

# Покращення вбудованих систем за допомогою I<sup>3</sup>C

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

**У статті наведено декілька варіантів можливого застосування мікроконтролерів з комунікаційним інтерфейсом I<sup>3</sup>C, що пропонують надійний шлях модернізації вбудованих систем та сумісність з реалізаціями I<sup>2</sup>C та SPI.**

У сучасній електроніці вбудовані системи стають дедалі складнішими. Вони містять різноманітні сенсори та компоненти і можуть бути використані в різних областях: IoT, обчислювальна техніка, портативні та чутливі до безпеки пристрої. Щоб задовольнити зростаючі вимоги, *MIPI Alliance* розробив інтерфейс Improved Inter-Integrated Circuit® (I<sup>3</sup>C). I<sup>3</sup>C — це розширений послідовний інтерфейс передачі даних. Він може покращити обмін даними, забезпечуючи більш високу швидкість зв'язку, менше енергоспоживання та покращену гнучкість проектування. Мікроконтролери (MCU) є ключовим елементом вбудованих систем. Вони використовуються для отримання сигналу з сенсорів та керування навантаженням. Наведемо декілька варіантів можливого застосування мікроконтролерів з комунікаційним інтерфейсом I<sup>3</sup>C, що пропонують надійний шлях модернізації вбудованих систем та сумісність з реалізаціями I<sup>2</sup>C та SPI.

## ЗАСТОСУВАННЯ I<sup>3</sup>C ТА IOT

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

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

Протокол I<sup>3</sup>C пропонує кілька переваг для мережевих сенсорних вузлів. Він забезпечує високошвидкісний зв'язок зі швидкістю до 12.5 МГц у режимі Single Data Rate (SDR). Він також підтримує in-band interrupts та динамічну адресацію. При динамічній адресації основний контролер призначає унікальні адреси кожному підключеному пристрою, запобігаючи конфліктам адрес. Порівняно зі своїм попередником I<sup>2</sup>C, I<sup>3</sup>C може похвалитися вищою швидкістю, простішим 2-проводовим інтерфейсом, ефективною структурою протоколу та роботою при нижчих напругах, зменшуючи енергоспоживання. Ці вдосконалення роблять I<sup>3</sup>C більш пристосованим до ефективного керування кількома сенсорними вузлами в підключеній мережі.

Включення недорогого мікроконтролера з вбудованою периферією I<sup>3</sup>C у сенсорні вузли IoT як аналогового «агрегатора» може підвищити функціональність та ефективність усієї сенсорної мережі. У цій конфігурації вбудований в мікроконтролер аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення показань кількох аналогових сенсорів у цифрові значення. Ці цифрові значення можна зберегти у внутрішній пам'яті мікроконтролера для подальшого аналізу або перетворити для більш ефективної передачі. Сукупні дані сенсорів передаються на основний контролер через шину I<sup>3</sup>C з інтервалами, оптимізованими для підвищення ефективності системи.

Очевидна перевага шини I<sup>3</sup>C в системах на основі датчиків стає очевидною, якщо врахувати її здатність мінімізувати складність компонентів, вартість і енергоспоживання за рахунок меншої кількості контактів і проводів у порівнянні з альтернативними комунікаційними інтерфейсами.

Компактний мікроконтролер із інтерфейсом I<sup>3</sup>C стане незамінним рішенням для розробників систем, які орієнтуються на ринок IoT, що полегшує створення успішних пристроїв IoT, які відповідають вимогам цього ринку.

## МНОЖИННІ ПРОТОКОЛИ І МНОЖИННІ НАПРУГИ У ВБУДОВАНИХ ПРИСТРОЯХ

Оскільки технологічні вимоги зростають, розробники вбудованих пристроїв стикаються зі зростаючими проблемами зворотної сумісності. Ця сумісність має вирішальне значення, оскільки дозволяє поступово оновлювати вбудовані системи, а не повністю переробляти їх. Щоб полегшити перехід на I<sup>3</sup>C, новий протокол зв'язку усуває обмеження I<sup>2</sup>C і SMBus, використовуючи ті ж самі два виводи, що й I<sup>2</sup>C, для тактування та передачі даних, щоб зберегти сумісність.

Хоча I<sup>3</sup>C має на меті забезпечити зворотну сумісність із протоколами I<sup>2</sup>C/SMBus, наявність пристрою I<sup>2</sup>C/SMBus на шині I<sup>3</sup>C може вплинути на продуктивність шини, навіть якщо контролер оптимізований для пристроїв I<sup>3</sup>C. Щоб вирішити цю проблему, мікроконтролер з I<sup>3</sup>C може служити мостом, ізолюючи пристрої I<sup>2</sup>C/SMBus від «чистої» шини I<sup>3</sup>C. Це підтримує цілісність шини I<sup>3</sup>C, дозволяючи головному контролеру I<sup>3</sup>C обмінюватися даними з пристроями I<sup>2</sup>C/SPI через мостовий мікроконтролер. Крім того, мікроконтролер може об'єднувати

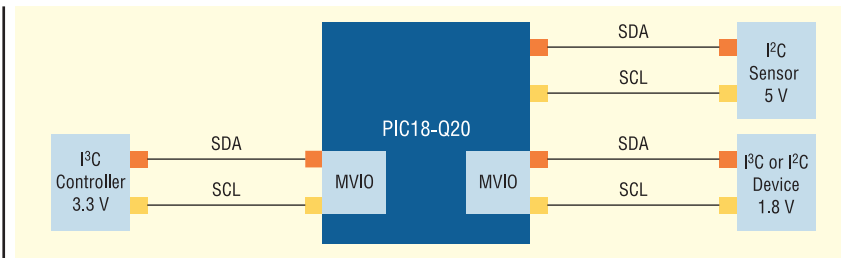


Рис. 1. Передаточна функція

переривання від пристроїв I<sup>2</sup>C/SMBus і передавати їх на головний контролер I<sup>2</sup>C за допомогою in-band interrupts без додаткових виводів або сигналів.

Вбудовані системи містять різні компоненти, такі як мікроконтролери, сенсори тощо. Часто ці компоненти мають бути з'єднані один з одним, але вони працюють на різних рівнях напруги. Наприклад, аналогові сенсори зазвичай працюють за напруги 5 В, тоді як для протоколів зв'язку, таких як I<sup>2</sup>C і SMBus, потрібно 3.3 В. Шина I<sup>2</sup>C може навіть працювати за напруги в 1 В, щоб відповідати вимогам сучасних високошвидкісних процесорів.

Мікроконтролери з функцією Multi-Voltage I/O (MVIO) усувають несумісність по напрузі та потребу в перетворювачах рівнів. Ця функція дозволяє шинам I<sup>2</sup>C і I<sup>2</sup>C/SMBus працювати одночасно при різних напругах. Наприклад, мікроконтролер може запускати шину I<sup>2</sup>C на 1 В, утримуючи шину I<sup>2</sup>C/SMBus на вищому рівні — 3.3 В для сумісності із застарілими пристроями.

Мікроконтролери компанії Microchip PIC18-Q20 з підтримкою MVIO пропонують кілька протоколів зв'язку, таких як I<sup>2</sup>C, SPI, I<sup>2</sup>C і UART, і до трьох незалежних значень робочої напруги (рис. 1). Ця гнучкість виявляється дуже корисною в складних мережевих середовищах, де пристрої використовують різні протоколи та напруги, дозволяючи розробникам вбудованих пристроїв підтримувати існуючі протоколи, водночас забезпечуючи перспективність своїх проєктів.

## СУЧАСНА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА

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

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

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

Твердотільні накопичувачі (*Solid State Drives, SSD*) також широко використовуються в центрах обробки даних для зберігання та швидкого доступу до даних. Новітній форм-фактор SSD — SNIA® Enterprise and Datacenter Standard Form Factor (EDSFF) — використовує протокол I<sup>2</sup>C для допоміжного каналу зв'язку як природне оновлення існуючого протоколу SMBus. I<sup>2</sup>C задовольняє потреби у вищій продуктивності, вищій швидкості передачі даних і покращеній енергоефективності. Високошвидкісний зв'язок I<sup>2</sup>C забезпечує швидше керування шиною та модифікацію конфігурації для покращення гнучкості системи.

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

## ВИСНОВОК

Інтеграція протоколу I<sup>2</sup>C стала поштовхом для подальшого розвитку можливостей вбудованих систем. Розширені комунікаційні можливості, низьке енергоспоживання та сумісність з існуючими протоколами, роблять I<sup>2</sup>C наріжним каменем для наступного покоління IoT та обчислювальної інфраструктури. Завдяки оптимізації сенсорних функцій у пристроях IoT і зв'язку центрів обробки даних, універсальність I<sup>2</sup>C, інтегрована в мікроконтролери, забезпечує міцну основу для еволюції електронних систем. Із розвитком технологій впровадження I<sup>2</sup>C стає повсюдним, забезпечуючи покращену продуктивність, надійність і ефективність у багатьох електронних пристроях.

Для отримання додаткової інформації про мікроконтролери з розширеними можливостями I<sup>2</sup>C відвідайте сайт виробника [www.microchip.com](http://www.microchip.com). CN

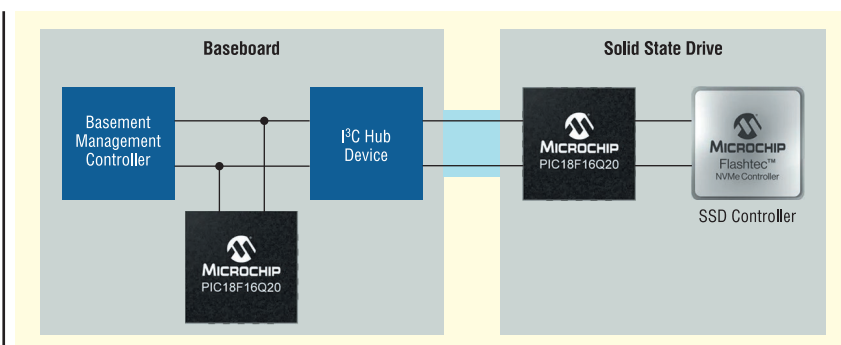


Рис. 2. Мікросхеми сімейства PIC18-Q20 легко підключаються до контролерів SSD і BMC за допомогою допоміжного каналу