків інфрачервоних камер лежить у діапазоні 0.05-0.25 °К. Хоча чутливість у чверть градуса досить висока, на низькоконтрастному зображенні (коли температурна різниця точок об'єкта невисока) стають помітними шуми.

Тепловізори відображають теплову картину об'єкта, використовуючи 256-колірну гамму або 256 градацій сірого. Уявимо, що різниця температури об'єкта 0-256 °С, і кожен відтінок відображає різницю в 1 °С. Застосуємо цей метод до об'єктів з температурним діапазоном 25-35 °С. Тепер кожен відтінок відображає різницю 0.03 °С, що менше реальної чутливості камер, які не охолоджуються. В результаті на зображенні виникають шуми та похибки.

У деяких ситуаціях необхідно встановити якомога вужчий діапазон чутливості, щоб побачити найменшу різницю температури. Якщо використовується прилад чутливістю 0.25 °С і потрібно підтримувати такий же рівень шуму, то встановлюється температурний діапазон не вужче 65 °С, при якому ще можна отримати контрастне зображення. Слід прийняти до уваги, що різницю між ІЧ-камерами з чутливістю 50 мК і 100 мК становить 100%, а не 0.05 °С.

Якщо роздільна здатність 160×120, а чутливість 100 мК, це відповідає температурному діапазону більше 10 °С. При звуженні діапазону якість зображення значно падає. Якщо роздільна здатність 320×240, а чутливість 70 мК, це відповідає температурному діапазону 5 °С, при збереженні високої яко-

сті зображення. Якщо роздільна здатність 640×480 , а чутливість 50 мК, то якість зображення є конкурентною з якістю зображень, отриманих камерами з охолодженням.

Відношення сигнал/шум

Основа будови пікселя інфрачервоної матриці, що не охолоджується, становить мікроскопічний перехід між тонкою плівкою резистивного матеріалу і реєструючим інфрачервоне випромінювання шаром, розташованими на підкладці термочутливої ІМС матриці. Зчитування відбувається послідовно з кожного пікселя методом мультиплексування. Інфрачервоне випромінювання з довжиною хвиль 8-14 мікрон, що потрапляє на кожен піксель, перетворюється на тепло, яке змінює опір тонкої резистивної плівки ІМС. Схема зчитування послідовно знімає напругу, пропорційну кількості теплоти, з кожного резистивного «мікроболометра» і створює відеозображення в режимі реального часу, як показано на рис. 4.

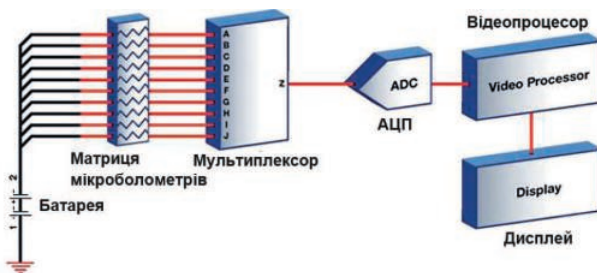


Рис. 4. Сучасна схема інфрачервоного датчика без охолодження

На кожен піксель подається напруга зміщення, а зміна опору резистивної плівки під впливом температури перетворюється на цифровий код. Кожен аналоговий сигнал містить деякий рівень шуму. Відношення сигнал/шум сильно впливає на якість зображення. Слід додати, що підсилювач однаково збільшує і корисний сигнал, і шумову компоненту. В результаті на зображенні з'являється "сніг". Відношення сигнал/шум зазвичай визначається як еквівалентна різниця температур. Найбільше значення відношення сигнал/шум має на виході термочутливих датчиків, так як надалі шум посилюється пропорційно з корисним сигналом. Тому температурна чутливість великою мірою впливає на якість термо зображення.

Також важливе значення має фокусна відстань F об'єктива камери. Об'єктиви з фокусною відстанню $F = 1.0$ вважаються "швидкими". Збільшення фокусної відстані позначається на якості зображення. На-

приклад, оптична система з $F = 1.4$ зменшує теплову чутливість у 2 рази, система з $F = 2.0$ зменшує термочутливість у 4 рази. Тому чутливість системи 50 мК дорівнюватиме 100 мК при використанні оптики з $F = 1.4$, що ще прийнятно. Однак, при використанні "повільної" оптики ($F > 1$), термочутливість систем 100 мК падає до неприйнятних 200 мК.

Термочутлива матриця, як було відмічено, складається з безлічі мікроболометрів, що є крихітними терморезисторами з безліччю зв'язків між ними. Кожен терморезистор реагує на інфрачервоне випромінювання з певною похибкою. Збільшення величини похибок пов'язане зі збільшенням щільності пікселів та їхньої термочутливості. Для виправлення цієї похибки використовується процес, що має назву "нерівномірне калібрування". Під час виготовлення датчиків тепловізора їх нормалізують, тобто за відсутності сигналу рівень вихідної напруги кожного датчика матриці повинен мати нульове значення.

Усі тепловізійні прилади підлягають обов'язковій діагностиці. Вони повинні бути повірені в установленому порядку і мати відповідні атестати. Тим не менш, регулярна перевірка та калібрування необхідні для будь-якого вимірювального приладу, в тому числі для інфрачервоної техніки. Рекомендується робити це перед початком кожної конкретної роботи з інфрачервоною системою. Є кілька простих способів оцінки калібрування тепловізійного обладнання:

1. Перевірка по внутрішніх куточках очей людини.
2. Перевірка по посудині з льодом, що тане, і по киплячій воді.
3. Використання еталона абсолютно чорного тіла для того ж діапазону.

Випромінювальна здатність (коефіцієнт випромінювання) є найбільш значимим джерелом помилки при вимірюванні температури інфрачервоного приладами, особливо в довгохвильовому діапазоні та при великих температурах. Слід обережно ставитися до значень коефіцієнта випромінювання (КВ), наведених у довідковій літературі, особливо для матеріалів та виробів з низькими КВ, тому що він залежить від багатьох факторів (стану поверхні, її температури, кута спостереження тощо). Ці значення можна використовувати тільки для оцінки вимірюваної температури. У відповідальних випадках краще визначити його експериментально.

Важливо отримувати інфрачервоне зображення якомога вищої якості. Найважливіші властивості хорошого зображення такі:

1. Сфокусованість зображення.

2. Ракурс, при якому ясно видні потрібні деталі термозображення.

3. Правильно вибраний температурний діапазон та інтервал вимірювання температури.

4. Правильно встановлені: атмосферна температура, відстань до об'єкта, вологість повітря, температура навколишніх предметів тощо.

5. Колірна палітра, при якій всі деталі термограми видно чітко та контрастно.

Слід зазначити, що зазори, щілини, порожнини, внутрішні поверхні двограних і тригранних кутів, що утворюються в місцях стиків плоских поверхонь, випромінюють теплову енергію з більшою інтенсивністю, ніж плоскі поверхні. Через багаторазові відбитки потоку випромінювання всередині них, зазори, щілини і порожнини майже завжди здаються теплішими, ніж поверхня навколо них внаслідок того, що їх КВ більш високий, ніж КВ поверхні, що оточує їх. Практично вся енергія падаючого інфрачервоного випромінювання поглинається ними і відбита енергія практично відсутня. Тому, якщо обстежується поверхня з низьким коефіцієнтом випромінювання (високою здатністю, що відбиває), то порожнинні випромінювачі можуть виявитися дуже корисними, так як вони дозволяють отримати уявлення про дійсну температуру об'єкта. Отвори під болти, різьблення, куточки, навіть подряпини допомагають підвищити точність виміру температури.

Більш детально зупинимося на сферах застосування тепловізорів

Тепловізійні технології вже багато років активно застосовуються у найрізноманітніших сферах діяльності людини. Представники мисливського туризму, охорони, армії та поліції насилу можуть уявити вирішення багатьох завдань, з якими вони щодня стикаються, без сучасних тепловізорів.

Військова сфера

Слід відзначити, що багато хто помилково вважає, що тепловізори та прилади нічного бачення (ПНО) є пристроями одного класу. Тим не менш, вони відрізняються між собою принципами роботи та базовими технологіями. Якщо в тепловізорах використовується матриця ІЧ-детекторів, яка може охолоджуватися або не охолоджуватися, то в ПНО головним перетворюючим компонентом є електронно-оптичний перетворювач. Виходячи з цього, тепловізори показують реальний об'єкт спостереження (його тепловий фон), як показано на рис. 5, а ПНО – це відображення об'єкта спостереження. Тепловізори по праву вважаються більш точними та ефективними пристроями, що відіграє важливу роль

у військовій справі.

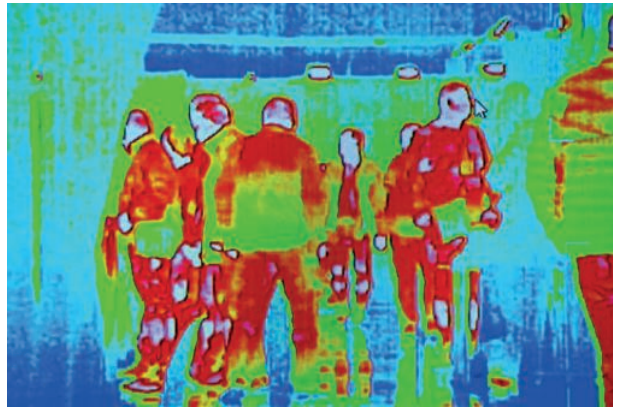


Рис. 5. Тепловий фон об'єкта спостереження, отриманий тепловізором

Тепловізори працюють незалежно від умов освітлення та погодних умов. Їх можна успішно застосувати як вдень, так і вночі, не побоюючись отримати засвічення або спотворення зображення. Також для тепловізора не стане перепоною дощ, туман і навіть густий дим. Головне для коректної роботи цих пристроїв – це пропускна здатність. Тому військові можуть легко побачити об'єкт спостереження навіть попри камуфляж, кущі та інші несуттєві перепопи.

Які тепловізори найкраще підходять для військової сфери

У військовій справі особливим попитом користуються спостережні тепловізори. Їх успішно практикують у всьому світі. Найбільш поширеними тепловізорами для військової справи є монокулярні, біноклі та приціли. Вони досить компактні та зручні у використанні, а також їх легко можна застосовувати для різних цілей і в комплексі з різною військовою технікою.

Цінність портативних тепловізорів для військової сфери полягає в тому, що вони можуть безпомилково виявляти людей та бойову техніку на відстані до 1.5 та 3 кілометрів відповідно. А великі стаціонарні тепловізори у максимальній комплектації можуть фіксувати об'єкти на відстані до 8 кілометрів. Чутливі в довгохвильовому діапазоні тепловізійні пристрої найчастіше встановлюють на таких військових об'єктах, як танки, бронетехніка, безпілотні пристрої, морські судна, літаки та гелікоптери. Також тепловізійні модулі встановлюються в головках бойових ракет для теплового захоплення цілі.

Одним із найбільш поширених видів тепловізорів, які використовують у військовій справі, є тепловізійні приціли. Популярність цього пристосування

пояснюється тим, що це є універсальна оптика, яка здатна значно модифікувати будь-які типи зброї та використовуватися як універсальний прилад для спостереження, що має ще функцію запису зображення. Таким чином, тепловізійні прилади у вигляді монокулярів, біноклів, прицілів відіграють важливу роль у військовій справі. А інноваційність і доступність тепловізійних технологій дозволяє зробити висновок, що ці пристрої і надалі будуть широко використовуватися у цьому напрямку.

Тепловізійні технології у медицині

У медицині тепловачення використовується вже близько 50 років, з кожним роком стаючи більш поширеним та доступним методом діагностики. Популярність тепловачення в медицині обумовлена тим, що цей метод дає можливість швидко, без попередньої підготовки пацієнтів, нешкідливо та без протипоказань проаналізувати теплове поле пацієнта та визначити патологічні теплові рисунки.

Діагностика захворювань тепловізійним методом

Тепловачення в медицині – це нешкідливий та ефективний метод діагностики захворювань. Тепловізори та тепловізійні комплекси фіксують невидиме людському оку ІЧ-випромінювання температурного фону тіла людини, яке відображає патологічні процеси, що відбуваються в організмі. Надійність тепловачення як методу діагностики була обґрунтована канадським ученим Робертом Лаусоном. У другій половині минулого століття він довів, що температурний фон тіла людини відображає процеси, що відбуваються в організмі. Це дозволяє вважати метод ІЧ-діагностики достовірним. Так, за допомогою тепловізійних технологій можна визначити відхилення та патології у роботі організму.

Найбільш поширеними захворюваннями, які діагностують за допомогою тепловізорів, є запальні процеси, доброякісні та злоякісні новоутворення, патології молочних залоз та щитовидної залози, а також порушення периферичного кровообігу. Вимірювання температури – один із ключових етапів початкової діагностики всіх захворювань, оскільки температура тіла відбиває загальний стан організму. У сучасній медицині вимірювання температури здійснюють двома способами – контактним та безконтактним. Безконтактний вимір температури тіла є більш швидким, гігієнічним та ефективним, якщо порівнювати з контактним виміром. Безконтактні термометри дозволяють вимірювати температуру до 10 осіб за секунду, які при цьому перебувають у русі (рис. 6).



Рис. 6. Масовий скринінг температури за допомогою тепловізора

підвищеної температури тіла. На ринку зараз представлено багато моделей безконтактних вимірювальних приладів у різних цінових категоріях, що робить їх досить доступними. Завдяки зручності та доступності, безконтактні термометри поступово замінюють прилади контактного вимірювання температури як у медичних закладах, так і домашньому використанні.

У разі сучасних реалій багатьох цікавить питання своєчасної діагностики COVID-19. Прояв типових для захворювання симптомів у вигляді підвищеної температури, сухого кашлю, стомлюваності, втрати нюху, утрудненого дихання, а також невідкладна консультація з лікарем залишаються головними та обов'язковими кроками при підозрі на COVID-19. Існує думка, що тепловізори можуть діагностувати коронавірусну інфекцію.

Чи так це? Ні, тепловізори не можуть діагностувати COVID-19. Проте тепловачення як метод діагностики може активно використовуватися, наприклад, під час пандемії COVID-19. Встановлені в місцях масового скупчення людей тепловізори та тепловізійні комплекси допомагають визначити перевищення температури, що є одним із головних симптомів коронавірусної інфекції. Так, людині з підвищеною температурою тіла буде запропоновано пройти додаткове обстеження та лабораторну діагностику, і вона не контактуватиме з іншими до отримання результату тесту на коронавірусну інфекцію. Тепловачення у такому застосуванні допомагає запобігти поширенню COVID-19.

Таким чином, ми бачимо, що тепловачення активно використовується в медицині і популярність цього методу діагностики збільшується з кожним роком. Це зумовлено зручністю та простотою його використання, а також точністю результатів. Тепловізори та тепловізійні комплекси використовують у

медицині для діагностики різних захворювань, серед яких запалення, пухлини та інші патології. Діагностика за допомогою тепловізорів не має жодних протипоказань, що говорить про універсальний характер цього методу.

Пожежні тепловізори: особливості та застосування на практиці

Специфіка роботи в екстремальних умовах пожежних та рятувальних підрозділів накладає певні вимоги на тепловізійні пристрої, наприклад: пиловологозахищеність, ударостійкість, стійкість до впливу високих температур, разом з тим важливою умовою є портативність, легкість, більш розширений діапазон фіксованих температур, отримання тепловізійного зображення у реальному часі і т.і.

Найперший пожежний тепловізор EEVP 4428 з'явився в американському пожежному відомстві у 1980 році. Це був громіздкий переносний прилад, до якого входила важка акумуляторна батарея з ременем для носіння на грудях. Його важко було втримати в одній руці. Згодом пристрої ставали більш компактними, легкими та технічно досконалішими. Перші портативні пожежні тепловізори з'явилися в 1990 р. Сьогодні пожежні тепловізори за розміром і вагою трохи більше за звичайний фотоапарат.

Яким чином пожежники та рятувальники використовують тепловізори при виникненні пожеж, аварій та інших надзвичайних ситуацій? Насамперед, тепловізор – неоціненний помічник у пошуку та порятунку постраждалих людей. Неважливо, день чи ніч, або високий рівень задимлення, чи велика досліджувана площа (ліси, ангари тощо), – тепловізор завжди допоможе відшукати людину, оскільки сучасні алгоритми цифрової обробки інфрачервоних зображень спеціально налаштовуються на те, щоб фігури людей та температура їх тіла контрастно виділялися на фоні будь-яких об'єктів.

За допомогою тепловізора пожежні підрозділи здійснюють пошук вогнищ займання, особливо актуально це в умовах сильного задимлення. При цьому тепловізор дистанційно дозволяє визначити температуру полум'я або об'єктів, котрі знаходяться поруч, наприклад, різних конструкцій. Усе це значно підвищує швидкість прийняття оперативних рішень.

Як відомо, тепловізори не дозволяють "дивитися через стіни", але вони здатні виявляти так звані "непрямі теплові ознаки", тобто теплове випромінювання, яке залишається на поверхні від торкання тепліших предметів (слід від руки або тіла). Якщо інтенсивне теплове випромінювання є у якомусь приміщенні, вентиляційному каналі, в порожнечах між

стінами, цей тепловий прояв можна «побачити» на зовнішніх поверхнях.

Таким чином, пожежники швидше знаходять приховані вогнища, оперативно локалізують пожежі, витрачають менше часу на пошуки загорянь і демонтаж будівельних конструкцій, і, отже, значною мірою знижуються загальні втрати від пожежі. Використовуючи тепловізор, пожежники та рятувальники також оцінюють стан несучих конструкцій будівлі під час пожежі, проводять пошук витоків газу з трубопроводу, визначають інтенсивність горіння та розповсюдження пожежі, оцінюють безпеку шляхів евакуації та багато іншого.

Необхідно зауважити, що в роботі тепловізійного обладнання є своя специфіка, наприклад, воно не дає зображення через скло, воду або блискучі об'єкти, оскільки ці поверхні діють як дзеркала в оптичній системі. До недоліків тепловізора слід віднести досить високу вартість обладнання, що суттєво ускладнює його використання на озброєння пожежними та рятувальними підрозділами. Тому такі пристрої не завжди є у переліку комплектації пожежних та рятувальних автомобілів. Але, при цьому слід зазначити, що тепловізори успішно зарекомендували себе у пожежній справі і стали невід'ємним предметом спорядження для багатьох рятувальників.

Категорії інфрачервоного світла

Інфрачервоне випромінювання має більшу довжину хвилі, ніж видиме світло. Світло в діапазоні від 0.75 мкм до 1000 мкм електромагнітних хвиль класифікують як інфрачервоне. Категорії інфрачервоного світла відображені на рис. 7.

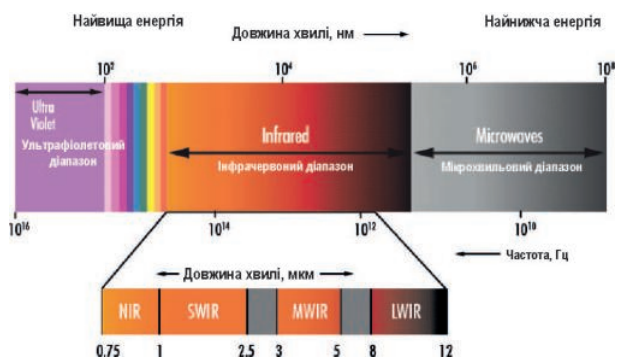


Рис. 7. Категорії інфрачервоних діапазонів

В інфрачервоному діапазоні виділяють такі піддіапазони за довжиною хвилі: NIR (менше 1 мкм, ближній інфрачервоний діапазон), SWIR (1.4~3 мкм, короткохвильовий інфрачервоний діапазон), MWIR (3~5 мкм, середньохвильовий інфрачервоний

діапазон), LWIR (8~14 мкм, довгохвильовий інфрачервоний діапазон). Інфрачервоний діапазон з довжиною хвилі більше 20 мкм – це далекий інфрачервоний діапазон. Ця класифікація базується на характеристиках атмосферного пропускання інфрачервоного світла, яке дуже корисне для спостереження завдяки його високому пропусканню. Користувач може вибрати діапазон серед різних інфрачервоних піддіапазонів відповідно до призначення своєї системи.

Використання ІЧ-матриць у різних сферах діяльності людини наведено у табл. 1.

Слід додати, що важливість теплового зображення обґрунтовується різноманітністю використання у різних галузях діяльності людини, а саме в галузі дослідження землі, запобігання катастрофам, в астрономічних спостереженнях, у комерційних, цивільних або наукових цілях. Наприклад, можна

досліджувати зміну погоди щодо випаровування водяної пари та вологи ґрунту за допомогою калібрування інфрачервоних зображень із різних діапазонів довжин хвиль інфрачервоного випромінювання, досліджувати стан біологічних ресурсів або мінеральних запасів, розвідувати морські ресурси та океанські течії, запобігати катастрофам і т.і. Теплові інфрачервоні зображення можуть виявити походження лісових пожеж або вивержень вулканів, виявляти розлив нафти, якщо є накопичені відповідні дані у різних ІЧ-діапазонах.

Як впливає з наведеного, основним компонентом тепловізора є ІЧ-матриця, яка виготовляється за різними мікроелектронними технологіями. Більш детально розглянемо розподіл ІЧ-матриць за мікроелектронними технологіям на прикладі виробів корейської компанії iZsystem, Inc, яка розробляє та виробляє тепловізійні інфрачервоні та рентгенівські

Таблиця 1. Використання ІЧ-матриць у різних сферах діяльності людини

Сфери використання	Предмет використання
Військова	Панорамний приціл бойового танка або бронемашини. Тепловізори для внутрішньої безпеки та приборозного спостереження. ІЧ-привід у високоточній керованій зброї (ракетях, кораблях, гелікоптерах, боеприпасах і т. і.) Монокуляри, біноклі, приціли.
Медична	Система візуалізації та термографії для медичної діагностики, а саме для: <ul style="list-style-type: none"> виявлення запальних процесів виявлення доброякісних та злоякісних новоутворень, патології молочних залоз та щитовидної залози дослідження порушень периферичного кровообігу безконтактний скринінг температури
Промислова	Перевірка ізоляції, систем кондиціонування повітря або опалення Надмірне нагрівання або охолодження електричного та електронного обладнання Втрата електропостачання в лінії електропередачі Випробування електронного обладнання включно друкованих плат у зборці під навантаженням Виявлення місця збою у виробничому процесі Розподіл теплового навантаження в процесі виробництва Діагностика втоми матеріалів Неруйнівний контроль обладнання у процесі роботи.
Надзвичайні ситуації	Тепловізори для пожежних підрозділів виконують: <ul style="list-style-type: none"> оперативний пошук людей у задимлених приміщеннях пошук займання вогнища в умовах сильного задимлення дистанційне визначення температури полум'я
Космічна галузь	Спостереження за погодою
Системи спостереження загального призначення	Безпека водіння автомобіля та поїзда вночі Спостереження за зльотом і посадкою повітряних суден вночі Спостереження за екосистемою та навколишнім середовищем Допомога при водінні автомобіля, автобуса та вантажівки вночі

детектори для військового використання. Вона також розробляє ІЧ-детектори для тепловізійних камер засобів безпеки та спостереження, радіометричні пристрої та системи нічного бачення.

ІМС ІЧ-матриць різних піддіапазонів виготовляються, на сьогодні із матеріалів InSb, T2SL, InGaAs, де InSb – антимонід індію, на основі якого створюються матриці мікроболометрів для охолоджуваних теплових камер. T2SL (Super Lattice типу II) – це нова технологія для створення інфрачервоних детекторів. Датчики зображення на основі InGaAs застосовуються в теплових камерах видимої, ближньої інфрачервоної та короткохвильової інфрачервоної областей спектра випромінювання. Параметри деяких охолоджуваних та не охолоджуваних

ІЧ-матриць наведені в табл. 2, 3.

Довгохвильове інфрачервоне випромінювання або LWIR – це діапазон електромагнітного спектру, що охоплює довжину хвиль від 8 до 14 мкм (від 8000 до 14000 нм). Це випромінюване тепло, яке бачать тепловізори без охолодження. Тепловізор LWIR без охолодження може бути доступнішим, ніж тепловізор MWIR з охолодженням, оскільки датчики потребують менш складних компонентів і менше поточного обслуговування.

Системи камер Infiniti LWIR можуть похвалитися кращими зображеннями, ніж більшість провідних конкурентів цієї компанії, оскільки в них поєднані неохолоджувані датчики та германієві лінзи з великою діафрагмою. Це дозволяє більшої кількості теплової

Таблиця 2. Параметри охолоджуваних матриць компанії i3system, Inc

ІЧ-діапазон	MWIR	MWIR	LWIR
Технологія	InSb	T2SL	T2SL
Довжина хвилі, мкм	3~5	3~5	7.7~9.4
Температура охолодження, К	80	130	80
Розміри матриці, (пікселі), роздільна здатність, мкм	320×256, 15 320×256, 30 640×512, 15 1280×1024, 10 1280×1024, 15	640×512, 7.5 640×512, 15 1280×1024, 10	640×512, 15 1280×1024, 10
Працездатність, %	99.5	99.5	99.5
Коментар	Найсучасніша технологія	Матриці для портативних тепловізорів, дронів і БПЛА	

Таблиця 3. Параметри неохолоджуваних матриць компанії i3system, Inc.

Технологія	Болометр	InGaAs
Довжина хвилі, мкм	LWIR, 8~14	SWIR, 0.9~1.7 SWIR, з видимого діапазону до 1.7
Розміри матриці, пікселі, роздільна здатність, мкм	384×288, 17 640×480, 17 384×288, 12 640×480, 12 1024×768, 12	640×512, 7.5 640×512, 15 1280×1024, 10
Працездатність, %	99.5	99.5
Максимальна частота кадрів, Гц	60	50

нергії досягати датчика, що, у свою чергу, призводить до чистішого та різкішого зображення.

Короткохвильове інфрачервоне випромінювання (SWIR) визначається як світло в діапазоні довжин хвиль 0.9–1.7 мкм, але його також можна класифікувати від 0.7–2.5 мкм. Оскільки кремнієві датчики мають верхню межу приблизно на рівні 1.0 мкм, SWIR-зображення вимагає унікальних оптичних та електронних компонентів, здатних працювати в певному діапазоні SWIR.

Сенсори з арсеніду індію-галію (InGaAs) є основними датчиками, які використовуються для SWIR-зображення, охоплюючи типовий діапазон SWIR, але можуть розширювати його від 550 нм до 2.5 мкм. Незважаючи на те, що датчики лінійного сканування на базі InGaAs комерційно доступні, але так звані area-scan датчики (для сканування поверхні) на базі InGaAs зазвичай обмежені у постачанні за правилами ITAR (Правила міжнародної торгівлі зброєю ITAR — це регулятивний режим Сполучених Штатів для обмеження та контролю за експортом оборонних і військових технологій для захисту національної безпеки США та досягнення цілей зовнішньої політики США). Тим не менш, таке обладнання можна використовувати для ряду комерційних застосувань за відповідних ліцензій.

На відміну від середньохвильового інфрачервоного MWIR та довгохвильового інфрачервоного LWIR випромінювання, яке випромінює сам об'єкт, інфрачервоне випромінювання SWIR діапазону забезпечує сильний контраст, необхідний для високої роздільної здатності зображення.

Навколишнє світло зірок і фонове сяйво (нічне світіння) є природними випромінювачами SWIR і за-

безпечують чудове освітлення для нічних зображень поза приміщенням. Важливо використовувати лінзи, які розроблені та оптимізовані для діапазону довжин хвиль SWIR. Використання об'єктива, розробленого для видимого спектру, призведе до отримання зображень із нижчою роздільною здатністю. Оскільки хвилі з довжиною SWIR проходять через скло, лінзи та інші оптичні компоненти (оптичні фільтри, вікна тощо), їх можна виготовляти за тими ж методами, які використовуються для видимих компонентів, що зменшує вартість виробництва. При отриманні зображень у SWIR діапазоні водяна пара, туман і деякі матеріали, наприклад, кремній, є прозорими. Крім того, за допомогою SWIR можна легко розрізнити кольори, які здаються майже ідентичними у видимій області спектра.

Таким чином, зображення у діапазоні SWIR забезпечує низку переваг порівняно з видимим спектром, коли воно використовується для перевірки, сортування, спостереження, контролю якості та для багатьох інших застосувань. Важливо вибрати оптичні компоненти, спеціально розроблені та оптимізовані для діапазону довжини хвиль SWIR, щоб забезпечити найвищу роздільну здатність і найменші аберації.

ВИСНОВКИ

Оглядові матеріали з сучасної тепловізійної техніки розраховані на користувачів та розробників цієї апаратури для різних галузей застосування. Як випливає з цих матеріалів, на базі інфрачервоних матриць високої якості можна випускати тепловізори і тепловізійні системи з необхідними параметрами безпосередньо на підприємствах України.

VD MAIS

Друковані плати



- проектування друкованих плат
- технологічна підготовка виробництва
- виготовлення будь-якої кількості плат:
 - за стандартом IPC-A-600J
- проектування та виготовлення трафаретів для нанесення паяльної пасти.

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

VD MAIS

Розробка та серійне виробництво електроніки



- розробка електричних схем
- проектування та виготовлення друкованих плат
- комплектація виробів електронними компонентами та конструктивами
- контрактне виробництво (за стандартом IPC-A-600J):
 - автоматизований монтаж SMD-компонентів, автоматизована серктивна пайка компонентів, що монтуються у отвори
 - виготовлення дослідних зразків виробів
 - дрібно- та великосерійне виробництво
- багаторічний досвід розробки і виробництва
- гарантія якості.

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua



Fluke TiS40

ТЕПЛОВІЗОР ДЛЯ ЕНЕРГОАУДИТУ

Fluke TiS40 – універсальний тепловізор для енергоаудиторів та енергетиків

Розширені функціональні можливості

- роздільна здатність термосенсора: 160×120 пікселів
- діапазон вимірювання -20...350 °C
- теплова чутливість 0.09 °C, точність вимірювання ±2 °C
- роздільна здатність цифрової фотокамери 5 Мп ксел в
- фокусування автоматичне нерегульоване (від 0,45 м)
- кут огляду 35.7°×26.8°, в днюшення відстань/розмір вимірювання 257 до 1
- монітор сенсорний 3,5 дюйми, 320×240 пікселів
- вбудована пам'ять 4 Гбайт + 4 Гбайт Micro SD
- технології IR-Fusion® (суміщення знімків видимого та ІЧ-спектрів), PIP ("кадр у кадрі"), AutoBlend™
- акумулятор літій-іонний з світлодіодним індикатором заряду, неперервний час роботи до 4 годин, час заряджання 2.5 години
- адаптер мережі змінного струму 100...240 В, 50/60 Гц
- програмне забезпечення SmartView® (в комплекті поставки)
- мови меню: англійська, російська, тощо (18 мов)
- клас захисту корпусу IP54, вібробезпечність 2g
- габаритні розміри 26.7×10.1×14.5 мм, маса (з акумулятором) 0.72 кг

VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії Fluke в Україні

тел.: (044) 201-0202, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЩА -
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

[VD MAIS: 5000 кв.м
друкованих плат за рік]



ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

■ ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS – найбільший постачальник друкованих плат на ринку України

7 аргументів на користь друкованих плат, що постачаються VD MAIS:

- принцип "все з одних рук"
- стабільне положення фірми на ринку друкованих плат
- висока кваліфікація спеціалістів
- вибір перевірених фірм-виробників в залежності від специфіки замовлення
- технічний супровід проекту при монтажі SMD-компонентів
- мінімізація ціни за рахунок об'єднання замовлень
- сертифікація систем екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми відповідно до вимог стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016
- надання документації по вихідному контролю друкованих плат

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЩА -
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS
PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURE WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

У статті розкриті особливості автоматизованого управління вирощуванням сільськогосподарської продукції з використанням штучного інтелекту на базі мікроконтролера MAX78000.

В. Романов

Abstract - The article reveals the features of the automated management of the cultivation of agricultural products using artificial intelligence based on the microcontroller MAX78000.

V. Romanov

На сьогодні 80% сільських господарств у багатьох країнах, що розвиваються, залежать від продуктивності виробництва сільськогосподарської продукції. Населення цих регіонів найбільше піддається ризику голоду та відсутності продовольчої безпеки, спричинених зміною клімату. Особливо вразливі жінки та діти. Відсутність продовольчої безпеки є для таких країн глобальною проблемою. 822 мільйони людей у цих країнах недоїдають, 149 мільйонів з них – діти, які відстають у розвитку через недоїдання. Таким чином, відсутність продовольчої безпеки, що викликана перш за все зміною клімату, становить життєвий виклик для мільярда людей на планеті. За заявою Міжнародного валютного фонду (МВФ), «в інтересах усього світу забезпечити, щоб зміна клімату не загрожувала розвитку та стабільності в бідніших країнах. Інвестиції в кліматичну стійкість... мо-

жуть бути дешевшими, ніж гуманітарна допомога та відновлення після катастрофи». Різниця економік розвинутих країн і країн, що розвиваються, зображена на рис. 1, з якого випливає що країни, які розвиваються, стикаються з більшими економічними ризиками через зміну клімату та менш здатні до них адаптуватися.

Вищі температури, дефіцит води, посухи, повені та більші концентрації CO₂ в атмосфері суттєво впливають на вирощування сільськогосподарських культур. Як наслідок, виробництво їжі в світі скорочується. Багаторічні дослідження, проведені Міжнародним дослідницьким центром продовольчої політики, показали, що Гватемала та Коста-Ріка втратять по 17% урожаю богарної кукурудзи до 2050 року через зміну клімату. Гондурас втратить 12% свого врожаю, а Колумбія, Перу, Сальвадор і Нікара-

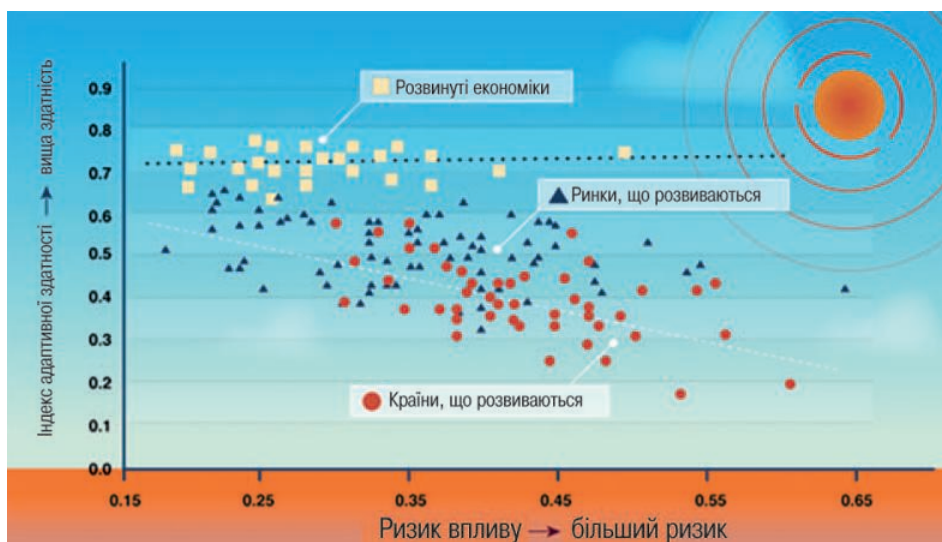


Рис. 1 Індекс адаптивної здатності країн з різними економіками до зміни клімату

гуа втраять приблизно 8%. Мало що можна зробити, щоб захистити рослини від частих на сьогодні ураганів або підвищення рівня моря, викликаних зміною клімату.

Однак поява та поширення технологій штучного інтелекту (Intelligent Edge) дозволяє як великим, так і малим господарствам краще управляти та підвищувати врожайність сільськогосподарських культур в умовах довготривалих змін погоди. Відзначимо, що термін Intelligent Edge (інтелект на межі) означає, що елементи штучного інтелекту використовують обчислювальні потужності інтелектуальних пристроїв у точці використання на межі традиційних обчислювальних мереж.

Традиційні мережі будуються за принципом віддалених сенсорів, які надсилають дані до віддалених центрів обробки даних для аналізу та прийняття рішень. Переміщення обчислювальної потужності до джерел даних забезпечує більшу швидкість реагування та ефективність управлінських рішень, особливо в сільськогосподарських країнах, що розвиваються. Сьогодні фахівці провідних компаній в тому числі і компанії Analog Devices працюють у такій країні як Філіппіни із дрібними фермерами, щоб створити замкнуті рішення Intelligent Edge для моніторингу та реагування на потреби в зрошенні та добривах їхніх посівів кави в реальному часі.

Потенційні переваги включають більш ефективне використання обмежених ресурсів фермерів, значне підвищення врожайності кавових культур, а на національному рівні – потенційне повернення Філіппін на місце одного з провідних світових експортерів кави. Виробництво кави на Філіппінах скоротилося з 68 800 тонн у 2016 році до 60 600 тонн у 2020 році, що становить 12% падіння лише за чотири роки. Рушійними силами падіння виробництва кави стали зміни клімату і відсутність сільськогосподарської технології для боротьби з невизначеністю цих змін.

Чому Філіппіни вибрані як приклад впровадження нових інформаційних технологій і штучного інтелекту? Тому що у 2017 році уряд Філіппін оголосив про 5-річну дорожню карту для відновлення перш за все кавового сектора у сільському господарстві країни. Цей план призвів до партнерства між компанією Analog Devices і кооперативною кавовою фермою Amadeo. Разом вони створили замкнуту автоматизовану систему яка виявляє, аналізує та визначає оптимальні рівні зволоження та добрив. Система забезпечує подачу води та необхідної кількості поживних речовин у потрібний час для забезпечення максимальної врожайності. Зусилля уряду

країни зупинити падіння рівня виробництва кави на Філіппінах зробили країну ідеальним місцем для випробувань технологій штучного інтелекту безпосередньо у сільському господарстві. На рис. 2 показана структура запровадженої технології вирощування кави.

Сучасні технології землеробства, які можуть відчувати місцеві зміни погоди та мікроклімату та мит-



Рис. 2. Структура нової технології вирощування кави, де 1 – сонячні батареї, 2 – сенсорний вузол з вбудованим мікроконтролером MAX78000, 3 – іригаційний насос, 4 – підсистема фертигації (підсистема введення добрив або пестицидів у зрошувальну систему іригації)

тево реагувати на них, дозволяють фермерам контролювати технологічні процеси і мати гарантію, що посіви належним чином поливаються та удобрюються незалежно від погодних умов. Система, що наведена на рис. 2, використовує сонячну енергію для збору та аналізу інформації про стан ґрунту та стан кавових рослин, забезпечуючи бездротову передачу команд до систем поливу та внесення добрив у режимі реального часу. Використовуючи штучний інтелект мікроконтролера MAX78000, система не тільки оптимально управляє цими процесами, але й навчається і вдосконалює свою здатність оптимізувати рівень води для штучного поливу, кількість вносимих макроелементів та рівень рН ґрунту у відповідь на найменші впливи навколишнього середовища. Три дні сильної вологої спеки, а потім два дні сильного дощу, не є чимось незвичайним на Філіппінах, і така технологія здатна відчувати всі зміни через короткий проміжок часу, підтримуючи оптимальний розвиток рослин.

Макет такої системи спочатку було випробувано

на рівні одного квіткового горщику під освітленням, і це показало обнадійливі результати. Змінювалися умови посухи та сильних дощів, дані збиралися в режимі реального часу під час коригування рівня води та кількості добрив. Виявилося, що рішення штучного інтелекту може кардинально змінити роботу ферми. Система Intelligent Edge призвела до значного збільшення здорового росту та продуктивності досліджуваних у горщику рослин.

Наступним кроком було повторне проведення випробувань на фермі з однією рослиною, які незабаром були розширені до десяти рослин (рис. 3). Кооперативна кавова ферма Amadeo отримала вражаючі результати під час семимісячного випробування нової технології з використанням цих десяти дослідних рослин, а саме підвищення врожайності було зафіксовано на рівні 120%, зниження витрат на добрива – на рівні 50%, зниження трудовитрат – на 14%, збільшення прибутку – на 64%.

Зараз триває друга фаза тестування штучного інтелекту Intelligent Edge на трьох великих фермах у трьох різних регіонах країни, кожна зі своїм унікальним мікрокліматом. Усі вони використовують більш масштабні системи та аналізують стійкість сільськогосподарських культур до змін тропічних погодних умов.

Оскільки зміна клімату прогресує, важливо розробляти та впроваджувати інтелектуальні технології, які послаблює її вплив. Технологія Intelligent Edge обіцяє оптимізувати врожайність в умовах непередбачуваних погодних умов. Таким чином, нова технологія може значно підвищити врожайність, знизити витрати та підвищити продовольчу безпеку в краї-

нах третього світу та в усьому світі в цілому. Хоча переважна більшість голодуючих у світі живе в країнах, що розвиваються, слід відмітити, що голод існує також і в більш розвинених країнах, включаючи Сполучені Штати, де 30 мільйонів дітей страждають від недоїдання.

ВИСНОВКИ

Виходячи з того, що методи ведення сільського господарства продовжуватимуть розвиватися, оскільки світ стає більш заселеним і урбанізованим, існує можливість масштабування подібних інтелектуальних систем на базі штучного інтелекту, щоб задовольнити потреби, починаючи від великих фермерських хазяйств до окремих теплиць і присадибних ділянок. Крім кави, практично всі сільськогосподарські хазяйства з виробництва продуктів харчування можуть отримати вигоду від «розумних» систем фертигації або штучного зрошення, що мають змогу самонавчатися та адаптуватися до зміни клімату.

Впровадження штучного інтелекту в сільське господарство України дозволить не тільки підвищити його продуктивність, але знизити навантаження на енергогенеруючі компанії, на постачальників добрив, пестицидів та біодобавок, зекономити водні ресурси.

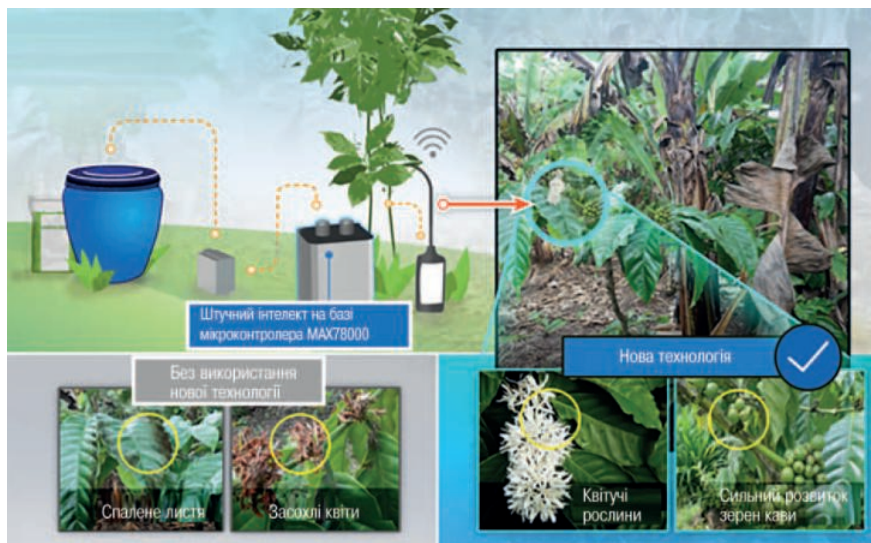


Рис. 3. Фотографії з дослідом вирощування кавових рослин під управлінням штучного інтелекту

We make it **possible**

- діапазон робочих температур від -90 до +400 °C
- строк служби 30 років



Суцільнометалеві демпфери



Резинові віброізолятори



Сіліконові віброізолятори



Суцільнометалеві подушки



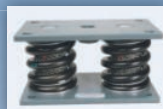
Тросові амортизатори



Малогабаритні суцільнометалеві амортизатори



Шнури ізоляції від електромагнітних хвиль



Пружинні ізолятори

Основним напрямком роботи фірми Hutchinson є виробництво широкого ряду суцільнометалевих демпферів (амортизаторів, віброізоляторів, віброопор), як малогабаритних – для різного роду електронного та навігаційного обладнання, так і великогабаритних – для різних областей застосування.

Всі вироби мають широкий діапазон статичного навантаження і стійкі до впливу агресивного середовища, зберігають свої характеристики в діапазоні температур від -90 до +400 °C. Строк служби не менше 30 років.

Робочим тілом демпферів є металева подушка, виготовлена з нержавіючої CrNi сталюї арматурної проволочи.

VD MAIS – авторизований торговельний представник фірми Hutchinson Stop-Choc GMBH & Co. KG (Німеччина) в Україні

тел.: (044) 201-0202, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

ЧОМУ КІБЕРБЕЗПЕКА ЗА ПІДТРИМКИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ Є ВАЖЛИВОЮ ДЛЯ КОЖНОЇ РОЗРОБКИ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ *

WHY HARDWARE-BASED DESIGN SECURITY IS ESSENTIAL FOR EVERY APPLICATION

Про безпеку розробки часто думають пізніше. Але з огляду на регулярність порушень системи безпеки, що впливають на низку важливих галузей, стає необхідною умова запровадження безпеки ще на ранніх стадіях проектування. У цій статті пояснюється, чому безпекою не можна нехтувати навіть у розробках для побуту і показано, чому апаратні технології для організації безпеки можуть краще захистити від вразливості, ніж програмні підходи.

Г. Гез

Abstract – Design security is often an afterthought. But, with the regularity of security breaches impacting an array of industries, it's now more of an imperative to build security into designs early on. This paper addresses why security can't be neglected even in the most seemingly innocuous products, and examines why hardware-based security technologies can better protect against vulnerabilities than software-based approaches.

G. Guez

Кібербезпека коштує дорого, але багато компаній все ще не розглядають кібербезпеку на стадії розробки, доки не стає надто пізно. Восени 2016 року через масовий збій в Інтернеті на деякий час припинили діяльність такі великі компанії як Amazon, Twitter, Netflix і PayPal. Відеокамери для відеоспостереження та відео реєстратори цих компаній були зламані ботнетом на основі шкідливого програмного забезпечення Mirai. Раніше цього року WikiLeaks потрапив у заголовки ЗМІ, коли виявив наявність службових документів ЦРУ, які свідчили про те, що ЦРУ мало доступ до смартфонів Apple і Android, телевізорів Samsung SmartTV і автомобілів з підтримкою Інтернету. Все частіше з'являється інформація про те, що повсякденні комп'ютерні засоби, такі як радіоняні, дитячі іграшки, камери спостереження і навіть медичні пристрої піддаються хакерським атакам. У деяких випадках атаки здійснювалися «білими» хакерами просто для того, щоб виявити можливість нападу. В інших випадках порушення приносять великі втрати. Злом серверів навіть мав місце в останніх президентських виборах у США.

За оцінками звіту аналітичної компанії Juniper Research, витоки даних з традиційних комп'ютерних пристроїв можуть збільшити вартість втрат від кіберзлочинності до 2.1 трильйона доларів США у цьому десятиріччі. У звіті зазначається, що більшість цих зломів походить від існуючої IT мережевої ін-

фраструктури. Якщо додати до цього зростання кількості розумних пристроїв, які працюють з конфіденційними особистими даними, то втрати можуть виявитися набагато більшими та небезпечнішими. Аналітична компанія Forrester прогнозує майбутні масштабні порушення безпеки Інтернету речей у всьому світі. Компанія вважає, що найбільш вразливими є ті області, які швидко перейняли технології IoT, а саме:

- управління автопарками на транспорті
- програми безпеки та спостереження в уряді
- програми для управління запасами та складом у роздрібній торгівлі
- управління промисловими активами в первинному виробництві.

Більше того, компанія Forrester також зазначає, що хакери продовжуватимуть використовувати пристрої IoT для здійснення розподілених атак, таких як DDoS, на відмову в обслуговуванні. (DDoS – це кібератака, під час якої зловмисник намагається зробити комп'ютер або мережевий ресурс недоступними для призначених користувачів шляхом тимчасового або невизначеного переривання роботи хоста, підключеного до мережі).

Центр розгляду скарг ФБР на злочини в Інтернеті відстежує скарги громадськості щодо злочинної діяльності через Інтернет. Згідно зі звітом цього центру за 2010 – 2015 роки зареєстровано понад 3.4

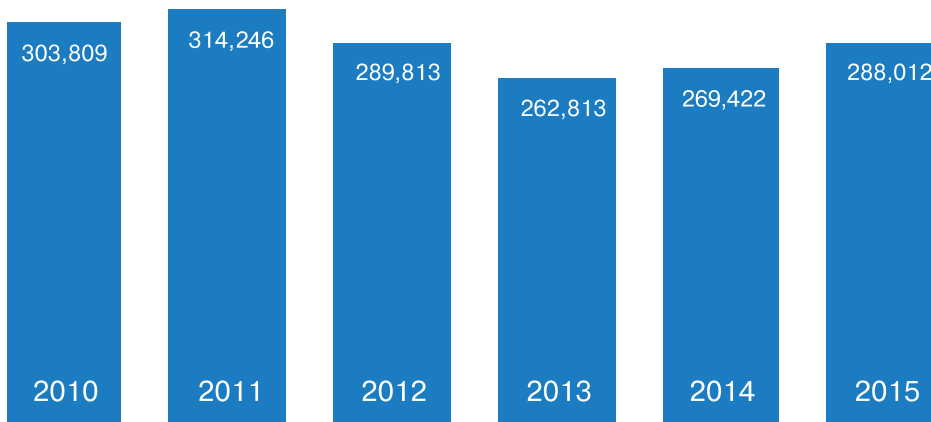
* Guez G. *Why Hardware-Based Design Security is Essential for Every Application. Maxim Integrated.* Переклад з англійської та коментарії В. Романова.

мільйона скарг, що становить у середньому майже 300 000 скарг на рік (рис. 1). На рис. 2, як приклад, наведено розбивку цих скарг за 2015 рік. Таким чином, нехтування безпекою нової розробки призводить до великих матеріальних втрат та й ще погіршенню репутації компанії. Більше того, як з'ясувалося, підходи до безпеки на основі тільки програмного забезпечення (ПЗ) не забезпечують найнадійнішого захисту, як багато хто вважає. Безпека на основі апаратного забезпечення може виявитися набагато надійнішою.

Навіть фінансова індустрія теж виявилася ненадійною. Жорстко регульована фінансова галузь підпорядковується різноманітним стандартам, у тому числі серії ISO 27000, яка рекомендує найкращі на сьогодні методи управління інформаційною безпекою в контексті загальної системи управління інфор-

маційною безпекою. Це стандартна анкета збору інформації (SIG), якою керує Shared Assessments Program, стороння організація з оцінки ризиків, та стандарт безпеки даних індустрії платіжних карток (PCI DSS). Це власний стандарт безпеки інформації, розроблений для зменшення шахрайства з кредитними картками. Фінансові установи, які не прийняли ці стандарти, можуть зіткнутися зі значними штрафами в разі порушення. Незважаючи на ці правила, звіт про кібербезпеку фінансової індустрії США від ФБР за 2016 рік з аналізом понад 7000 фінансових установ виявив деякі тривожні висновки:

- 75% з 20 найбільших комерційних банків США працювали з зараженим ПЗ
- майже кожна п'ята фінансова установа використовувала постачальника послуг електронної пошти з серйозними вадами щодо захисту даних



Більше 3.4 мільйонів злочинів в Інтернеті було зареєстровано ФБР за період 2010 – 2015 років

Рис. 1. Звіт ФБР про злочини в Інтернеті за період 2010 – 2015 років

Кіберзлочини, які відслідковує ФБР



Рис.2. Злочини, скоєні через Інтернет, які відслідковує центр розгляду скарг ФБР

- 95% провідних комерційних банків США отримали рівень безпеки мережі С або ще нижчий.

Одним із важливих моментів є те, що безпека даних індустрії платіжних карток PCI DSS базується тільки на програмному захисті. Але для фінансових транзакцій у торгових точках (POS) захист на основі апаратного забезпечення є набагато надійнішим підходом. Рада стандартів безпеки для індустрії платіжних карток (PCI) підтримує, розвиває та просуває стандарти безпеки для галузі в усьому світі. Рада, заснована великими компаніями з платіжних продуктів, стоїть за стандартом захисту транзакцій PIN-кодом (PCI-PTS), який забезпечує надійний апаратний контроль безпеки для платіжних систем. Ці рекомендації Ради можуть допомогти розробити підхід до захисту від втручання та інших порушень. Незважаючи на те, що галузь має ще певні недоліки в цій сфері, у звіті про кібербезпеку все фінансові послуги, а також інформаційні послуги вважаються найефективнішими на основі оцінки рейтингів кібербезпеки. Найгірші показники мають транспортний, енергетичний, некомерційний і харчовий сектори економіки США. У фахівців з кібербезпеки викликає занепокоєння те, що фінансова індустрія, хоч і жорстко регульована, все ще досить вразлива для кібератак. Ще більше занепокоєння викликає той факт, що більшість галузей промисловості досі не мають аналогічних стандартів з кібербезпеки, яких слід дотримуватись, тому розробники відповідних інформаційних технологій для цих галузей самі повинні думати про їх безпеку.

Слід відзначити, що існує багато інших галузей, де безпека має бути ключовим питанням проектування. Так, наприклад:

- промисловість переходить від раніше ізольованих систем до повністю мережевих систем, на які можуть впливати віддалені атаки

- охорона здоров'я передбачає підтримку конфіденційності, цілісності даних і безпеку пацієнтів у разі кібератак на медичні записи чи обладнання та пристрої

- Інтернет-банкінг теж знаходиться під загрозою, оскільки важко гарантувати ідентифікацію візуально

- роздрібні продавці з мобільними каналами продажів повинні забезпечити безпечні транзакції та комунікації

- комунікації потребують наскрізної безпеки для захисту від різних атак, які можуть перехопити дані або вивести системи з ладу

- автомобільна промисловість повинна захищатися від таких загроз, як віддалений злом (у 2015 році хакери дистанційно вивели з ладу Jeep на шосе в Сент-Луїсі)

- така інфраструктура, як інтелектуальна мережа чи інші комунальні послуги, має бути захищена від атак, які можуть порушити роботу міст або завдати шкоди людям.

Очевидно, що в такій галузі, як фінанси, є чіткі винагороди для злочинців, які можуть, скажімо, зламати систему кредитних карток. Ризики також великі, але потенційні винагороди для того, хто зможе уникнути такого злочину, можуть переважити ризики. Сьогодні у використанні знаходиться дедалі більше розумних підключених пристроїв, кожен із яких має набагато більше потенційних точок уразливості, ніж це було у недалекому минулому. У деяких випадках ризик став меншим через доступність. Від дверних дзвінків і систем безпеки вдома до медичних пристроїв, систем управління фабрикою/будівлею, автономних транспортних засобів і функцій міської інфраструктури, за даними консалтингової фірми Gartner Inc., до 2025 року очікується у використанні 30.8 мільярда розумних речей, які мають можливість

Без ІС безпеки	
10 млн. продаж по \$10	\$100 млн.
Втрати 15% за рахунок підробок	-\$15 млн.
Чистий обсяг продажів	\$85 млн
Вартість втрат: 10 млн. виробів по \$3	-\$30 млн.
Прибуток	\$55 млн.

З безпечним автентифікатором за \$0.5	
10 млн. продаж по \$10	\$100 млн.
Втрати 0% за рахунок відсутності підробок	\$0 млн.
Чистий обсяг продажів	\$100 млн.
Чистий обсяг продажів \$10 млн. по \$3.50	-\$35 млн.
Прибуток	\$65 млн.

Рис. 3. Кібербезпека має певні витрати, але втрата прибутку може бути більш суттєвою

підключення сенсорів до систем зв'язку. Часто цінні дані переміщуються з цих пристроїв у хмару й назад і можуть бути перехоплені в багатьох точках системи на цьому шляху.

На жаль, багато рішень щодо безпеки обмежені запланованими бюджетними витратами, що не завжди оправдано. Вартість порушення безпеки може перевищити передбачені бюджетні витрати. На рис. 3 як приклад показано, наскільки підробка може вплинути на кінцевий результат. Але на сьогодні існує ще багато компаній, які у зв'язку з тиском швидкого виходу продукту на ринок, зберігають витрати на розробку засобів безпеки своїх виробів на низькому рівні. Однак, як витікає з рис. 3, низькі витрати на кібербезпеку насправді можуть обійтися дорожче в кінцевому підсумку.

Чому апаратна кібербезпека часто є більш ефективною. Розглянемо підходи до кібербезпеки на основі апаратного та програмного забезпечення. Незважаючи на те, що програмне шифрування вважається економічно ефективним і простим у впровадженні та оновленні, воно насправді так само надійне, як рівень безпеки операційної системи (ОС) пристрою у цілому. Порушення безпеки ОС може легко поставити під загрозу кібербезпеку, яку забезпечує програмне шифрування. Дійсно, операційні системи (та їхні виправлення) зазвичай настільки складні, що важко точно визначити всі потенційні взаємодії, які можуть призвести до зламу, що залишає систему потенційно вразливою.

Оскільки хакери постійно атакують інструменти кібербезпеки програмного забезпечення, програмний підхід може залишити пристрої відкритими для певних кібератак. У статті «Безпека на основі апаратного забезпечення більш ефективна проти нових загроз» (<http://www.zdnet.com/article/hardware-based-security-more-effective-against-new-threats/>)

стверджується, що вироби будуть краще захищені, якщо використовуватиметься безпека на основі апаратного забезпечення, оскільки кіберзлочинцям важко зламати систему на фізичному рівні. Зазначається, що захищений фізичний рівень усуває можливість проникнення шкідливих програм в операційну систему.

Апаратна безпека справді надійніша, ніж її програмний аналог. У цьому випадку надійність ПЗ базується на апаратному підході. Єдиний спосіб захиститися від атак, які намагаються зламати апаратне забезпечення електронного пристрою, — це захистити мікроконтролер. Для цього мікроконтролер повинен завантажувати ПЗ з внутрішньої постійної пам'яті (ПЗП). Програмне забезпечення, яке зберігається в ПЗП мікроконтролера, вважається надійним, оскільки його практично не можна змінити (<http://www.embedded.com/design/safety-and-security/4438300/Securing-the-IoT--Part-2---Secure-boot-as-root-of-trust->).

ВИСНОВКИ

Постійний потік інформації про хакерство має бути достатнім доказом того, що безпекою при розробці приладів і систем, особливо працюючими за технологією Інтернету речей, не можна нехтувати. І якщо зважувати програмні та апаратні підходи, стає зрозуміло, що реалізація системи захисту за допомогою не тільки програмного, а й апаратного забезпечення підтримує більш надійний варіант захисту. Сучасні мікросхеми з вбудованими засобами безпеки можуть забезпечити простіший і дешевший спосіб захисту нових виробів вже на ранній стадії розробки, підтримувати криптографічні алгоритми, виявляти втручання, а також використовувати багато інших засобів захисту.

VD MAIS
Електромеханічні компоненти і компоненти систем автоматизації

- низьковольтна комутаційна апаратура
- програмовані логічні контролери та комп'ютери, програмне забезпечення
- шафи ▪ кейти ▪ роз'єми ▪ корпуси
- вентилятори ▪ інструмент ▪ кабельна продукція ▪ СКС ▪ системи маркування

Дистрибуція та прямі поставки:
Acme-Portable, AMP Netconnect, Belden, Dopla, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS
Вимірювальні пристрої

- осцилографи ▪ генератори ▪
- логічні аналізатори
- аналізатори спектра
- вимірювачі параметрів відеосигналів
- джерела живлення ▪ частотоміри
- мультиметри ▪ тепловізори
- вібрметри

Дистрибуція та прямі поставки:
Tektronix, Fluke, Keithley? Rohde @ Schwarz
Hameg, Uni-Trend

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

КЛІНІЧНА ОЦІНКА ЖИТТЄВО ВАЖЛИВИХ ПОКАЗНИКІВ: ЯК НОВИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ІНТЕРФЕЙС ДОПОМАГАЄ ВИЯВИТИ ВАЖКІ ЗАХВОРЮВАННЯ *

Важливість моніторингу життєво важливих показників хвилює не лише медичних працівників, але й пацієнтів. Слід відзначити, що на сьогодні багато носимих медичних пристроїв для вимірювання життєво важливих показників недостатньо точні для використання у медичній практиці. У статті розглядаються недоліки сучасних вимірювальних медичних пристроїв, а також розглянуті особливості та переваги нового медичного інтерфейсу.

A. Берт

CLINICAL-GRADE VITAL SIGNS AFE MAKES DISEASE DETECTION MORE THAN A STROKE OF GOOD LUCK

Abstract – The importance of vital signs monitoring is no longer just a concern for healthcare professionals, but for patients as well. Many wearables with vital sign measuring capability are not accurate enough for the medical community. This article discusses the shortcomings of current measurement solutions and introduces a highly integrated healthcare sensor AFE.

A. Burt

Важливість фізіологічних показників як індикаторів здоров'я людини вже давно усвідомлена медичними працівниками, але пандемія COVID-19 також посилила усвідомлення громадськістю їх значення. На жаль, більшість людей, які проходять безперервний моніторинг життєво важливих показників, швидше за все, вже перебувають у клінічних умовах і проходять лікування від гострого стану. Замість використання показників життєво важливих функцій як індикатора ефективності лікування та одужання пацієнта (рис. 1) модель майбутньої охорони здоров'я полягатиме у використанні безперервного та дистанційного моніторингу цих показників як інструменту для виявлення потенційних ознак початку захворювання, що дозволить лікарям починати лікування ще до розвитку серйозної хвороби. Передбачається, що дедалі зростаюча інтеграція різних медичних сенсорів дозволить у майбутньому розробити одноразові вимірювальні пластири життєво важливих ознак, які можна буде періодично замінювати як контактні лінзи.

Хоча багато носимих пристроїв для контролю стану здоров'я та для занять фітнесом включають функції вимірювання життєво важливих показників, валідність їхніх показань може бути сумнівною з кількох причин, зокрема через якість використовуваних сенсорів (більшість не мають клінічного класу), через місце їх розташування на тілі пацієнта чи



Рис. 1. Сьогоднішнє документування життєво важливих показників пацієнта медичним працівником у лікарні

спортсмена, а також через низьку якість контакту з шкірним покривом під час носіння. Незважаючи на те, що цих пристроїв на ринку достатньо, щоб задовольнити бажання самостереження за допомогою одного носимого пристрою, вони, як правило, не відповідають стандартам точності для валідної оцінки здоров'я людини та постановки діагнозу. З іншого боку, пристрої, які в даний час використовуються для спостереження клінічних життєво важливих ознак здоров'я протягом тривалих інтервалів часу, можуть бути досить громіздкими і незручними, з різним ступенем портативності.

У цій статті розглядаються особливості виміру чотирьох життєво важливих показників — насичення крові киснем (SpO₂), частоти серцевих скорочень (ЧСС), електрокардіограми (ЕКГ) і частоти дихання

* **Burt A. Clinical-Grade Vital Signs AFE Makes Disease Detection More Than a Stroke of Good Luck.** www.analog.com/TedchnicalArticle. Переклад з англійської та коментарії В. Романова.

(ЧД). Високоінтегрований медичний аналого-цифровий інтерфейс AFE MAX86178 поєднує в собі функції виміру параметрів трьох окремих сенсорів. Це може значно наблизити до впровадження концепцію одноразового вимірювального пластиру для визначення життєво важливих показників.

AFE або Analog Front-End – це, як правило, ІМС з набором вузлів формування аналогового сигналу, яка включає мультиплексор, чутливі аналогові підсилювачі, операційні підсилювачі, фільтри, вузли для підключення різноманітних сенсорів, іноді аналого-цифрові перетворювачі та у деяких випадках мікроконтролери.

Насичення крові киснем

Рівень насичення крові киснем SpO₂ у здорових людей зазвичай становить від 95% до 100%. Однак рівні 93% або нижче для SpO₂ можуть бути ознакою того, що людина відчуває респіраторний дистрес, а це робить його життєво важливою ознакою для медичних працівників, який необхідно регулярно контролювати. Фотоплетизмографія (PPG) — це оптичний метод вимірювання, який використовує кілька світлодіодів для освітлення кровонесних судин під поверхню шкіри та кілька фотодіодних приймачів для виявлення відбитого світлового сигналу, що дозволяє обчислити SpO₂. Незважаючи на те, що світлові сигнали стали загальною рисою багатьох носимих на зап'ясті пристроїв, вони піддаються дії перешкод внаслідок руху людини та коливань навколишнього освітлення, які можуть спричинити суттєві помилкові показання. Тому такі пристрої не забезпечують вимірювання клінічного рівня. У клінічних умовах SpO₂ вимірюється за допомогою накладного пульсоксиметра (рис. 2) який зазвичай прикріплюється до пальця нерухомого пацієнта.



Рис. 2. Пульсоксиметр на пальці нерухомого пацієнта, який вимірює SpO₂

ЧСС та ЕКГ

Нормальним ЧСС зазвичай вважається в діапазоні від 60 до 100 ударів на хвилину, однак інтервал часу між окремими ударами не є постійним. Це часто називають варіабельністю серцевого ритму

(BCP), яка означає, що ЧСС є середнім значенням, вимірним за кілька циклів серцевих скорочень.

У здорової людини ЧСС і частота пульсу майже однакові, оскільки кров перекачується по тілу при кожному скороченні серцевого м'язу. Однак деякі серйозні захворювання серця можуть спричинити різницю ЧСС і частоти пульсу. Наприклад, у випадку серцевих аритмій, таких як фібриляція передсердь (Afib), не кожне скорочення м'язів усередині серця перекачує кров по всьому тілу — натомість кров може накопичуватися всередині самих камер серця, що потенційно загрожує життю.

Фібриляцію іноді важко виявити, оскільки вона може виникати періодично та лише протягом коротких тимчасових інтервалів. Важливість виявлення та лікування цього захворювання підтверджується тим фактом, що, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, одна чверть усіх інсультів у людей старше 40 років спричинена саме фібриляцією.

Оскільки сенсори ЧСС здійснюють оптичні вимірювання, то якщо припустити, що ЧСС ідентична частоті пульсу, на них не можна покладатися для виявлення фібриляції. Це вимагає постійної реєстрації ЕКГ або електричної активності серця протягом тривалого часу. Холтерівський монітор (рис. 3) є найпоширенішим портативним пристроєм клінічного класу для цієї мети. У ньому використовується менше електродів, ніж у стаціонарних електрокардіографах і вони можуть бути дещо громіздкими та незручними для носіння, особливо під час сну.

Частота дихання



Рис. 3. Холтерівський монітор для постійного моніторингу ЕКГ

Очікувана ЧД для більшості здорових людей становить від 12 до 20 вдихів за хвилину. ЧД, що перевищує 30 дихальних рухів за хвилину, може бути показником респіраторного дистресу, спричиненого лихоманкою або іншою причиною. У той час як деякі носимі пристрої визначають ЧД за допомогою акселерометра або фотоплетизмографа, клінічне вимірювання ЧД виконується або за допомогою даних,

що містяться в ЕКГ, або за допомогою сенсора біоімпедансу (BioZ), який характеризує електричний опір шкіри за допомогою двох або більше електродів, прикріплених до тіла пацієнта. Хоча схвалена установою FDA (Food and Drug Administration) функція ЕКГ доступна в деяких високоякісних пристроях для здоров'я та фітнесу, функція визначення біоімпедансу у цих пристроях, як правило, відсутня, оскільки вимагає включення окремого сенсора біоімпедансу. Окрім ЧД, сенсор біоімпедансу дає змогу

проводити аналіз біоелектричного опору, який використовують для вимірювання стану м'язів, наявності жиру та води. Сенсор біоімпедансу також використовується для вимірювання шкірно-гальванічної реакції, яка є важливим індикатором стресу. Функціональна схема інтерфейсу клінічного класу, який об'єднує функції трьох окремих сенсорів, таких як ЧСС, ЕКГ та біоімпедансу, представлена на рис. 4.

Інтерфейс містить двоканальну систему збору даних ЧСС, підтримує роботу шести світлодіодів і

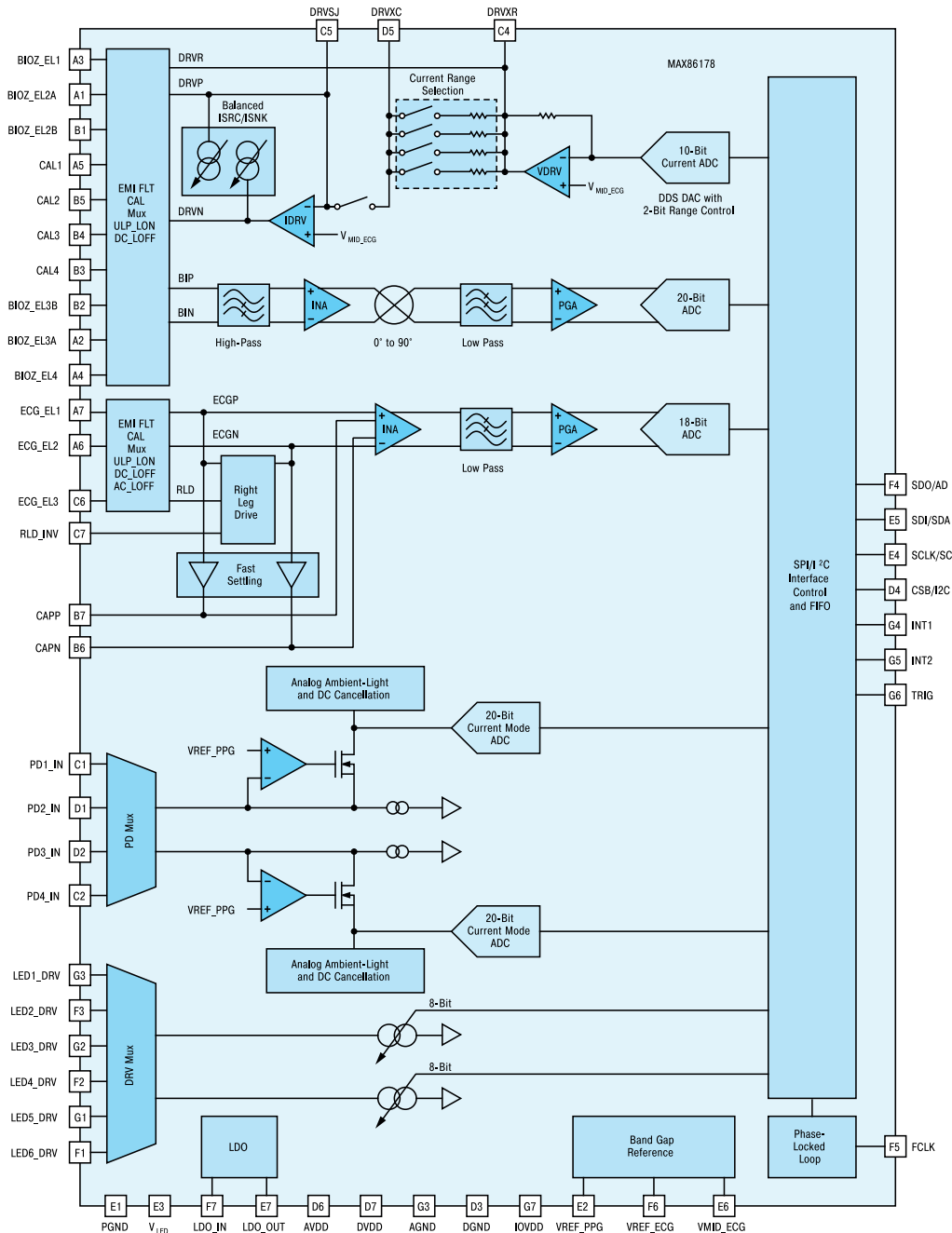


Рис. 4. Функціональна схем інтерфейсу MAX86178 з наднизьким споживанням для роботи з трьома типами клінічних медичних сенсорів для виміру ЧСС, ЕКГ та біоімпедансу

чотирьох фотодіодів, причому світлодіоди управляються за допомогою двох потужних 8-розрядних драйверів. Два вимірювальних канали з низьким рівнем шуму та високою роздільною здатністю містять два 20-розрядних АЦП та схему компенсації впливу зовнішнього освітлення, що забезпечує ослаблення впливу зовнішнього світла на рівні 90 дБ при частоті 120 Гц. Канал для виміру ЧСС має відношення сигнал/шум не менше 113 дБ, та забезпечує вимірювання SpO2 при струмі живлення не більше 16 мкА.

Канал виміру ЕКГ забезпечує всі необхідні функції для збору високоякісних даних, такі як гнучке підсилення сигналу та його фільтрацію, має низький рівень шуму, високий вхідний опір і кілька варіантів для організації каналів відведення. Додаткові функції, такі як швидке відновлення, виявлення відведення змінного та постійного струму, забезпечують надійну роботу у складних умовах експлуатації, а також у розумних наручних пристроях з сухими електрода-

ми. У цьому каналі використовується 18-розрядний сигма-дельта АЦП із широким діапазоном частоти дискретизації.

Канал виміру біоімпедансу має фільтр для ослаблення електромагнітних завад та калібратор. Він також забезпечує високий вхідний опір, низький рівень шуму, містить підсилювач з програмованим коефіцієнтом підсилення та АЦП з високою роздільною здатністю. Існує кілька режимів для генерації сигналів збудження: з прямокутним та синусоїдальним струмом, з синусоїдальною та прямокутною напругою.

Забезпечується широкий діапазон амплітуди і частоти напруги збудження. Передбачено синхронізацію процесів вимірювання по трьох каналах. ІМС інтерфейсу можна встановити на грудній клітці пацієнта для підключення його до відповідних змочуваних електродів, наприклад, для виміру ЕКГ, як показано на рис. 5. Також цей інтерфейс можна викори-

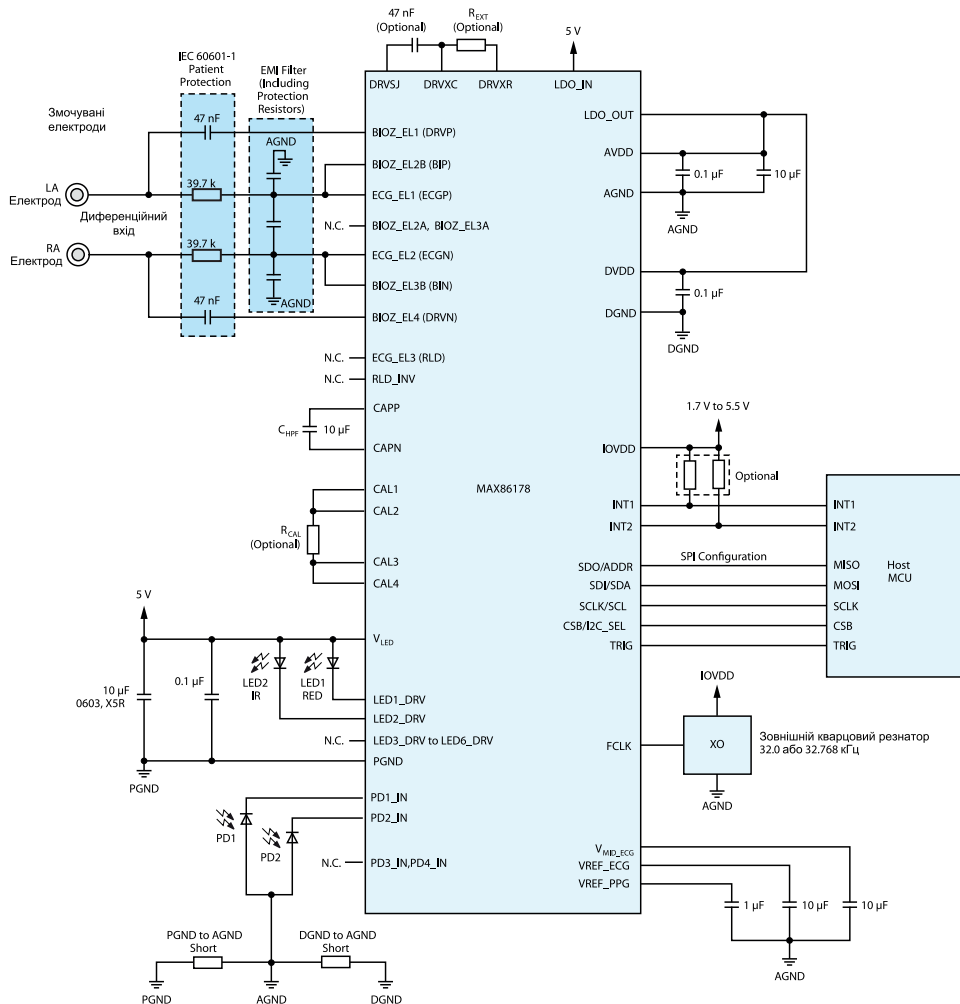


Рис. 5. Схема інтерфейсу з двома змочуваними електродами для розміщення на грудній клітці пацієнта

стати з різним сенсорами, розташованими на зап'ясті з метою вимірювання ЧСС, ЕКГ, SpO₂ та біоімпедансу, як показано на рис. 6.

ВИСНОВКИ

Частота серцевих скорочень, SpO₂, ЕКГ та частота дихання є життєво важливими показниками для медичних працівників, які використовують їх для діагностики стану пацієнтів. Безперервний моніторинг життєво важливих показників за допомогою носимих медичних пристроїв у недалекому майбутньому стане ключовим фактором в охороні здоров'я, що дозволить передбачити початок захворювання ще до появи серйозних симптомів. На сьогодні-

ні такі вимірювання життєво важливих фізіологічних показників не є валідними і, як правило, не можуть бути використані лікарями для постановки діагнозу, оскільки для цього використовуються сенсори, які не є клінічними. У статті розкриті особливості інтерфейсу, який підтримує збір даних з трьох типів сенсорів клінічного класу, а саме сенсорів ЧСС, ЕКГ і біоімпедансу. Це дає змогу створювати клінічно валідні носимі на зап'ясті або на грудній клітці монітори. Окрім застосування у носимих пристроях клінічного класу, цей інтерфейс також може бути інтегрований у розумний одяг для надання у реальному часі необхідної інформації про свій стан спортсменам або тим, хто займається фітнесом.

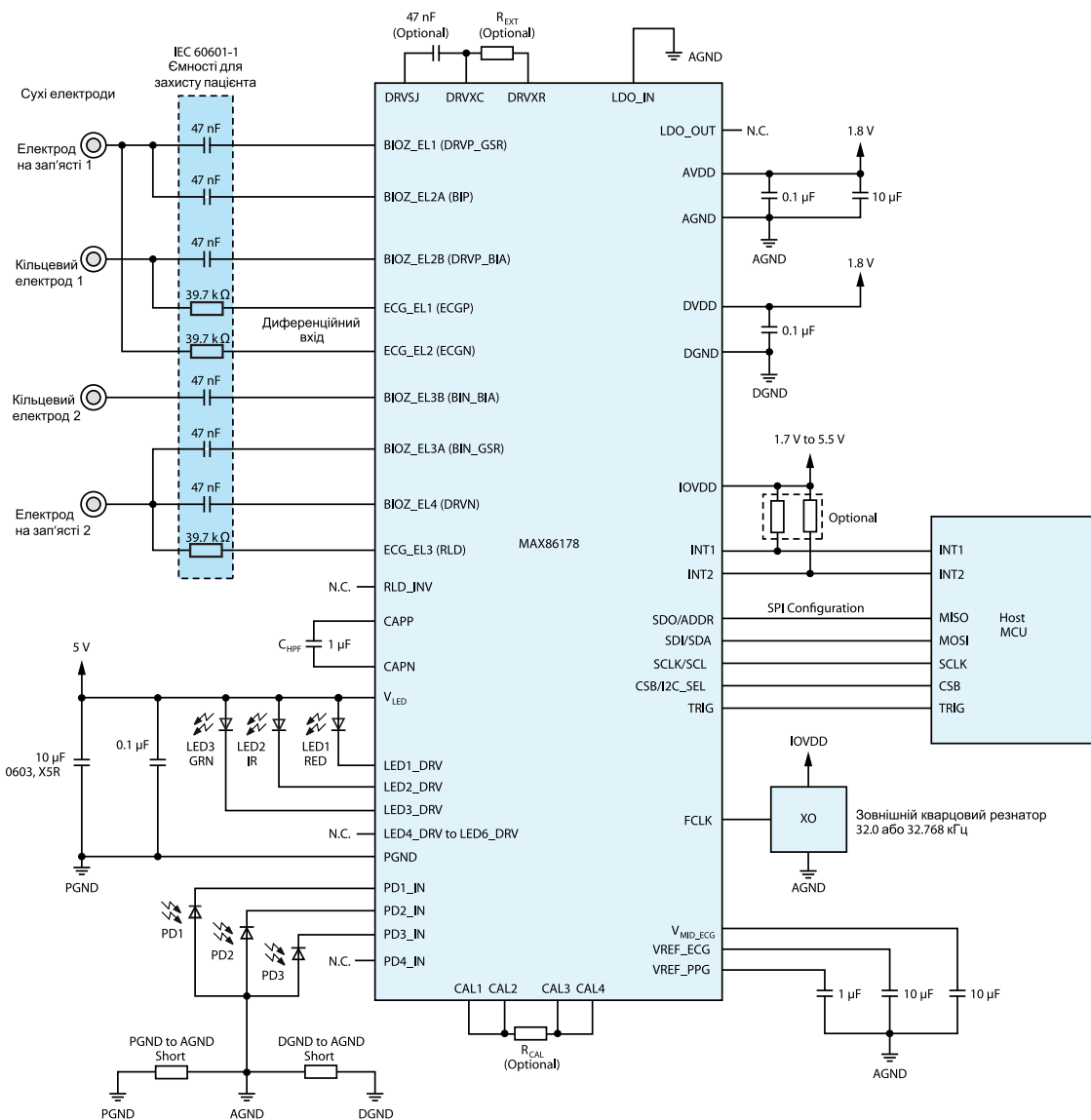


Рис. 6. Інтерфейс підтримує роботу чотирьох сухих електродів для виміру ЧСС, ЕКГ та SpO₂

ПРОЦЕСОРИ СІМЕЙСТВА I.MX 8M PLUS ВІД КОМПАНІЇ NXP

У статті наведена коротка інформація про структуру й характеристики сімейства процесорів i.MX 8M Plus, структуру й характеристики модуля iW-RainboW-G40M i.MX 8M та короткий опис функцій, реалізованих процесорами.

V. Макаренко

PROCESSORS OF THE I.MX 8M PLUS FAMILY FROM NXP

Abstract – The article provides brief information on the structure and characteristics of the i.MX 8M Plus processor family, the structure and characteristics of the i.MX 8M iW-RainboW-G40M module, and a brief description of the functions implemented by the processors.

V. Makarenko

Процесор i.MX 8M Plus – перший пристрій у сімействі i.MX компанії NXP, що має вбудований нейронний процесор (NPU) зі швидкодією до 2.3 TOPS, призначений для прискорення алгоритмів машинного навчання [1]. Процесор має два вбудовані ISP (процесори обробки зображень) для реалізації систем технічного зору.

Мультимедійні можливості включають кодування відео (включаючи h.265) і декодування, прискорення 3D/2D графіки, а також численні аудіо та голосові функції.

Завдяки своїм функціональним можливостям i.MX 8M Plus добре підходить для застосування в сферах машинного навчання й машинного зору, у сучасних мультимедійних додатках, в устаткуванні промислових мереж, у високонадійних додатках і в таких сегментах, як "розумний" будинок, "розумні" будівлі, роздрібна торгівля й "розумне" місто, а також "розумні" фабрики й промисловий IoT.

Функціональні можливості i.MX 8M Plus [2]:

- процесор із чотирма або двома ядрами ARM® Cortex®-A53
- нейронний процесор (NPU) зі швидкодією до 2.3 TOPS
- два процесори обробки зображень і два входи для підключення камер, що дозволяють створювати ефективні системи технічного зору
- кодування й декодування відео (у тому числі по стандарту h.265)
- прискорення 3D-/2D-графіки й безліч функцій для обробки звуку й відео
- ядро Cortex®-M7 для завдань управління в реальному часі.
- можливість створення надійних управляючих мереж завдяки наявності двох контролерів CAN і двох контролерів Gigabit Ethernet з підтримкою стандарту TSN (Time Sensitive Networking)
- висока надійність промислового рівня завдяки

підтримці "inline ECC" для пам'яті DRAM.

Сімейство i.MX 8M Plus складається із трьох процесорів: i.MX 8M Plus Quad, i.MX 8M Plus Quadlite і i.MX 8M Plus Dual [3]. Основна відмінність між SOC i.MX 8M Plus полягає в наступному:

- i.MX 8M Plus Quad містить: 4 ядра Cortex-A53, 1 ядро Cortex-M7, GPU, VPU, NPU, ISP і Hifi4 Audio DSP
- i.MX 8M Plus Quadlite містить: 4 ядра Cortex-A53, 1 ядро Cortex-M7 і графічний процесор
- i.MX 8M Plus Dual містить: 2 ядра Cortex-A53, 1 ядро Cortex-M7, GPU, VPU, NPU, ISP і Hifi4 Audio DSP.
- i.MX 8M Plus – це потужний чотирьохядерний процесор Arm® Cortex, вбудований процесор Cortex-A53 із частотою до 1,6 ГГц із NPU 2,3 TOPS, які значно прискорюють процес машинного навчання.

Блок обробки відео дозволяє обробляти сигнали від двох відеокамер з підтримкою HDR сигнальним процесором (ISP) зі швидкістю 375 Мпкс/с. Розширені мультимедійні можливості дозволяють кодувати й декодувати відео 1080p60, використовуючи кодеки H.265 і H.264.

Процесор дозволяє здійснювати обробку 3D і прискорення 2D-графіки з підтримкою 1Gpixel/s, Openvg 1.1, Open GL ES3.1, Vulkan і Open CL 1,2 FP. Містить декілька аудіо- й мікрофонних інтерфейсів для створення аудіосистем.

3 контролера дисплея підтримують кілька варіантів інтерфейсів виводу на дисплей, включаючи MIPI-DSI, HDMI 2.0. і LVDS. Інтерфейси пам'яті з підтримкою LPDDR4, Quad SPI/Octal SPI (Flexspi), EMMC 5.1, SD 3.0 і широкий спектр периферійних пристроїв вводу-виводу, таких як PCIe 3.0, що забезпечують широкі функціональні можливості.

Для промислових додатків включене управління в реальному часі вбудованим процесором Arm® Cortex®-M7 із частотою 800 МГц. Управління мережами забезпечують інтерфейси CAN-FD і два Gb Ethernet, один з яких підтримує Time Sensitive Net-

work (TSN) – мережа з малою затримкою. Висока надійність промислових систем для забезпечення безпеки використовує DRAM Inline ECC, а також підтримку ECC на внутрішніх програмно-доступних SRAM.

Процесор створений для задоволення потреб додатків "Розумний будинок", "Розумна будівля", "Розумне місто" і "Промисловість 4.0".

Структурна схема I.MX 8M Plus наведена на рис. 1 [2].

Розглянемо коротко характеристики основних вузлів процесора.

Платформа Arm Cortex-A53 MPCore™

Процесор додатків i.MX 8M Plus базується на платформі Arm Cortex-A53 MPCore™, яка має такі вузли і реалізує функції:

1. Чотири симетричні процесори Cortex-A53, включаючи:

- 32 КБ кеш-пам'яті інструкцій L1
- 32 КБ кеш даних L1
- 2. Механізм обробки медіафайлів (MPE) із підтримкою технології NEON
- 3. Розширена архітектура однієї інструкції з кількома даними
- 4. Блок з плаваючою комою (FPU) з підтримкою архітектури VFPv4-D16
- 5. Підтримка 64-розрядної архітектури Armv8-A
- 6. 512 КБ уніфікованої кеш-пам'яті L2

Доступні додатки клієнтів включають:

- режим очікування з низьким енергоспоживанням
- контроль пристроїв IoT
- програми машинного навчання ML (Machine Learning).

Системна шина та з'єднання

- Системна шина та з'єднання включають наступне:
- арбітр мережевого з'єднання (NoC) AXI (Ad-

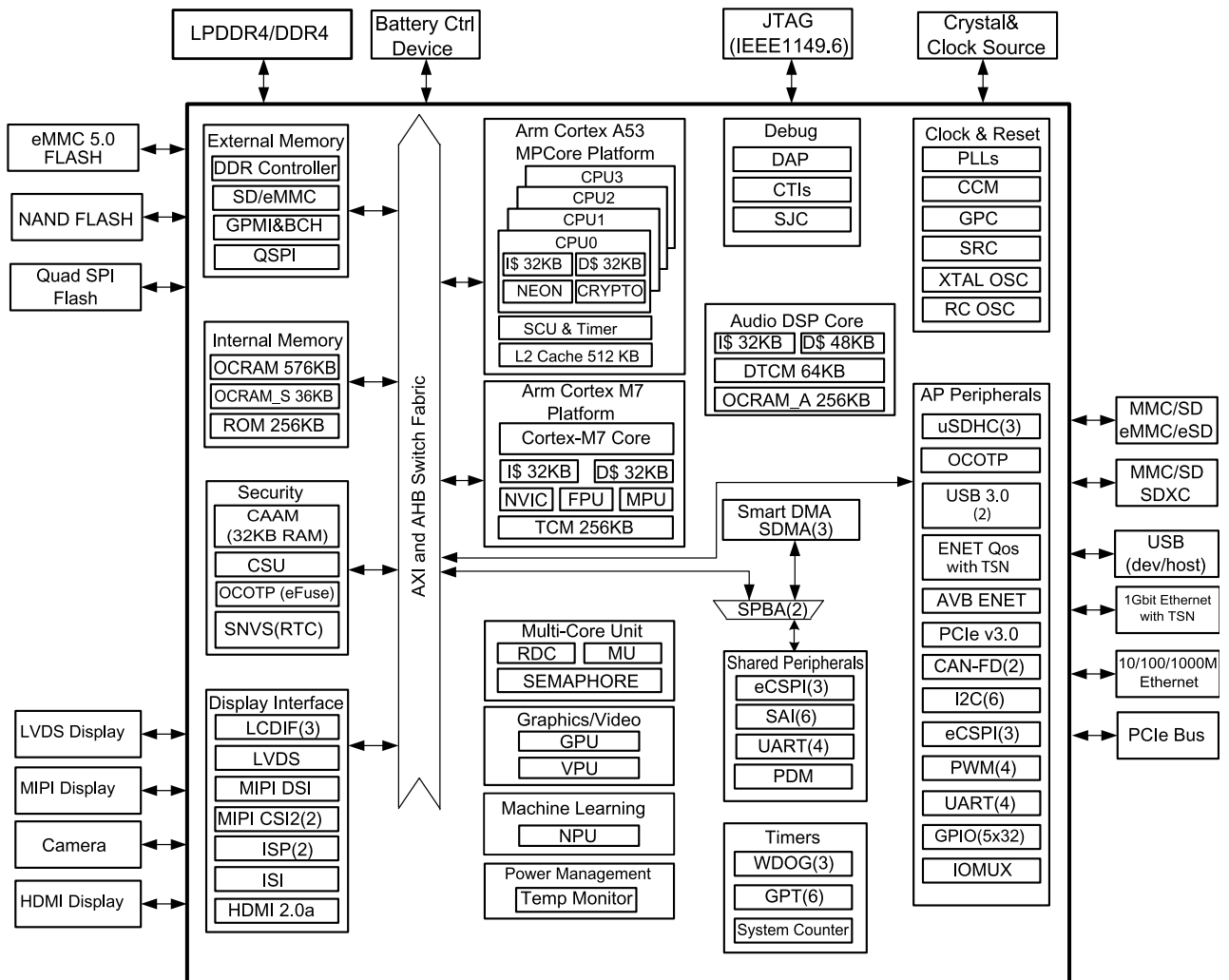


Рис. 1. Структурна схема процесора I.MX 8M Plus

vanced eXtensible Interface)

- контролер якості обслуговування (QoSC) для налаштування пріоритетів і обмежень AXI транзакції
- монітор продуктивності (PERFMON) для моніторингу активності шини AXI
- монітор налагодження (DBGMON) для запису транзакцій AXI перед скиданням системи.

Синхронізація та скидання

Система синхронізації та скидання включає:

- модуль керування генератором тактової частоти (CCM – Clock control module) забезпечує централізовану генерацію та контроль частоти
- уніфікована модель програмування генератора
- багатоядерність для ресурсних доменів
- контролер скидання системи (SRC) забезпечує формування та розподіл сигналів скидання.

Переривання та DMA

Переривання та DMA включають:

- 160 спільних периферійних переривань направляються на глобальний контролер переривань Cortex-A53 (GIC) і вбудований векторний контролер переривань Cortex-M7 (NVIC) для гнучкого переривання
- три механізми інтелектуального прямого доступу до пам'яті (SDMA) для обслуговування різних периферійних пристроїв
- SDMA-1 — це механізм DMA загального призначення, який можна використовувати для низькошвидкісних периферійних пристроїв, включаючи UART, SPI та інші периферійні пристрої
- SDMA-2 і SMDA-3 використовуються для аудіо-інтерфейсу, включаючи SAI-1/2/3/5/6/7, аудіовхід SPDIF і PDM.

Пам'ять на кристалі

Система вбудованої пам'яті складається з наступних складових:

- завантажувальний ПЗП (256 кбайт)
- оперативна пам'ять на кристалі OGRAM (576 кбайт)
- системна оперативна пам'ять аудіопроцесора OGRAM_A (256 кбайт)
- вбудована оперативна пам'ять для збереження стану OGRAM_S (36 кбайт).

Інтерфейс зовнішньої пам'яті

Інтерфейси зовнішньої пам'яті, які підтримуються цією мікросхемою, включають:

- 32-розрядний інтерфейс DRAM – LPDDR4-4000, DDR4-3200
- 8-бітний NAND FLASH, включаючи підтримку пристроїв Raw MLC/SLC, BCH ECC до
- 62-біт і сумісність з ONFi3.2 (тактова частота до 100 МГц і швидкість передачі даних до 200 Мб/с)

- eMMC 5.1 FLASH (2 інтерфейси)
- SPI NOR FLASH (3 інтерфейси)
- FlexSPI FLASH з підтримкою XIP (наприклад, для використання в режимі низького енергоспоживання коли DRAM недоступна) і підтримка або одного вісімкового SPI, або паралельного читання режим двох ідентичних пристроїв Quad SPI FLASH.

Таймери

Таймери на цьому чіпі включають:

- один локальний універсальний таймер, інтегрований у кожен процесор Cortex-A53
- глобальний системний лічильник з інтерфейсом шини таймерів для загального Cortex-A53 MPCore
- один локальний системний таймер (SysTick), інтегрований у процесор Cortex-M7
- шість модулів таймера загального призначення (GPT)
- три модуля сторожового таймера (WDG)
- чотири модуля широтно-імпульсної модуляції (ШИМ).

Графічний процесор (GPU)

Чіп містить наступні функції графічного процесора (GPU):

1. Один графічний процесор для 2D і прискорення композиції:
 - підтримує композицію з кількох джерел
 - підтримує однопрохідний фільтр
 - підтримує формат плитки
2. Один графічний процесор для обробки 3D
 - два блоки виконання шейдерів
 - підтримує OpenGL ES 1.1, 2.0, 3.0, 3.1
 - підтримує OpenCL 3.0
 - підтримує OpenVG 1.1
 - підтримує OpenGL 4.0
 - підтримується EGL 1.5
 - підтримує Vulkan 1.1
 - підтримує формат плитки.

Блок обробки відео (VPU)

Мікросхема підтримує такі функції обробки відео (VPU):

- декодування відео:
 - ♣ 1080p60 HEVC/H.265 Main, Main 10 (до рівня 5.1) (VPU G2)
 - ♣ 1080p60 VP9 Profile 0, 2 (VPU G2)
 - ♣ 1080p60 VP8 (VPU G1)
 - ♣ 1080p60 AVC/H.264 Baseline, Main, High декодер (VPU G1)
- кодування відео:
 - ♣ кодер 1080p60 AVC/H.264
 - ♣ кодер 1080p60 HEVC/H.265
- підтримка TrustZone.

Машинне навчання – NPU (нейронний процесор)

Продуктивність нейронної мережі, доступна для програм користувача 2.3 TOP/s.

Підтримує наступні функції:

- розпізнавання мови (наприклад, Deep Speech 2)
- розпізнавання зображень (наприклад, ResNet-50)
- виявлення об'єктів (наприклад, MobileNet-SSD).

Інтерфейси дисплея

Чіп має наступну конфігурацію і забезпечує підтримку зображення:

1. Три контролери дисплея LCDIF:
 - один LCDIF управляє MIPI DSI
 - один LCDIF керує LVDS Tx
 - один LCDIF управляє HDMI Tx
 - підтримка дисплея до 1920x1200p60 на LCDIF, якщо не більше 2 екземплярів використовується одночасно або 2x1080p60 + 1x4kp30 на HDMI, якщо використовуються всі 3 екземпляри одночасно.
 - підтримує глибину зображення 8 / 16 / 18 / 24 / 32-біт
 - підтримує один шар.
2. Інтерфейс MIPI:
 - один 4-канальний інтерфейс MIPI DSI
 - два 4-канальних інтерфейси MIPI CSI.
3. Один 4-смуговий або 8-смуговий інтерфейс LVDS.
4. ISI (інтерфейс датчика зображення) – це простий інтерфейс камери, який підтримує обробку та передачу зображень через головний інтерфейс шини для 2 камер.

5. ISP з двома камерами (процесор сигналу зображення):

- якщо використовується одна камера, підтримується до 12MP@30fps або 4kp45
- якщо використовуються дві камери, кожна підтримує до 1080p80.

6. HDMI 2.0a

- HDMI 2.0a Tx підтримує один дисплей
- роздільна здатність: 740x480p60, 720x480p60, 1280x720p60, 1920x1080p60, 1920x1080p120, 3840x2160p30.

7. Підтримка звуку

- підтримка 32-канального аудіовиходу
- підтримка 1 аудіовиходу S/PDIF eARC 1.4.2.13.

Аудіо

Аудіо включає наступне:

- аудіо DSP
- вхід і вихід S/PDIF, включаючи режим введення Raw Capture

- шість зовнішніх модулів SAI (синхронний аудіоінтерфейс), що підтримують I2S, AC97,

- інтерфейси TDM, кодек/DSP і DSD, що включає один SAI з 8 TX і 8 RX смуги, один SAI з 4 смугами TX і 4 RX, два SAI з 2 смугами TX і 2 смугами RX, і два SAI з 1 TX і 1 RX смугами.

- модуль інтерфейсу мікрофона PDM, який підтримує до 8 мікрофонів (4 смуги)

- модуль асинхронного перетворювача частоти дискретизації (ASRC), який підтримує:

- обробку до 32 аудіоканалів
- 4 контекстні групи
- частоту дискретизації від 8 кГц до 384 кГц
- коефіцієнт перетворення частоти дискретизації від 1/16 до 8x.

Загальні інтерфейси підключення

1. Один PCI Express (PCIe):
 - одноканальна підтримка PCIe Gen 3
 - подвійний режим роботи для роботи як кореневий комплекс або кінцева точка
 - вбудований інтерфейс PHY
 - підтримує стан низької потужності L1.
2. Два контролера USB 3.0 Type C із вбудованим інтерфейсом PHY
 - зворотна сумісність з USB 2.0
 - підтримка годинника з розширенням спектру.
3. Три інтерфейси Ultra Secure Digital Host Controller (uSDHC).
 - сумісність MMC 5.1 із сигналізацією HS400 DDR для підтримки до 400 МБ/с
 - сумісність із SD/SDIO 3.01 із сигналізацією 200 МГц SDR для підтримки до 100 МБ/с
 - підтримка SDXC (розширена ємність).

4. Два контролери Ethernet, здатні працювати одночасно:

- один контролер Gigabit Ethernet з підтримкою EEE, Ethernet AVB і IEEE1588
- один контролер Gigabit Ethernet з підтримкою TSN, EEE, Ethernet AVB і IEEE1588

5. Два модуля мережі контролера (FlexCAN), кожен з яких додатково підтримує гнучку швидкість передачі даних (FD)

6. Чотири модуля універсального асинхронного приймача/передавача (UART).

7. Шість модулів I2C

8. Три модуля безпеки SPI 1.4.2.15

Безпека

Функції безпеки вмикаються та прискорюються наступним обладнанням:

1. RDC – контролер домену ресурсів – підтримує 4 домени та до 8 регіонів.

2. Arm TrustZone, включаючи архітектуру TZ – підтримує Arm Cortex-A53 MPCore TrustZone.

3. Захист області вбудованої оперативної пам'яті (OCRAM) за допомогою контролера OCRAM.

4. Завантажувач високої гарантії (HAB).

5. Модуль криптографічного прискорення та забезпечення (CAAM).

- підтримка захисту вмісту Widevine і PlayReady
- криптографія з відкритим ключем (PKHA) з RSA

та еліптичною кривою (ECC) алгоритми

- перевірка цілісності в реальному часі (RTIC)
- підтримка DRM для RSA, AES, 3DES, DES
- справжня генерація випадкових чисел (RNG)
- підтримка захисту виробництва.

6. Безпечне енергонезалежне сховище (SNVS), в тому числі

- захищений годинник реального часу (SRTC)
- захищений контролер JTAG (SJC).

Управління живленням

Блок управління живленням складається з:

- датчика температури з програмованими точками

спрацьовування

- внутрішні перемикачі живлення для підтримки

ефективного керування живленням.

Основні параметри завантаження

Процесор i.MX 8M Plus підтримує такі завантажувальні пристрої:

- NAND FLASH (включаючи SLC і MLC)
- SDIO / MMC / SDXC
- eSD 3.0/eMMC 5.1 (швидке завантаження)
- SPI (послідовний FLASH)
- послідовне завантаження USB.

Ядро Quad-A53 на i.MX 8M Plus увімкнено під час завантаження як основне ядро для обробки всього потоку безпечного завантаження. Чіп завжди спочатку завантажуватиметься з ядра A53, ядро M7 буде перезавантажено під час завантаження A53 і не працюватиме, доки його не увімкне ядро A53. Образ для ядра M7 буде завантажено в пам'ять і перевірено ядром A53.

На базі процесора i.MX 8M Plus компанія iWave Systems випустила систему-на-модулі iW-RainboW-G40M i.MX 8M, відповідну до стандарту SGET OSM (модуль відкритого стандарту) [3].

Особливості i.MX 8M Plus SOM

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує наступні функції:

1. SOC:

- процесор додатків i.MX 8M Plus
- i.MX 8M Plus Quad: 4 x Cortex-A53, 1 x Cortex-

M7, GPU, VPU, NPU, ISP і Hifi4 Audio DSP

• i.MX 8M Plus Quadlite: 4 ядра Cortex-A53, 1 ядро Cortex-M7 і графічний процесор

• i.MX 8M Plus Dual: 2 x Cortex-A53, 1 x Cortex-M7, GPU, VPU, NPU, ISP і Hifi4 Audio DSP

2. Живлення:

- PMIC PCA9450C

3. Пам'ять:

- LPDDR4 – 2 ГБ (з можливістю розширення до 8 ГБ)

• флеш-пам'ять EMMC – 16 ГБ (з можливістю розширення до 128 ГБ)

4. Інші функції SOM:

- IEEE 802.11 a/b/g/n/ac/ax* Wi-Fi і Bluetooth 5.0

(* ax не обов'язковий)

• високошвидкісний 4-портовий концентратор USB 2.0

- контролер годинника реального часу

- програмовані заголовки

5. LGA-інтерфейси OSM:

- 2 x RGMII

- 2 x SDIO (1 x 4-бітний, 1 x 8-бітний)

- 2 x USB 3.0

- 2 x USB 2.0

- порт PCIe 3.0

- передавач HDMI 2.0

- MIPI DSI 4 лінії

- 2 канали LVDS

- SAI/I2S (аудіоінтерфейс)

- 2 порти SPI

- 1 порт UART (з CTS і RTS)

- 2 порти UART (без CTS і RTS, один порт може

використовуватися як порт налагодження)

- OSM GPIO

- 2 порти CAN FD

- 2 порти I2C

6. Загальна специфікація:

- напруга живлення 5 В

- струм споживання 2.5 А

• габаритні розміри 45x45 мм (специфікація OSM V1.0).

Структура модуля наведена на рис. 2.

PCA9450C PMIC

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA використовує один PCA9450C PMIC (U3) для управління живленням модуля.

PCA9450C оснащено шістьма високоефективними понижувальними DC/DC-перетворювачами й п'ятьма лінійними стабілізаторами напруги. Це високопродуктивна інтегральна схема управління живленням (PMIC), яка забезпечує програмовану/конфігуровану архітектуру з повністю інтегрованими силовими пристроями й вбудованою одноразовою

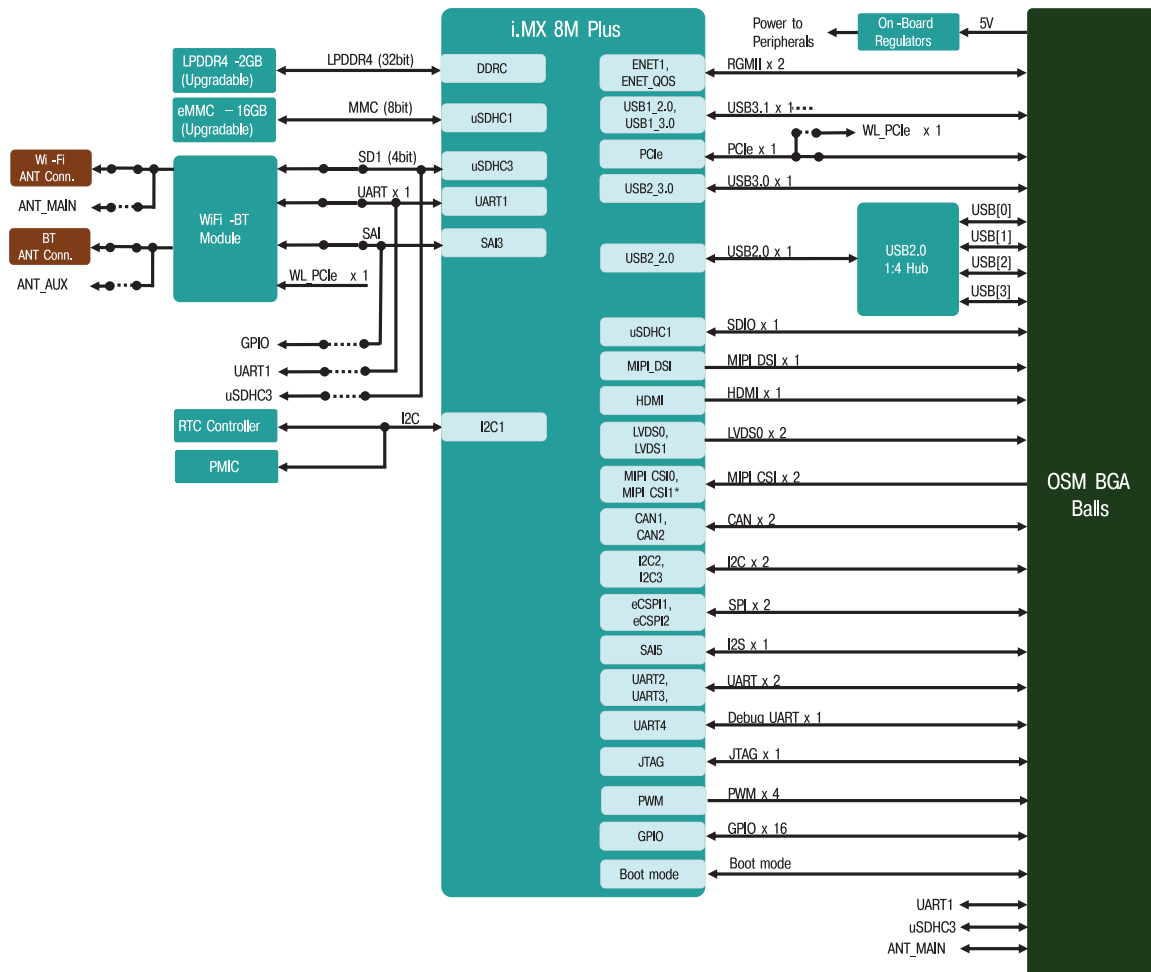


Рис. 2. Структура модуля i.MX 8M Plus SOM

програмовану пам'яттю, у якій зберігаються ключові початкові конфігурації, що значно скорочує кількість зовнішніх компонентів, звичайно використовуваних для налаштування напруги й послідовності її включення. Параметри регулятора налаштовуються за допомогою високошвидкісного інтерфейсу I2C після запуску, що забезпечує високу гнучкість системи. PMIC PCA9450C поставляється в 56-контактному корпусі 7x7 QFN і розміщується на верхній стороні SOM.

Пам'ять ОЗП LPDDR4

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA за замовчуванням підтримує 2 Гб оперативної пам'яті LPDDR4 з використанням 32-бітного каналу DDR_CH0 SOC i.MX 8M Plus для підтримки LPDDR4 до 2 ГГц. Частина LPDDR4 U12 розміщена на верхній стороні SOM. Обсяг оперативної пам'яті можна збільшити до 8 Гб (при наявності чипів).

Флеш-пам'ять EMMC

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує EMMC ємністю 16 Гб у якості завантажувального й запам'ятовуючого пристрою за замовчуванням. Він прямо підключений до контролера USDHC3 SOC i.MX 8M Plus і працює з рівнями напруги 1.8 В (живлення вводу/виводу) і 3.3 В (живлення ядра NAND).

Флеш-пам'ять EMMC (U2) фізично розташована на нижній стороні модуля LGA. Обсяг флеш-пам'яті EMMC можна настроїти залежно від вимог, зв'язавшись зі службою підтримки iWave.

Безпроводові інтерфейси Wi-Fi і Bluetooth

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA інтегрований з модулем Wi-Fi і Bluetooth на базі модуля u-Blox "JODY-W263" або "JODY-W374". Серія JODY-W2/W3 являє собою компактні модулі на базі чипсету Marvell 88W8987, сумісного з AEC-Q100. Вони забезпечують зв'язок Wi-Fi, Bluetooth і Bluetooth з низьким енергоспоживанням.

Модулі JODY-W2 можуть працювати в наступних

режимах:

- Wi-Fi 1×1 802.11a/b/g/n/ac на частоті 2.4 ГГц або 5 ГГц
- дворежимний Bluetooth 5, включаючи аудіо, може працювати одночасно з Wi-Fi.

JODY-W2 проходить розширену автомобільну сертифікацію відповідно до ISO 16750-4 і проводиться відповідно до ISO/TS 16949. Підключення до хост-процесору здійснюється через SDIO або високошвидкісний інтерфейс UART. Модуль i.MX 8M Plus використовує інтерфейс UART1 процесора для Bluetooth і інтерфейс USDHC1 для Wi-Fi у конфігурації за замовчуванням. У модулі OSM контакти антен JODY-W2/W3 Bluetooth і Wi-Fi підключені до рознімань J1, J2 і J3.

Контролер годинника реального часу

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує зовнішній контролер RTC "PCF85263" On-som для підтримки годин реального часу. Зовнішній контролер RTC підключений до SOC i.MX 8M Plus через інтерфейс I2C і працює при рівні напруги 3.3 В. У стані відключення живлення SOM цей пристрій буде одержувати живлення від літійової батареї.

Розташування виводів OSM LGA/BGA

OSM LGA/BGA Balls має стандартне розташування виводів у відповідності зі специфікацією OSM V1.0. Число виводів 662. Розташування виводів показано на рис. 3.

Інтерфейс USB 2.0

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує три хост-інтерфейсів USB2.0 на OSM LGA. Для підтримки чотирьох хост-інтерфейсів USB2.0 SOM містить у

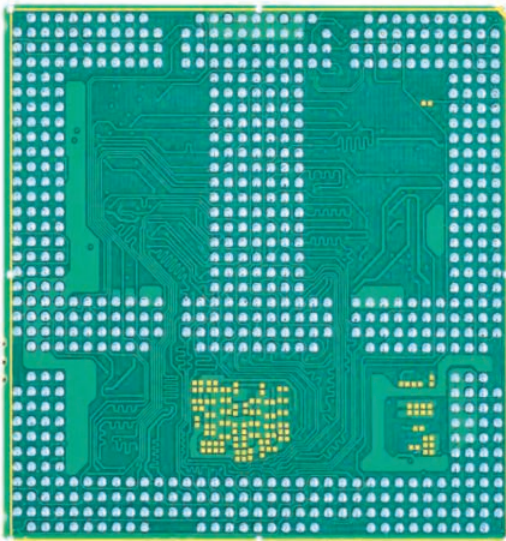


Рис. 3. Розташування кульок OSM LGA/BGA

собі чотирьохпортовий USB-концентратор "USB2514" від Microchip. Цей концентратор взаємодіє з i.MX 8M Plus SOC за допомогою контролера USB OTG2 (з вбудованим PHY), який підтримує високошвидкісну передачу даних (480 Мбіт/с), повношвидкісну (12 Мбіт/с) і низькошвидкісну (1.5 Мбіт/с) передачу USB2.0. Цей вихід концентратора прямо підключений до портів USB_A, USB_B і певним постачальником контактам OSM LGA.

Інтерфейс PCIe

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує одну лінію PCIe Gen3 на OSM LGA, лінія PCIe1 SOC i.MX 8M Plus із вбудованим PHY прямо підключена до порту PCIe Link A контакти OSM PCB Edge. Опція виходу зовнішнього тактового генератора 100 МГц також доступна для підключення до SOC і OSM PCB Edge для еталонних тактових імпульсів PCIe. За замовчуванням використовується внутрішній генератор з еталонною частотою PCIe. Крім того, скидання PCIe і пробудження PCIe підтримуються через контакти OSM PCB Edge від i.MX 8M Plus SOC IOS GPIO1_12 і GPIO1_14, відповідно.

Лінії диференціального передавача PCIe з'єднані по змінному струму на самому SOM. Крім того, при використанні диференціальних тактових ліній PCIe від зовнішнього тактового генератора не потрібно зовнішнього узгодження, оскільки вони мають резистори, що погоджують, на SOM.

Аудіо-інтерфейс

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує I2S_A контакти OSM Edge від каналу SAI2 SOC. Периферійний пристрій SAI забезпечує синхронний аудіо-інтерфейс, який підтримує повнодуплексні послідовні інтерфейси з кадровою синхронізацією, такі як I2S, AC97 і інші інтерфейси аудіокодеків/DSP. Загальні функції SAI включають секцію передавача з незалежною синхронізацією бітів і кадрів, максимальний розмір кадра 32 слова, розмір слова від 8 до 32 біт і підтримку BCLK 49.152 МГц. У відповідності зі специфікацією OSM підтримується тактова частота передавача лівого й правого каналів (LRCK).

У модулі LGA i.MX 8M Plus OSM передавач настроєний на асинхронний режим, а приймач настроєний на синхронний режим, тому й передавач, і приймач використовують бітову синхронізацію передавача й синхронізацію кадрів.

SPI-інтерфейс

SOC i.MX 8M Plus містить розширений модуль конфігурованого послідовного периферійного інтерфейсу (ECSPI), який підтримує інтерфейс до шини

SPI у якості провідного й/або відомого пристрою з максимальною швидкістю передачі даних 52 Мбіт/с. Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує канали SPI0 і SPI1 контакти OSM Edge з використанням EC-SPI1 і ECSPi2 SOC.

Універсальний прийомопередавач даних UART

OSM V2.1.1 підтримує п'ять каналів UART, де два канали UART_A і UART_B з CTS і RTS, а два канали UART_C і UART_D без них, а також консольний порт UART. UART1 SOC i.MX 8M Plus додатково підключається до UART_B на стороні OSM LGA. UART2 і UART3 підключені до каналів SER0 і SER1 контакти OSM Edge, відповідно. Беручи до уваги, що канал SER2 контакти OSM Edge опціонально підключається до UART1 SOC i.MX 8M Plus.

У конфігурації за замовчуванням UART1 підключений до Bluetooth-Модулю SOM. SER1 контакти OSM Edge додатково підключається до модуля SOM GNSS. SER0, SER1 і SER2 можуть використовуватися для будь-якого обміну даними. UART4 SOC підключений до каналу SER3 контакти OSM Edge і використовується як UART для налаштування.

OSM GPIO

OSM V2.1.1 підтримує 14 GPIO, які можна використовувати для будь-яких додатків загального призначення.

Інтерфейс CAN

Модуль гнучкої локальної мережі контролерів (FLEXCAN) являє собою комунікаційний контролер, що реалізує протокол CAN у відповідності зі стандартом ISO 11898-1 і специфікаціями протоколу CAN 2.0B.

Протокол CAN був у першу чергу розроблений для використання як шини послідовних даних транспортного засобу, що відповідає особливим вимогам у цій області: обробка в реальному часі, надійна робота в умовах електромагнітних перешкод транспортного засобу, економічність і необхідна пропускна здатність. Модуль FLEXCAN являє собою повну реалізацію специфікації протоколу CAN, яка підтримує як стандартні, так і розширені кадри повідомлень. Модуль Flexcan підтримує 64 буфера повідомлень.

i.MX 8M Plus SOC підтримує два інтерфейси CAN і підключається до OSM Edge Connector.

Інтерфейс I2C

Специфікація OSM V2.1.1 підтримує п'ять I2C, але i.MX 8M Plus SOM підтримує тільки чотири I2C у конфігурації за замовчуванням і п'ятий I2C у якості опції.

Вибір джерела завантаження

Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує один контакт вибору завантаження у відповідності зі специфікацією OSM V2.1.1. Модуль i.MX 8M Plus OSM LGA підтримує завантаження з ON-som EMMC і OSM SD (з материнської плати). Кожної із цих завантажувальних носіїв можна вибрати, правильно встановивши статус контактів вибору завантаження на материнській платі.

Заголовок програмування

Модуль i.MX 8M Plus підтримує 16-контактів для програмування й тестування вбудованих у модуль пристроїв. Заголовок програмування використовується для прошивання плати й має DATA UART для одержання завантажувальних інструкцій.

Електричні характеристики

Вхідна напруга живлення модуля подається на сімнадцять контактів VCC_IN_5V у модулі Size-L і вертається через численні контакти GND на розніманні. Модуль зберігає працездатність при зміні напруги живлення в діапазоні від 4,5 до 5,25 В.

Послідовність вклучення джерел живлення

Вимоги до послідовності введення живлення модуля i.MX 8M Plus OSM LGA наведені на рис. 4.

Значення часу на рис. 4: $T1 \geq 0$ мс, $T2 \geq 0$ мс, $T3 \geq 0$ мс, $T4 \geq 0$ мс, $T5 = 100...500$ мс.

Діапазон робочих температур

Діапазон робочих температур від -40 до 85 °C.

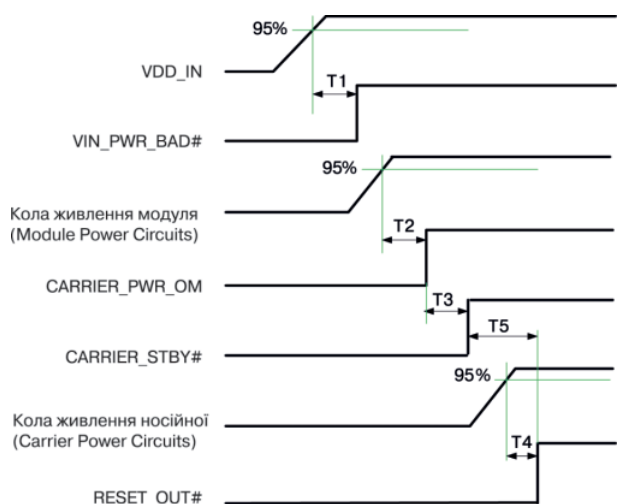


Рис. 4. Послідовність вклучення джерел живлення

На робочу температуру на рівні системи будуть впливати різні компоненти системи, такі як материнська плата і її компоненти, корпус системи, циркуляція повітря в системі, джерело живлення системи і т.д. Залежно від конструкції системи може зна-

добитися особливий підхід до розсіювання тепла. Перед використанням SOM у виробі рекомендується виконати необхідне теплове моделювання на рівні системи й знайти необхідний тепловий розв'язок.

Для будь-якої високоінтегрованої системи на модулях дуже важливим фактором є тепловий розрахунок. Оскільки розмір IC зменшується, а продуктивність модуля збільшується за рахунок підвищення частоти процесора, він генерує велику кількість тепла, яку необхідно розсіювати, щоб система працювала належним чином без збоїв.

Для розсіювання тепла необхідно використовувати відповідні методи та засоби управління температурним режимом, наприклад, такі як радіатор. У деяких випадках може знадобитися використовувати вентилятори, теплові трубки й т.п.

Електростатичний розряд

Модуль i.MX 8M Plus чутливий до електростатичного розряду, тому висока напруга, викликана статичною електрикою, може ушкодити деякі пристрої модуля. Неприпустимо використовувати SOM, крім як на робочій станції із захистом від електростатичного заряду.

На рис. 5 наведені деякі з багатьох додатків, доступних за допомогою процесора додатків i.MX 8M Plus.

Як показано на рис. 6, кожен із цих варіантів використання потребує певного рівня продуктивності, який визначає, який рівень апаратного забезпечення необхідний для його запуску. Це ключова причина, чому процесор i.MX 8M Plus має спеціальний прискорювач машинного навчання.

З рис. 6 випливає що процесори сімейства i.MX 8M Plus задовольняють вимогам будь-яких задач з машинного навчання.

Платформа розробки i.MX 8M Plus OSM

iWave Systems пропонує платформу розробки iW-RainboW-G40DS-i.MX 8M Plus (рис. 7), призначену для швидкої перевірки OSM SOM на базі i.MX 8M Plus SOC і його функцій. Платформа розробки OSM оснащена всіма необхідними інтерфейсами й вбудованими контактами для перевірки всіх функцій, підтримуваних OSM. Габаритні розміри 100x72 мм.

Більш докладну інформацію можна знайти на сайтах компаній NXP [1] та iWave Systems [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.nxp.com/products/processors-and-microcontrollers/arm-processors/i-mx-applications-processors/i-mx-8-applications-processors/i-mx-8m-plus-arm-cortex-a53-machine-learning-vision-multi-media-and-industrial>



Рис. 5. Деякі області застосування процесора додатків i.MX 8M Plus



Рис. 6. Варіанти використання машинного навчання і вимоги до продуктивності процесора

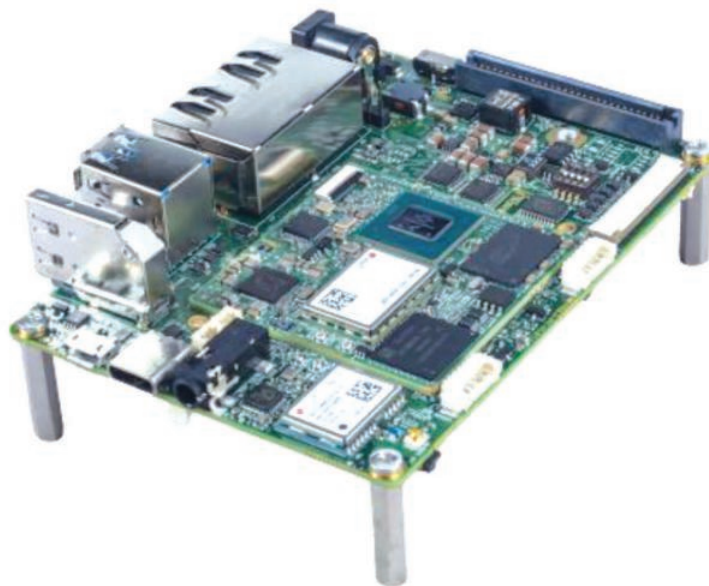


Рис. 7. Платформа розробки iW-RainboW-G40DS-i.MX 8M Plus

iot:IMX8MPLUS?cid=ad_pro10955341_tac1467548_a
ac_1#0
2. <https://www.nxp.com/webapp/Download?colCode=MX8MPCEC>
3. <https://www.iWavesystems.com/product/i-mx-8m-plus-osm-lga-module/>

VD MAIS

Електронні компоненти і системи

- мікросхеми
- датчики
- оптоелектроніка
- джерело живлення
- драйвери світлодіодів
- резонатори і генератори
- дискретні напіпровідники
- пасивні компоненти
- НВЧ-компоненти
- системи безпроводового зв'язку



Дистрибуція та прямі поставки:
Analog Devices, Bluetechnix, Créé, DDC, Dynex, Fordata, Foryard, Gaia, Geyer, IXYS, Kendeil, Kingbright, Ledil, Littelfuse, Mean Well, Microsemi, Omron, Recom, Siti, Sonitron, Suntan, Telit, Vacuumschmelze, Xilinx, Yitran

Україна, 03061 Київ, ул. М. Донца, 6
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua



Датчики TE Connectivity для систем промышленного Интернета вещей

Датчики выпускаются в разных форм-факторах и обеспечивают высокую точность и надежность измерений в экстремальных условиях, при высоких температурах, при влиянии масла, броду та пилу

Датчики:

- положення
- вологості повітря
- контролю температури
- швидкості потоку повітря
- тиску і контролю рівня води
- п'єзорезистивні тензодатчики сили і маси
- п'єзоелектричні і ємнісні датчики вібрацій
- систем опалення, вентиляції, кондиціонування і охолодження.



<https://www.te.com>



VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії TE Connectivity в Україні
тел.: (044) 201-0202, info@vdmαιs.ua, www.vdmαιs.ua

ОПЕРАЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СЕНСОРІВ *

OPERATIONAL AMPLIFIER FOR ELECTROCHEMICAL SENSORS

У статті розглядаються особливості застосування операційного підсилювача для електрохімічних газових сенсорів для виміру концентрації етанолу і монооксиду вуглецю CO. Також аналізуються параметри підсилювача для точного вимірювання концентрації цих газів з найменшим енергоспоживанням для використання його у портативних пристроях.

T. Au-Єнг

T. Au-Yeung

Електрохімічні газові сенсори потребують постійного зсуву напруги для надійної та точної роботи, для чого необхідно споживання великої кількості енергії. Як правило, системи керування живленням газових аналізаторів відключають всі їх елементи в режимі очікування чи сну. Однак для стабілізації і виходу на робочий режим електрохімічних сенсорів потрібні десятки хвилин. Отже, електрохімічний сенсор і його схема зсуву повинні постійно перебувати під напругою. Крім того, напруга зсуву електрохімічного сенсора, як правило, нижча за напругу елемента батарейного живлення.

MAX40108 — це малопотужний високоточний операційний підсилювач (ОУ), який працює з напругою джерела живлення від 0.9 до 3.6 В. Він спеціально розроблений для сенсорів такого класу. Крім

Abstract - **T**article discusses the applications of an operational amplifier for electrochemical gas sensors such as ethanol and carbon monoxide (CO). It also discusses the desired performance to provide optimum results for accurate measurement of ethanol and CO with the lowest power consumption for portable devices.

того, цей підсилювач має вхідний/вихідний діапазон rail-to-rail, споживає не більше 25.5 мкА, дрейф нуля ОУ складає 25 нВ на 1С0, що робить його оптимальним пристроєм для широкого спектру застосувань із низьким споживанням, у тому числі і для газових сенсорів.

На рис. 1 показано структурну схему електрохімічного газового аналізатора на основі сенсора для етанолу або CO. Схема містить операційний підсилювач низької напруги, який може працювати безпосередньо від батареї 1.5 В типу AA/AAA, забезпечуючи необхідний струм зсуву для електрохімічного сенсора, тоді як інші вузли перебувають у режимі сну. Перший підсилювач U1 живить електрод порівняння електрохімічного сенсора. Другий підсилювач U2 перетворює вихідний струм сенсора на напругу,

Електрохімічний сенсор з підсилювачем MAX40108

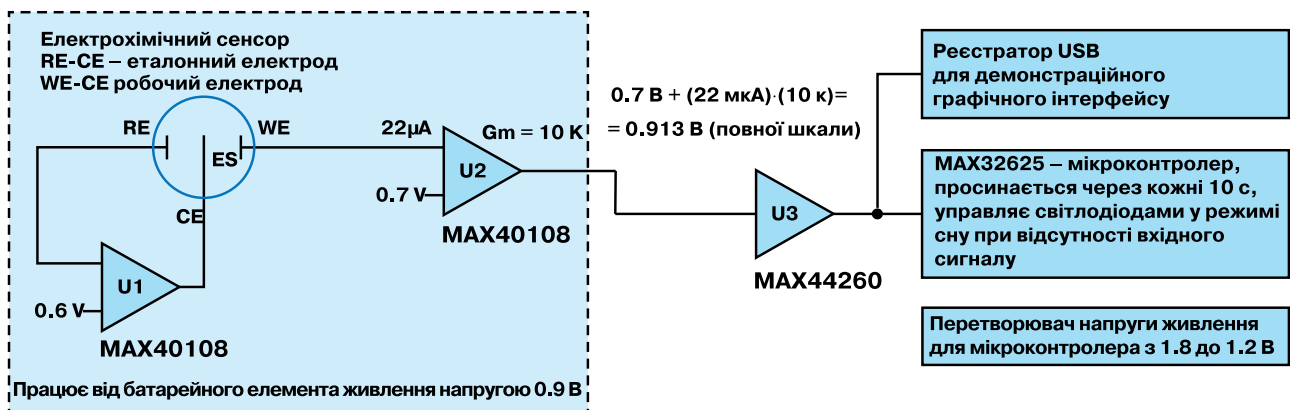


Рис. 1. Структурна схема газового аналізатора на основі електрохімічного сенсора

* Au-Yeung T. Operational Amplifier for Electrochemical Sensors. Analog Dialogue, Vol. 57, N 3, September, 2023. www.analog.com, Скорочений переклад з англійської та коментарі В. Романова.

яка після підсилення підсилювачем U3 MAX44260 оцифровується мікроконтролером.

У схемі на рис. 1 використано сенсор етанолу SPEC 3SP_Ethanol_1000, показаний на рис. 2.

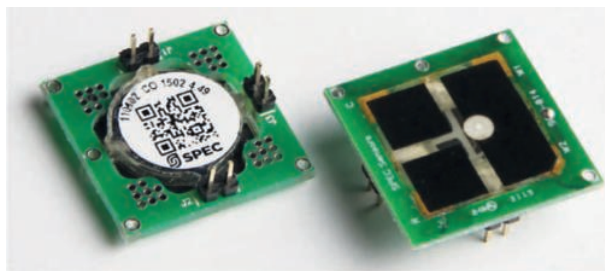


Рис. 2. Сенсор етанолу SPEC 3SP_Ethanol_1000

Цей сенсор етанолу генерує струм, пропорційний концентрації виявленого газу. Він має три електроди: WE, RE і CE. WE – робочий електрод з зсувом на 0.7 В, використовується для визначення концентрації парів газу. RE – електрод порівняння. Цей електрод забезпечує стабільний електрохімічний потенціал 0.6 В напруги зсуву в електроліті і не піддається впливу парів газу. CE – протиелектрод. Він починає працювати у присутності газу. Рівень його провідності пропорційний концентрації газу, який вимірюється газоаналізатором. У електрохімічному сенсорі пари газу повинні фізично контактувати з електродами. Іншими словами, сенсор етанолу вимірює лише газ, який присутній у самому сенсорі. Тому для точного й ефективного виявлення та виміру концентрації таких газів, як етанол і CO, їх розміщують там, де очікуються витoki цих газів.

При експериментальному випробуванні схеми аналізатора ватний тампон змочували в розчині етанолу і розміщали прямо перед сенсором. На рис. 3 синьою кривою показано захоплення парів етанолу. Зелена крива – це споживання струму всієї системи, включаючи мікроконтролер, типове значення споживання складає 90 мА. Однак споживання струму підсилювача MAX40108 становить лише 25.5 мкА при напрузі живлення VDD = 0.9 В і температурі 25°C, як показано на рис. 4.

Мікроконтролер перебуває у режимі очікування і прокидається кожні 10 секунд для моніторингу парів етанолу. Коли є пара, мікроконтролер починає вимірювати її концентрацію, як показано на синій кривій, рис. 4. Червона лінія показує напругу батареї типу AA, яка приблизно дорівнює 1.5 В, а жовта лінія – це напруга на електроді CE. Щоб побачити вплив реакції сенсора на концентрацію парів етанолу, ватний

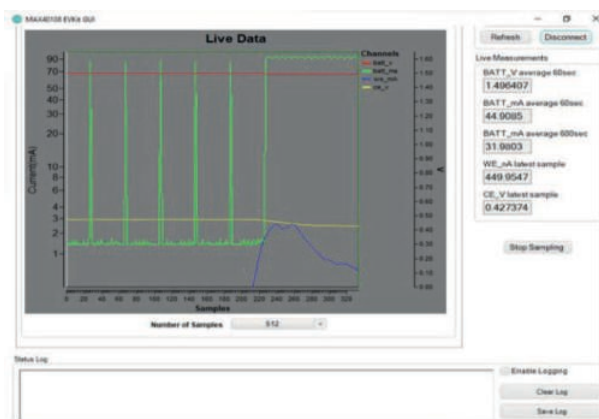


Рис. 3. Характеристики роботи газоаналізатора при роботі електрохімічного сенсора при виявленні парів етанолу

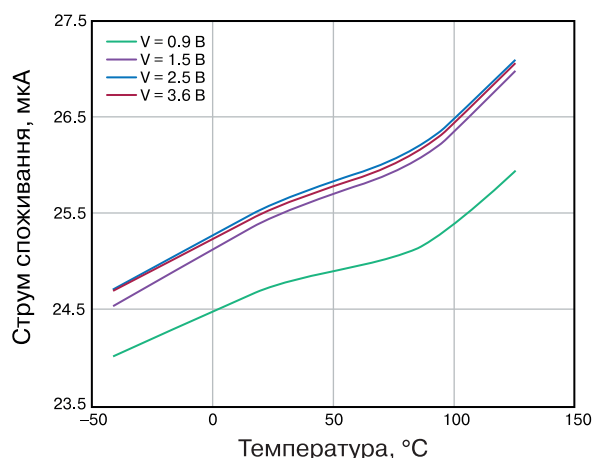


Рис. 4. Струм споживання газоаналізатору у залежності від напруги живлення та температури зовнішнього середовища

тампон з етанолом було переміщено далі від сенсора. Результат було зафіксовано на рис. 5. Як і очікувалося, амплітуда синьої кривої, тобто концентрації пари була відповідно зменшена.

На відміну від етанолу, CO є потенційно отруйним газом, що утворюється в результаті неповного згоряння бензину, дерева або навіть нешкідливої свічки. Отже, було важливо підтримувати належну вентиляцію, щоб забезпечити здоров'я та безпеку фахівців під час проведення експерименту з газом CO. У цій оцінці свічка використовувалася для отримання газу CO у прихованій банці, і той самий датчик SPEC 3SP_Ethanol_1000 використовувався для визначення концентрації газу CO. На рис. 6 показано захоплення газу CO, (синя крива). Зелена крива – це споживання струму газоаналізатора, включаючи мікроконтролер, яке становило 90 мА.

Як і при оцінці етанолу, у режимі очікування мікроконтролер прокидається кожні 10 секунд, щоб

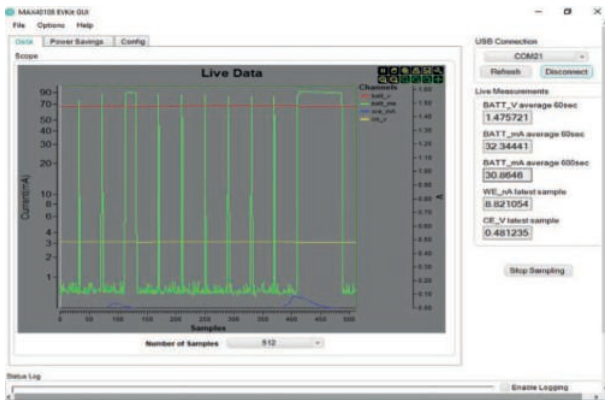


Рис. 5. Результати випробування газоаналізатора при віддаленні тампона з етанолом від сенсора в порівнянні з дослідом на рис. 4

контролювати вміст CO. Коли газ виявлено, мікроконтролер починає визначати його концентрацію, як показано на синій кривій. Червона лінія показує напругу батареї AA, яка дорівнює приблизно 1.5 В, а жовта лінія – це напруга на електроді CE.

ВИСНОВКИ

Для точного вимірювання вмісту газів етанолу та CO в споживчому та промисловому застосуванні потрібен малопотужний високоточний операційний підсилювач, який може працювати з напругою джерела живлення не вище 0.9 В. Підсилювач



Рис. 6. Результати випробування газоаналізатора при виявленні CO

MAX40108 розроблено спеціально для ефективного виявлення та вимірювання поширених газів, таких як етанол і CO, оскільки він має не тільки низьке споживання струму 25.5 мкА, але й мініатюрні розміри 1.22x4.092 мм у корпусі WLP із 8 кульковими виводами. Підсилювач має режим відключення від живлення для заощадження енергії, що є обов'язковим для пристроїв, які застосовують у носимих медичних пристроях, а також у промисловому Інтернеті речей (IIoT) для вимірювання крім концентрації газів таких фізичних величин як тиск, швидкість потоку, рівень рідини, температура, прискорення та багато інших.

VD MAIS
Друковані плати

- проектування друкованих плат
- технологічна підготовка виробництва
- виготовлення будь-якої кількості плат: – ГОСТ 23752-79 – за стандартом IPC-A-600J
- проектування та виготовлення трафаретів для нанесення паяльної пасти.

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

VD MAIS
Електромеханічні компоненти і компоненти систем автоматизації

- низьковольтна комутаційна апаратура
- програмовані логічні контролери та комп'ютери, програмне забезпечення
- шафи • крейти • роз'єми • корпуси
- вентилятори • інструмент • кабельна продукція • СКС • системи маркування

Дистрибуція та прямі поставки:
Acme-Portable, AMP Netconnect, Belden, Dopla, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

ЕФЕКТИВНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ НАПРУГИ У СИСТЕМАХ З БАТАРЕЙНИМ ЖИВЛЕННЯМ *

DESIGNING FOR OPTIMAL POWER CONVERSION EFFICIENCY IN BATTERY-POWERED SYSTEMS

У статті обґрунтовано необхідність використання перетворювачів напруги у пристроях з живленням від батареї..

Ф. Достал

Abstract - The article substantiates the necessity of using voltage converters in battery-powered devices..

F. Dostal



Питання:

Чи потрібна система управління живленням для пристроїв на акумуляторних батареях?

Відповідь:

Так, більшість систем з батарейним живленням потребують заряджання акумулятора. У цій статті розглядається, як управління живленням оптимізується в пристроях та системах із батарейним живленням. Наведено приклади схемної реалізації, що включають необхідні для управління живленням функції. Також обговорюються проблеми ефективності перетворення потужності в таких схемах.

Багато сучасних приладів та систем потребують живлення від акумуляторних батарей. Батареї використовуються для резервування електроживлення у разі відключення електроенергії в мережі, але в основному застосовуються в портативному устаткуванні як автономне живлення. У всіх системах із батарейним живленням ключовим показником є енергоефективність. Чим менш ефективно джерело живлення, тим більше і дорожче батарея при тому ж часі автономної роботи. Крім того, акумуляторні батареї

можуть виробляти різну напругу, залежно від стану заряду. Це вимагає використання перетворювача потужності для регулювання та стабілізації змінної напруги акумуляторних батарей.

Сьогодні в більшості систем з батарейним живленням використовуються акумуляторні батареї, що перезаряджаються. Для цього в прилад чи систему, як правило, вбудовується окремий зарядний пристрій. На рис. 1 показано структурну схему системи з батарейним живленням. Хоча реалізація залежить від конкретного використання такої схеми, основні її функціональні вузли застосовуються у всіх системах з батарейним живленням. Слід додати, що на рис. 1 використане також друге джерело живлення для перемикання потужності, що надходить від джерела живлення 1, якщо джерелом живлення 2 є, наприклад, USB-порт з напругою 5 В. Потім напруга перетворюється для безпечної зарядки батареї системи чи пристрою.

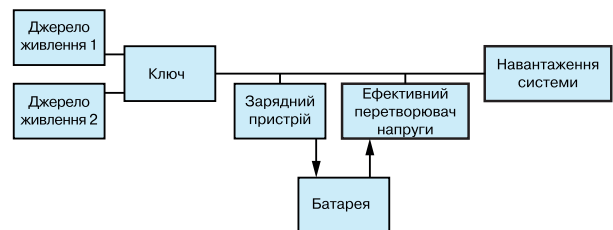


Рис. 1. Спрощена структурна схема системи із батарейним живленням

Процес заряджання акумулятора зазвичай може бути не дуже енергоефективним. У більшості систем з батарейним живленням передбачений окремий

* Dostal F. Designing for Optimal Power Conversion Efficiency in Battery-Powered Systems. Analog Dialogue, Vol. 57, N 4, November, 2023. Скорочений переклад з англійської та коментар В. Романова

вузол для заряджання батареї. Наприклад, коли мобільний телефон підключено до зарядного пристрою, ефективність процесу заряджання зазвичай не є важливою для більшості користувачів. Однак більш висока енергоефективність під час зарядки безпосередньо призводить до зменшення розмірів батареї, що знижує вартість системи та зменшує її розміри у цілому. Більш висока ефективність перетворення потужності під час цього процесу безпосередньо призводить до меншої ємності акумулятора при тому ж часі роботи системи.

Ефективність на цьому етапі перетворення потужності від батареї для генерації напруги, необхідної для навантаження, потребує подальшої оцінки. Ефективність перетворення при повному навантаженні системи дає інформацію про те, як довго система може працювати при номінальному навантаженні. Також важлива ефективність перетворення при невисокому або легкому навантаженні. Наприклад, детектор диму з батарейним живленням на етапі моніторингу працює з низьким струмом навантаження деколи протягом багатьох років аж до моменту, коли дим буде виявлено та пролунає сигнал тривоги. Сигнал тривоги включається при високому струмі, але ефективність енергоспоживання в цей короткий інтервал не така важлива, якщо акумулятор має достатній заряд.

Для низького навантаження має значення струм спокою I_Q . Чим він нижчий, тим краще. Цей струм спокою разом із вузлом комутації перетворювача потужності визначає к.к.д. навантаження. На рис. 2 показані графіки ефективності у режимі малого і типового навантаження. Режим ефективності при малому навантаженні практично з нульовою частотою комутації перетворювача – це синя крива, а режим типового навантаження з фіксованою частотою комутації перетворювача потужності – чорна пунктирна крива. Слід додати, що багато схем перетворення потужності мають режим з підвищеною ефективністю для легкого навантаження.

Зазвичай це працює так: постійна частота комутації встановлюється рівною нулю, а кілька комутаційних імпульсів генерується лише тоді, коли вихідна напруга дещо падає. Між цими сплесками у перетворювача потужності відключається більшість функцій для економії споживання енергії. Режими роботи з низьким енергоспоживанням можуть трохи відрізнитися залежно від типу ІМС перетворювача, але результатом такого режиму при низькому споживанні є підвищення к.к.д., як показано на рис. 2.

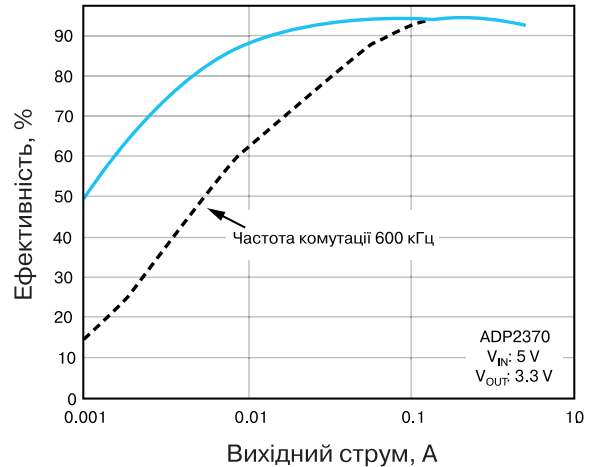


Рис. 2. Ефективність перетворення потужності знижувального стабілізатора з увімкненим режимом енергозбереження при низькому навантаженні (частота комутації дорівнює нулю), синя крива; та при звичайному навантаженні з фіксованою частотою комутації, яка дорівнює 600 кГц, чорна пунктирна крива

З рис. 2 випливає, що різниця в ефективності для двох режимів при вихідному струмі навантаження 1 мА досить велика і досягає 50%. При фіксованій частоті комутації 600 кГц без режиму енергозбереження ефективність приблизно складає 15%.

Для системи з батарейним живленням може бути обрано багато схемотехнічних рішень. Однак найбільш часто використовується схема перетворювача з чотирма ключами, що дає можливість підвищувати/знижувати вихідну напругу джерела живлення. У багатьох системах використовується напруга живлення 3,3 В і вони живляться від одного іон-літєвого акумулятора. Такі акумулятори забезпечують номінальну напругу 3.6 В, але у процесі роботи, коли вони знаходяться у дещо розрядженому стані, вони можуть мати напругу від 2.8 до 3.0 В. Для максимально тривалого часу роботи системи необхідно використовувати якомога більше енергії від акумулятора, тому у системах з напругою живлення 3.3 В слід зменшити напругу акумулятора з 3.6 до 3.3 В, коли іон-літєвий акумулятор повністю заряджений. Однак, коли напруга акумулятору знижується до 2.8 В, її необхідно підвищити до 3.3 В. Ця вимога забезпечується схемою перетворювача, що підвищує/знижує вихідну напругу акумулятора. Існує безліч різних типів схем таких перетворювачів, які підвищують/знижують вхідну напругу. Ось лише деякі з них: зворотногоходовий перетворювач на основі трансформатора, двохіндукторні одноконтурні пе-

ретворювачі з первинною індуктивністю, знижувально-підвищувальний перетворювач із чотирма перемикачами.

Як правило, вибирається знижувально/підвищувальна схема перетворювача з чотирма перемикачами, оскільки вона забезпечує найвищу ефективність перетворення потужності проти двох інших рішень. На рис. 3 показана така спрощена схема з чотирма перемикачами.

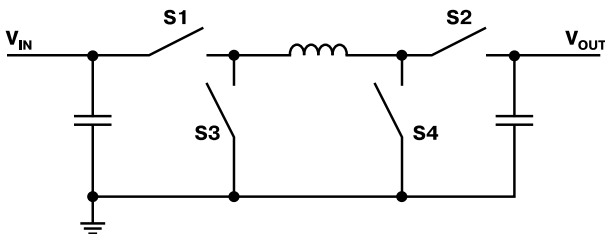


Рис. 3. Спрощена схеми знижувально/підвищувального перетворювача потужності з чотирма ключами

Слід відзначити, що можна взагалі уникнути використання схеми, що знижує/підвищує напругу, використовуючи дві послідовно включені іон/літєві акумуляторні батареї замість однієї. Тоді потрібен лише простий знижувальний перетворювач. Однак це вимагає додаткових витрат на другий акумулятор. Крім того, заряджання двох акумуляторних елементів складніше, ніж заряджання одного. Коли два елементи використовуються послідовно, максимальна напруга двох послідовно з'єднаних елементів становить 7.2 В. Для цього потрібний перетворювач з більш високою напругою, що може призвести до дещо вищої його вартості.

Вибір зарядного пристрою

На ринку існує безліч ІМС зарядних пристроїв. Зарядний пристрій для акумуляторів – це пристрій, який виробляє напругу та струм таким чином, щоб безпечно заряджати акумулятори. При виборі ІМС перше рішення, яке необхідно прийняти, – використовувати лінійний зарядний пристрій або зарядний імпульсний пристрій.

Лінійні зарядні пристрої можуть лише знизити наявну напругу. Їх вхідний струм приблизно дорівнює вихідному. Наприклад, якщо розряджена батарея має напругу 0.8 В, а необхідна напруга системи становить 3.3 В, то лінійний зарядний пристрій повинен знизити напругу на вході до 2,5 В на виході. Якщо зарядний струм становить 1 А, то лінійним зарядним пристроєм розсіюється потужність 2.5 Вт. Це не так вже і багато. Але якщо напруга системи становить 12 В, то потужність, що розсіюється, ста-

новить вже 11.2 Вт. Тому лінійні зарядні пристрої доцільно застосовувати для систем із низькими зарядними струмами та напругою, близькою до напруги батареї.

Для більшості застосувань рекомендується використовувати імпульсні зарядні пристрої. Більшість ІМС зарядних пристроїв на ринку є імпульсними. Це класичні пристрої імпульсного джерела живлення із спеціальними функціями, що дозволяють заряджати акумулятори. Вони можуть заряджати акумулятор постійною напругою або постійним струмом і мають спеціальні засоби, що роблять зарядку безпечною. Це може бути таймер, що визначає, чи справний підключений акумулятор, або зарядний пристрій може включати датчик температури для обмеження температури акумулятора під час зарядки, щоб уникнути його перегріву. Ще одна функція, яка стає все більш популярною, – це спеціальна перевірка безпеки з'єднання акумуляторних батарей з зарядним пристроєм, яка перевіряє, чи надійно підключена акумуляторна батарея.

На рис. 4 показана схема знижувального зарядного пристрою типу MAX77985 з перемикачем ланцюга живлення. Перемикач необхідний більшості додатків. Він може від'єднати шину вхідної напруги від батареї, як тільки акумулятор буде повністю заряджений, щоб запобігти розсіюванню потужності батареї через будь-які інші компоненти схеми, які можуть бути підключені до живлення. Крім того, схема має цифровий інтерфейс I2C для дистанційної зміни певних налаштувань зарядного пристрою. Щоб зробити зарядний пристрій максимально гнучким, цифрові інтерфейси дозволяють налаштовувати його на акумулятори різних типів та розмірів.

Вбудовані перемикачі живлення в ІМС MAX77985

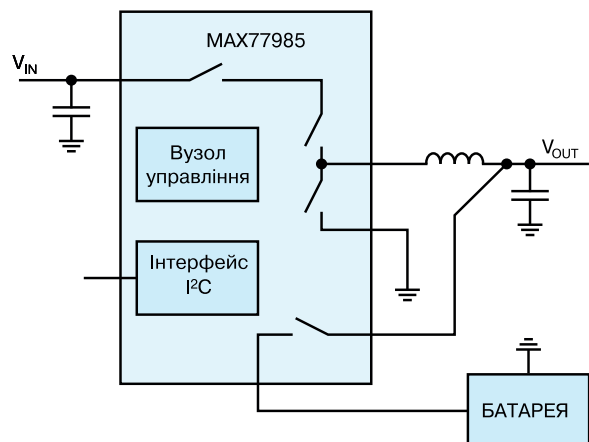


Рис. 4. Спрощена схема знижувального зарядного пристрою

можна використовувати не тільки в знижувальному режимі для заряджання акумулятора, але і для підвищення напруги акумулятора до більш високої напруги системи. Таким чином, ця ІМС поєднує в собі функції перетворювача напруги живлення та зарядного пристрою.

Насамкінець, як висновок, слід відмітити, що системи чи прилади з батарейним живленням виконують безліч різноманітних функцій. У багатьох з них використовуються ІМС для управління режимами живлення. Це має кілька причин. По-перше, багато систем або приладів з батарейним живленням досить малі і тому вимагають компактного системного рішення навіть на рівні ІМС. По-друге, кожний вузол у такому обладнанні має певний струм

спокою. Зрештою, це пришвидшує розряд акумулятора. Об'єднання функцій управління живленням в одній ІМС у більшості випадків знижує струм спокою портативного обладнання у цілому. Крім того, слід враховувати, що поява на ринку іон-літєвих акумуляторів великої ємності суттєво змінила управління живленням портативних систем. При цьому процес створення майбутніх акумуляторів з метою збільшення їх ємності та швидкості зарядки при збереженні безпеки експлуатації зараз тільки пришвидшується, тому і кінця інноваціям в області ІМС для управління живленням і заряджанням акумуляторів, практично не видно, а результати і терміни зі створення нових ще більш ефективних акумуляторів взагалі важко передбачити.



За мотивами картини
В.О. Тропініна
"Кружевниця"

[Від ремесла до мистецтва]

ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

▪ проектування

Проектування друкованих плат у НВФ VD MAIS – це:

- багаторічний досвід конструювання і знання специфіки:
 - розробки електронних пристроїв
 - технології виробництва друкованих плат
 - різних систем проектування CAD-CAM (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- використання всіх можливостей виробника друкованих плат і контрактного виробництва VD MAIS

Системи екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми сертифіковані на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016



тел.: (044) 201-0202, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS
PCB Professionally

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ТА ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД КОМПАНІЇ RECOM

POWER SOURCES FOR TEST AND MEASUREMENT EQUIPMENT FROM RECOM

У статті наведена коротка інформація про призначення та характеристики AC/DC та DC/DC-перетворювачів компанії Recom, призначених для використання у контрольно-виміральному та медичному обладнанні.

V. Макаренко

Abstract - The article provides brief information on the purpose and characteristics of AC/DC and DC/DC converters of the Recom company intended for use in control and measurement and medical equipment.

V. Makarenko

Терміни випробування та вимірювання охоплюють широкий спектр додатків. Фактично все зводиться до вимірювання фізичних величин (струм, напруга, температура і т.д.) у різних умовах експлуатації (нормальних, граничних чи стресових), збереження та аналізу результатів.

Найчастіше при вимірюваннях потрібна гальванічна ізоляція, оскільки об'єкт знаходиться або може бути на іншому потенціалі від випробувального та вимірювального обладнання. Коли обладнання живиться від AC/DC-перетворювача, він забезпечує гальванічну ізоляцію, а встановлений далі DC/DC-перетворювач забезпечує поділ між вхідною шиною живлення і багатоканальною системою вимірювання. Цей прийом застосовується для запобігання взаємного впливу між вхідними каналами. Також використання DC/DC-перетворювачів може бути потрібним навіть при батарейному живленні.

Для живлення датчиків у випробувальному та вимірювальному обладнанні зазвичай потрібна біполярна напруга для забезпечення роботи операційних та високочотних підсилювачів. Потім посилений та відфільтрований сигнал подається на вхід АЦП, а цифровий потік з виходу проходить через цифровий ізолятор. Аналогові та цифрові входи вимагають незалежних шин живлення 3.3 або 5 В, отриманих від магістрального 12 або 24 В понижувального перетворювача. Нарешті використання цифрових ізоляторів шин передачі даних (USB, CAN, GPIB і т.д.) часто обов'язково використовується для уникнення замкнутих контурів заземлення і підвищеної безпеки та стійкості обладнання до відмови при одиничних збоях.

Вимоги для AC/DC-перетворювачів для випробувального та вимірювального обладнання

Спектр контрольно-вимірального обладнання досить широкий – від настільних пристроїв до стій-

кового комплексу, з вхідною напругою від 90 до 277 В AC і більше у випадку промислового обладнання.

Для живлення малопотужних пристроїв від 3 до 20 Вт часто використовуються модулі для монтажу на друкованій платі, наприклад, RAC03-K, RAC04-K/277, RAC05-K/480, RAC10-K/277 та RAC20-K. При великих потужностях від 40 до 550 Вт використовуються модулі для монтажу на шасі, наприклад RACM40-K, RACM60-K, RACM90-K, RACM230-G та RACM550-G. Найчастіше в таких системах використовується пасивне охолодження, які ці модулі підтримують, а RACM230-G і RACM550-G можуть забезпечувати додаткове відведення тепла від основи. Залежно від модуля доступні різні сертифікати безпеки для різних сфер застосування: EC/EN 61010, IEC/EN 62368, IEC/EN 60601, EN 60335. Також виконуються вимоги стандартів EMC без використання зовнішніх компонентів.

Модулі мають малі струми витоку, що може бути потрібним у контрольно-виміральному обладнанні і особливо критично для медичних застосувань. Малий шум на виході є додатковою перевагою AC/DC-модулів компанії RECOM.

Перетворювачі із високою міцністю ізоляції

Компанія RECOM пропонує DC/DC-перетворювачі із винятково високою міцністю ізоляції в компактних корпусах. Унікальні серії RHV2 та RHV3 забезпечують 20 кВ DC (12.5 кВ AC/1 хвилина) у корпусі SIP16 для вимірювань у системах, де потрібний високий ступінь ізоляції, наприклад, іонні вакуумні насоси, рентгенівські установки та високовольтні системи фільтрації забруднень.

Перетворювачі серії REM забезпечують ізоляцію до 10 кВ DC (5 кВ AC/1 хвилина) та сертифіковані витримувати 230 В AC на ізоляційному бар'єрі у постійному режимі. Доступні моделі з вихідною потужністю від 1 до 30 Вт. Прикладом таких застосувань може бути забезпечення ізоляції при вимірюванні

температури за допомогою термопари, приєднаної безпосередньо до трансформатора, діода, транзистора або конденсатора, що знаходиться під мережевою напругою. У тестовому та вимірювальному обладнанні, що потребує функціональної ізоляції для відсутності замкнених контурів заземлення або недопущення взаємного впливу в системах з малою напругою, серія RKE пропонує краще поєднання продуктивності до вартості, забезпечуючи ізоляцію 3, 4 або 6 кВ.

Ізолятори шини живлення

Індустріальні шини CAN, RS-485 (ModBus) або GPIB часто використовуються для з'єднання датчиків, виконавчих механізмів, осцилографів та програмованих джерел живлення та навантажень для створення автоматизованого випробувального обладнання або диспетчерського контролю та збору даних (SCADA). У таких системах часто є велика різниця потенціалів між лініями нуля, особливо високовольтних, потужних або системах з довгими кабельними лініями. Ізольований послідовний інтерфейс (рис. 1), приймач CAN або USB інтерфейс усуває вплив різниці потенціалів між модулями [2].

Ізольованому приймачу послідовної шини потрібно джерело живлення з гальванічною ізоляцією. Як правило, використовуються ізольовані DC/DC-перетворювачі. Типові комбінації вхідної та вихідної напруги складають 3.3-3.3 В, 5-5 В, 3.3-5 В. Наведена на рис. 2 плата RECOM (R-REF03-CAN1) є готовим рішенням для швидкого створення прототипів систем із шиною CAN.

Малощумні перетворювачі

Велика кількість датчиків мають низьку вихідну

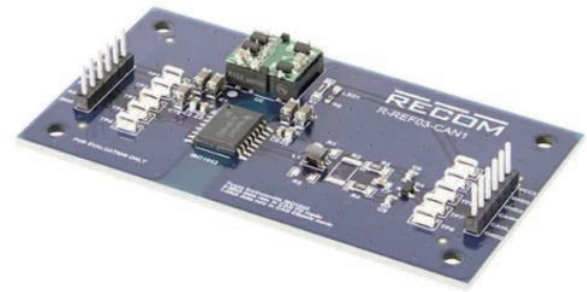


Рис. 2. Плата RECOM R-REF03-CAN1

напругу. Наприклад, напруга термопари може становити 1 мВ при 25 °С. Підсилювачі сигналу термпар з великим коефіцієнтом підсилення чутливі до синфазного шуму, тому потрібне використання малошумного джерела живлення.

Пульсації типового нестабілізованого DC/DC-перетворювачі становлять 60-100 мВ, що може впливати на процес виміру. Для вирішення цього завдання, RECOM пропонує регульовані DC/DC-перетворювачі з аналогічним розташуванням виводів, що поєднують переваги ізольованих DC/DC-перетворювачів, стабільність та малий шум лінійного регулятора.

Наприклад, RIZX-0505 забезпечує стабільну вихідну напругу 5 В з рівнем шуму 30 мВ (розмах напруги пульсацій). Якщо цього недостатньо, використання найпростішого фільтра (рис. 3) дозволяє знизити рівень шуму до 2 мВ для створення малошумного (-68 дБ) ізольованого джерела.

Перетворювачі з високою вхідною та малою вихідною напругою

Звичайні лінійні регулятори є надійним і бюджет-

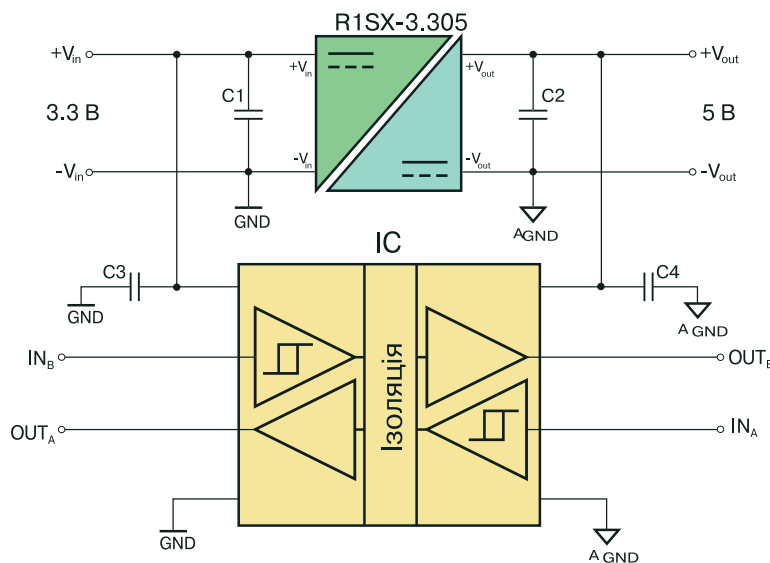


Рис. 1. Ізольований послідовний інтерфейс

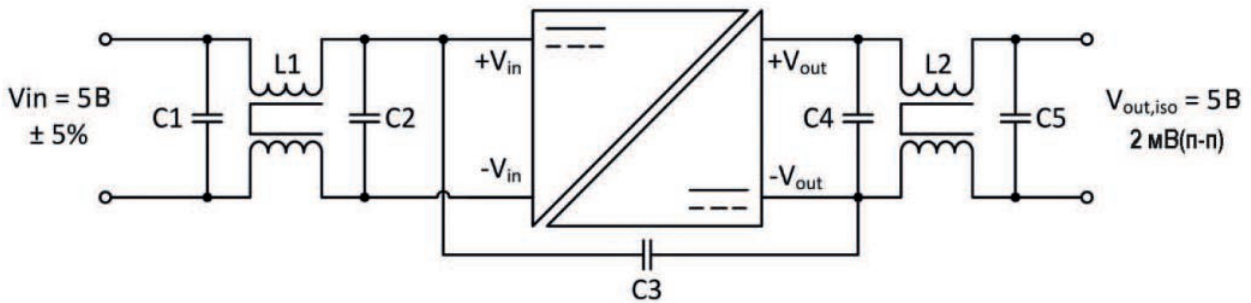


Рис. 3. Ізольований DC/DC-перетворювач з додатковим фільтром на виході

ним рішенням при зниженні вхідної напруги до рівнів, що підходять для живлення ТТЛ і КМОН логіки, але їх ККД є досить низьким, що обмежує максимальний вихідний струм через великі втрати та розсіювання тепла. Імпульсні DC/DC-перетворювачі перетворюють вхідні 24 В у 5 В зі струмом 1 А, споживаючи всього 208 мА по входу – це в 4 рази менше, ніж потрібно лінійному регулятору. Таким чином, використання імпульсним регулятором ізольованих DC/DC-перетворювачів більш ефективно в багатоканальному контрольно-вимірному обладнанні.

Перетворювачі напруги з однополярним входом та біполярними виходами

Найчастіше DC/DC-перетворювачі – найпростіше, недороге та найбільш ефективне рішення для отримання біполярного живлення. Компанія RECOM пропонує широкий спектр рішень з біполярними виходами (± 5 , ± 12 або ± 15 В), які підходять для організації живлення операційних підсилювачів. Доступні моделі з вихідною потужністю від 250 мВт для жив-

лення малопотужних пристроїв і до 40 Вт для великих багатоканальних систем. Прикладом застосування є вимірювання струму у перетворювачі на стороні з високою напругою. Оскільки вимірювальний резистор безпосередньо під'єднаний до високої напруги AC або DC, використовується ізольований операційний підсилювач для вимірювання падіння напруги на шунті. Потенціал виходу ізольованого біполярного джерела живлення не з'єднаний із загальною землею (0 Viso) та може бути безпосередньо приєднаний до входу підсилювача (рис. 4).

ЛІТЕРАТУРА

1. Test and Measurement / <https://recom-power.com/en/applications/test-measurement/recom-test-measurement.html>?
2. https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.fD_eogfY/.tc19e3c8e94f6e89a17af/Datasheet-71/R1SX.pdf

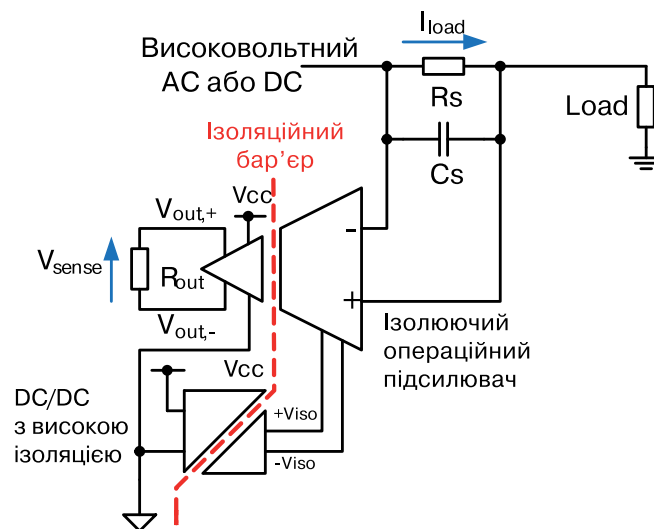


Рис. 4. Використання ізольованого біполярного джерела живлення для вимірювання струму на стороні з високою напругою

ВОСЬМИКАНАЛЬНИЙ ОСЦИЛОГРАФ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ R&S MXO 5 ВІД КОМПАНІЇ ROLHDE & SCHWARZ

EIGHT-CHANNEL OSCILLOSCOPE OF THE NEXT GENERATION R&S MXO 5 FROM ROLHDE & SCHWARZ

Стаття підготована за результатами повідомлень компанії Rohde & Schwarz.

Abstract - The article article was prepared based on the results of the Rohde & Schwarz company's reports..

V. Макаренко

V. Makarenko

Вперше в галузі Rohde & Schwarz представляє свої нові восьмиканальні осцилографи R&S MXO 5 наступного покоління, спираючись на свою технологію ASIC для обробки MXO-EP. Доступні осцилографи з чотирма (R&S MXO 4) або вісьмома каналами (R&S MXO 5).

Основні характеристики осцилографів:

- смуга пропускання 4 каналних моделей 350 МГц...2 ГГц, 8 каналних 100 МГц...2 ГГц
- найшвидший у світі осцилограф зі швидкістю оновлення > 4,5 мільйонів сигналів на секунду
- роздільна здатність по вертикалі 18 біт (12-бітний АЦП)
- найбільша в своєму класі стандартна пам'ять 500 мільйонів точок
- найбільша в галузі одночасна швидкість отри-

мання спектру 45 000 ШПФ/с, до 4 спектрів одночасно

- 15.6-дюймовий емнісний сенсорний екран із роздільною здатністю Full HD.

Інженери можуть фіксувати складні деталі сигналу та рідкісні події з надзвичайною точністю. R&S MXO 5 має цифрову синхронізацію на всіх восьми каналах, щоб точно з'ясувати короткі аномалії сигналів.

Висока швидкість спектрального аналізу дозволяє проводити тестування електромагнітних завад і гармонік з високою точністю.

Серія R&S MXO 5 пропонує стандартну пам'ять одночасного збору 500 млн. точок по всіх восьми каналах або вдвічі більше стандартної пам'яті конкурентів. Обсяг пам'яті можна використовувати для





збору великої кількості даних. Крім того, опція розширення пам'яті може подвоїти тривалість запису до 1 мільярда точок для найбільш вимогливих додатків. Надзвичайний об'єм пам'яті в осцилографі R&S MXO 5 має вирішальне значення для широкого спектру завдань з усунення несправностей, дозволяючи фіксувати сигнали на тривалих періодах часу та зберігати точну інформацію про пропускну здатність навіть із повільними налаштуваннями часової розгортки.

Будучи першим восьмиканальним осцилографом із цифровим запуском, R&S MXO 5 встановлює новий стандарт аналізу сигналів. Цифрова синхронізація перевершує всі інші типи синхронізації осцилографа з високою чутливістю – 0.0001 ділення. Чутливість допомагає точно ізолювати невеликі аномалії фізичного рівня, навіть якщо присутні великі сигнали. Жоден інший інструмент на ринку не може зрівнятися з такою чутливістю системи синхронізації. Цифрова система синхронізації ідеально доповнює високу роздільну здатність в каналі вертикального відхилення – 18-бітну архітектуру, щоб інженери могли повністю використовувати точність R&S MXO 5.

Великий 15.6-дюймовий емнісний сенсорний екран із роздільною здатністю Full HD та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача оптимізують строки навчання користувачів та надають осцилографам R&S MXO 5 захоплююче візуальне враження. Невеликі розміри та першокласне кріплення VESA роблять осцилографи ідеальними для будь-якого робочого місця інженера. R&S MXO 5 має найнижчий у галузі рівень чутного шуму, який є тихішим, ніж шепіт, для цілеспрямованого лабораторного середовища, де інженери можуть точно виконувати свої завдання.



Осцилографи R&S MXO 5 доступні в чотирьох- та восьмиканальних моделях із діапазонами смуги пропускання 100 МГц, 200 МГц, 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц і 2 ГГц. Восьмиканальні моделі починаються від 19 500 євро, що є найнижчою початковою ціною в галузі в цьому класі приладів. Для користувачів із вимогливими потребами додатків доступні різні варіанти оновлення, такі як 16 цифрових каналів із опцією осцилографа змішаних сигналів, інтегрований двоканальний генератор з максимальною частотою сигналів 100 МГц, можливість декодування протоколів та запуску для шин промислового стандарту та аналізатор частотних характеристик досліджуваних пристроїв для розширення можливостей приладу.

1. www.signalintegrityjournal.com/articles/3324-evolved-for-more-challenges-rohde-and-schwarz-adds-eight-channel-r-and-...

2. https://www.rohde-schwarz.com/us/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rs-mxo-5-oscilloscope_334228.html

Зміст журналу ЕКіС за 2023 р. Contents of Journal in 2023

Перелік містить усі статті та короткі повідомлення, опубліковані у 2023 році. Публікації згруповані за рубриками та розташовані в порядку зростання номера журналу (чисельник дробу) та номера сторінки (знаменник дробу).

НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ

Д. Кері Як створити прототип зарядного пристрою для акумуляторного джерела живлення типу Power Bank без додаткових витрат апаратури	1/3
О. Дріссен Введення в згорткові нейронні мережі: що таке машинне навчання?	1/8
В. Романов Засоби вимірювання концентрації речовин у рідині	2/3
Б. Рейсс У якому випадку MEMS-акселерометр є найкращим вибором	2/7
В. Романов Як експрес-тестування вдома може змінити діагностику вірусних захворювань	2/9
В. Романов Серія стандартів IEC 62443: як захищатися від кібератак на інфраструктурні об'єкти	3/53

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

О. Дріссен Навчання згорткових нейронних мереж	2/12
О. Дріссен Апаратна реалізація згорткових нейронних мереж	2/15
В. Романов Нові технології виробництва "чистої" енергії – потужний стимул для розвитку мікроелектроніки та систем управління на її основі	2/21
В. Романов Як новий підхід в охороні здоров'я залежить від цифровізації медичної галузі	2/25
В. Романов Перспективи розвитку світової енергетики та проблема зниження викидів CO ₂	2/28
В. Романов Як проектувати двигуни нового покоління для зниження енерговитрат у промисловості	2/32
В. Романов Технологія 3D Time of Flight підтримує персональне фітнес-тренування у домашніх умовах	3/46

П. Морган Чи прискорила пандемія COVID-19 революцію в енергетиці?	3/48
--	------

В. Романов Підвищення продуктивності сільського господарства за допомогою штучного інтелекту	3/27
---	------

Г. Гез Чому кібербезпека за підтримки апаратного забезпечення є важливою для кожної розробки та її застосування	4/31
--	------

ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

В. Романов Носимі смарт-сенсори для оцінки крововтрат при пораненнях або травмах	1/12
---	------

В. Романов, І. Галелюка, А. Вороненко Схемотехнічні рішення для дистанційного медичного моніторингу стану здоров'я хронічних хворих	1/14
--	------

В. Макаренко Датчики TE Connectivity для систем промислового Інтернету речей	1/21
---	------

Г. Мерфі Інтернет речей: що далі?	3/58
--	------

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

В. Макаренко Вибір конденсаторів для мінімізації спотворень у підсилювачах звуку	1/33
---	------

НОВІ КОМПОНЕНТИ

В. Макаренко Мікропотужний операційний підсилювач з максимальною робочою температурою 150 °C	1/41
---	------

С. Бредшоу, К. Нау, Э. Ніколл Багатооборотний датчик положення для обладнання, що працює в умовах аварійних відключень електроживлення	1/44
---	------

В. Макаренко Система роз'ємів TE Connectivity LUMAWISE Endurance	2/36
---	------

В. Макаренко
Електронні запобіжники зворотного струму3/31

В. Макаренко
Процесори сімейства i.MX 8M Plus
від компанії NXP4/40

Т. Ау-Єнг
Операційний підсилювач для електрохімічних
сенсорів4/51

ВИМІРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Ч. Лю, К. Панаро, Э. Клірі
ІМС для електронної аутентифікації
індивідуальних діагностичних тест-систем1/49

С. Хант
Альтернативний спосіб обчислення наведеного
до входу шуму у прецизійних вимірювальних
системах1/53

В. Макаренко
Портативні цифрові осцилографи
R&S@Scope Rider RTH10xx3/3

В. Макаренко
Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz
для оснащення учбових лабораторій3/11

В. Макаренко
Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz
RTM30004/3

В. Романов
Тепловізори – сучасний стан, елементна база
та особливості застосування4/15

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

В. Романов
Безпечний, критично важливий зв'язок потребує
нового, простого у застосуванні підходу3/61

МЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА

В. Романов
Контроль стану діабетиків за допомогою
носимих пристроїв безперервного моніторингу
глюкози3/35

В. Романов
Як піклуватися про літніх близьких3/37

В. Романов
Наносенсорна технологія компанії
PINPOINT SCIENCE для масової швидкої
діагностики інфекційних захворювань3/39

Дж.-Г. Бродерс
Перехід від носимих контрольних приладів
до медичних пристроїв3/42

А. Берт
Клінічна оцінка життєво важливих показників:
як новий аналого-цифровий інтерфейс
допомагає виявити важкі захворювання4/35

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

В. Макаренко
Проектування імпульсного джерела живлення
в онлайн режимі за допомогою SiC MPLAB®1/57

В. Макаренко
Як зменшити рівень пульсацій в джерелах
живлення зі стрибкоподібною зміною струму
навантаження2/41

В. Макаренко
Низькопрофільні драйвери світлодіодів
потужністю 150 Вт компанії MEAN WELL3/20

В. Макаренко
Ультра компактні DC/DC-перетворювачі малої
потужності компанії Resom3/25

Ф. Достал
Ефективні перетворювачі напруги у системах
з батарейним живленням4/54

В. Макаренко
Джерела живлення для випробувального
та вимірювального обладнання від компанії
Resom4/58

ОГЛЯДИ

В. Макаренко
Використання БПЛА та особливості побудови си-
стем протидії дронам ...2/46

ДАТЧИКИ

В. Макаренко
Датчики вологості компанії TE Connectivity2/58

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

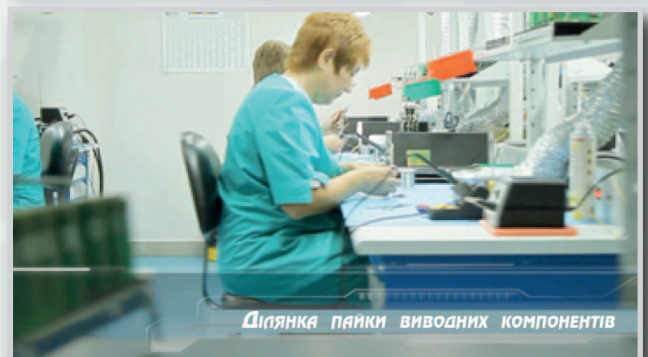
Synaptics Resonate – випромінюючі звук екрани
для мобільних пристроїв Інтернету речей1/63

Як технологія моніторингу робить опріснення
води енергоефективним3/63

В. Макаренко
Восьмиканальний осцилограф наступного
покоління R&S MXO 5 від компанії
Rohde & Schwarz4/61

ЗМІСТ ЖУРНАЛУ

Зміст журналу за 2023 р.4/63



КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОНІКИ

Повний цикл контрактного виробництва електроніки:

- проектування та виготовлення друкованих плат та трафаретів за стандартом IPC-A-600J
- комплексне постачання комплектуючих елементів
- автоматизований монтаж компонентів за технологією SMT та THT, включаючи монтаж у азотному середовищі, відповідно до стандарту IPC-A-610G (до 2 500 000 SMD-компонентів на добу)
- монтаж друкованих плат будь-якої складності при серійному та дрібносерійному виробництві
- нанесення лазерного маркування на друковані плати
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- внутрішньосхемний контроль готових виробів
- нанесення акрилових, силіконових, поліуретанових конформних (захисних) покриттів
- проведення кліматичних випробувань
- проведення механічних випробувань на вібростенді
- різання та зачистка проводів, обтискання контактів, виготовлення кабельних джгутів.

Система менеджменту якості фірми сертифікована на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Автоматизована паяння вивідних компонентів виконується на установці селективного паяння PowerSelective виробництва компанії SENO. Паяння виконується міні-хвилью в азотному середовищі. Швидкість паяння 1...5 секунди на точку. Швидкість паяння роз'ємів 3 мм за секунду.

Україна, 03061, Київ,
вул. Михайла Донця, 6

тел./факс: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (095) 283-8246,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua; www.vdmiais.ua

EKіC

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ І СИСТЕМИ

Науково-технічний журнал.
Призначений для розробників
та виробників електронної
та електротехнічної апаратури,
засобів телекомунікацій, комп'ютерних
та керуючих систем, промислової
та транспортної електроніки.
Видається із 1996 року.
Засновник та видавець журналу –
НВФ VD MAIS.

НВФ VD MAIS

Центральний офіс:

03061 Київ
вул. М. Донця, 6
Тел.: (+38-044) 201-0202, 492-8852
Факс: (+38-044) 202-1110
E-mail: info@vdmajs.ua
[http:// www.vdmajs.ua](http://www.vdmajs.ua)

Ukraine
03061 Kyiv, M. Dontsia St. 6
tel.: (+38-044) 201-0202, 492-8852
fax: (+38-044) 202-1110