Лабораторна робота №1.

Вивчення лабораторного стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit.

Мета роботи: ознайомитися з лабораторним стендом PSoC 6 BLE Pioneer Kit фірми Cypress, основними його компонентами та характеристиками.

Теоретичні відомості.

Розробники компанії Cypress Semiconductor створили нову програмовану систему на кристалі (PSoC) нового покоління PSoC 6 BLE Pioneer Kit [1] і середовище розробки PSoC Creator Integrated Design Environment (IDE) 4.2 [2]. Ці засоби дозволяють почати використовувати PSoC 6 для реалізації додатків Інтернет речей (IoT) та виробів з малим енергоспоживанням.

Нове сімейство PSoC 6 підтримує два процесори: 32-розрядний процесор з ядром ARM® Cortex®-M4, що працює на частоті 150 МГц і 32-розрядний процесор з ядром ARM® Cortex®-M0+ з робочою частотою до 100 МГц, доповнені постійною пам'яттю (Flash) до 1 МБт і оперативною (SRAM) - 288 кБт, вбудованим BLE 4.2 radio, сенсором дотику CapSense®, програмованими аналоговими та цифровими периферійними пристроями. Це забезпечує більшу гнучкість при налаштуванні проекту та зменшує час від розробки до впровадження. Двохядерна архітектура дозволяє оптимізувати енергоспоживання: основне ядро залишається в сплячому режимі, а допоміжне ядро підтримує операції з малим споживанням потужності. Згідно технічних характеристик, PSoC BLE 6 - самий гнучкий мікроконтролер з вбудованою підтримкою Bluetooth Low Energy і апаратними засобами захисту, який характеризується найнижчим енергоспоживанням.

Стенд PSoC 6 BLE Pioneer ϵ сумісним із ArduinoTM. На ньому знаходяться PSoC 6 MCU, 512 M6 пам'яті NOR flash, програматор/налагоджувач (KitProg2), USB Туре-С система доправки потужності (EZ-PDTM CCG3), 5-сегментний CapSense слайдер, дві CapSense кнопки, один CapSense головний сенсор близькості, RGB LED світлодіод, два користувацькі світлодіоди та одна кнопка. Плата підтримує робочі напруги від 1.8 В до 3.3 В для PSoC 6 MCU.

До складу пакету CY8CKIT-062-BLE (рис. 1.1) входять: CY8CKIT-028-EPD E-INK дисплейний екран, що містить 2,7-дюймовий дисплей E-INK, сенсор руху, термістор, та PDM мікрофон. Набір пакету також включає CY5677 CySmart BLE 4.2 USB Dongle - запрограмований виробником для емуляції BLE GAP Central пристрою, що дає можливість емулювати BLE хост на вашому комп'ютері. Також в набір пакету входять: кабель USB Туре-A to Туре-C; чотири дротові перемички довжиною по 4 дюйми кожна; два дротові сенсори близькості по 5 дюйм кожний; короткий опис CY8CKIT-062-BLE.

Для вивчення основ PSoC 6 MCU і PSoC Creator IDE можна скористатися вступною інформацією додатку AN210781 — "Початок роботи з PSoC 6 MCU з підтримкою з'єднання Bluetooth (BLE) з низьким споживанням потужності".



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд компонентів набору PSoC 6 BLE Pioneer Kit

Розглянемо детально будову плати стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit, вигляд зверху якої зображений на рис. 1.2.

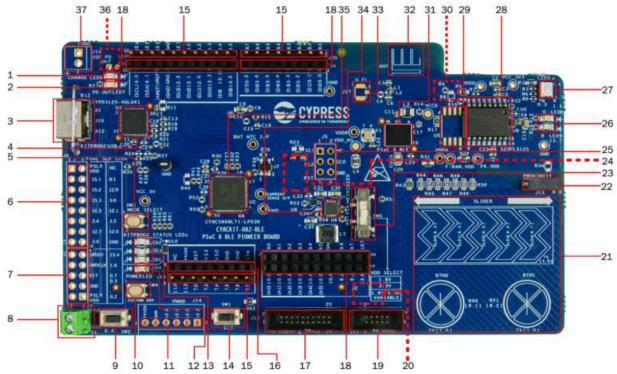


Рис. 1.2. Вигляд зверху плати стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit

На ній знаходяться наступні компоненти:

1. Індикатор заряду акумулятора (LED6). Цей індикатор засвічується тоді, коли заряджається літієво-залізний полімерний (lithium-iron polymer) акумулятор, під'єднаний до J15. Необхідно пам'ятати, що розняття

акумулятора та акумулятор не входять до комплекту, і його слід придбати окремо, якщо потрібно перевірити функцію зарядки акумулятора.

- 2. Індикатор наявності вихідної напруги USB PD (LED7); Цей світлодіод засвічується, якщо вихід для подачі живлення USB Туре-С доступний для використання.
- 3. Розняття USB KitProg2 (J10): USB-кабель разом із комплектом PSoC 6 BLE Pioneer Kit з'єднується з ПК, щоб використовувати програматор і налагоджувач KitProg2 та забезпечити живлення цього стенду. Розняття J10 також використовується для подачі живлення USB Type-C.
- 4. Контролер порту Cypress EZ-PD TM CCG3 Type-C із PD (CYPD3125-40LQXIT, U3): Стенд включає контролер порту Cypress EZ-PD TM CCG3 USB Type-C з системою живлення. Цей пристрій EZ-PD TM CCG3 попередньо запрограмований і може подавати живлення з порту Type-C до розняття J16, одночасно заряджаючи літій-іонний полімерний акумулятор, підключений до J15. Крім того, система подачі живлення може подавати живлення до пристроїв типу Power C або споживача, наприклад, стільникового телефону із потужністю, отриманою від джерела живлення V_{IN} .
- 5. Кнопка вибору режиму програмування KitProg2 (SW3): Ця кнопка може використовуватися для перемикання між різними режимами роботи KitProg2 (фірмове програмування SWD або програмування USB накопичувач/режим CMSIS-DAP). Ця кнопка також може бути використана для забезпечення введення в PsoC 5LP в режимі користувацького застосування.
- 6. Розняття входів/виходів (I/O) KitProg2 (J6)¹: у цьому рознятті виводяться декілька GPIO на плату пристрою KitProg2 PSoC 5LP. Воно включає лінії перетворювачів USB-I²C, USB-UART та USB-SPI. Додаткові виводи PSoC 5LP це прямі підключення до внутрішньої програмованої аналогової логіки PSoC 5LP. Ці виводи також можна використовувати у своїх розробках.
- 7. Розняття (J7)¹ використовується для програмування KitProg2 або додатку користувачем. Це розняття виводить на GPIOs додаткові виводи PSoC 5LP, які можна використовувати у своїх проектах. Воно також містить 5-контактне розняття програмування SWD для PSoC 5LP.
- 8. Розняття (J9) під'єднання зовнішнього джерела живлення VIN. Це розняття під'єднує зовнішнє живлення постійного струму до регуляторів плати стенду та системи подачі живлення USB Туре-С. Вхідна напруга від зовнішнього джерела живлення повинна бути від 5 В до 12 В. Крім того, коли воно використовується як вхід до системи подачі живлення USB Туре-С, зовнішній блок живлення повинен мати достатню потужність для підтримки навантаження, під'єднаного через порт Туре-С.
- 9. Кнопка (SW2) користувача PSoC 6 MCU. Ця кнопка може бути використана для забезпечення введення в мікроконтролер PSoC 6 MCU. При натисканні кнопки, вона за замовчуванням з'єднує вивід PSoC 6 MCU на "землю". Тому потрібно налаштувати вивід PSoC 6 MCU як цифровий вхід з резистором підтягування для розпізнавання натискання кнопки SW2. Ця кнопка також є джерелом виходу з режиму низького енергоспоживання пристрою.

Крім того, цю кнопку можна використовувати для активування керуючого виходу регулятора від PSoC 6 MCU.

- 10. Кнопка (SW4) вибору режиму використання KitProg2. Її можна використовувати для перемикання між режимами програмування KitProg2 та користувацьким режимом програми.
- 11. Розняття сумісних входів/виходів Digilent® PmodTM (J14)¹: Це розняття можна використовувати для підключення до Digilent® PmodTM 1х6-контактних модулів.
- 12. Світлодіодний індикатор живлення (LED4). Цей янтарний індикатор вказує на стан живлення, що подається на PSoC 6 MCU.
- 13. LED1, LED2 та LED3 кольорові індикатори статусу Кіtprog2. Янтарний, червоний та зелений світлодіоди (LED1, LED2 та LED3 відповідно) визначають статус KitProg2.
- 14. Кнопка скидання PSoC 6 MCU (SW1). Ця кнопка використовується для скидання мікроконтролера PSoC 6. Вона з'єднує вивід reset PSoC 6 MCU (XRES) на "землю".
- 15. Головні розняття входів/виходів (I/O) PSoC 6 MCU (J18, J19 і J20). Ці розняття забезпечують під'єднання до PSoC 6 MCU GPIO розняттів, які не під'єднані до сумісних з Arduino. Більшість з цих виводів мультиплексовані з зовнішніми периферійними пристроями і за замовчуванням не під'єднані до PSoC 6 MCU.
- 16. Розняття (J1) Arduino сумісного блоку живлення. Воно забезпечує живлення Arduino плат. Це розняття також має положення, щоб увімкнути стенд, хоча і ε вхід $V_{\rm IN}$.
- 17. Розняття (J12) налагодження і трасування PSoC 6 MCU. Його можна під'єднати до програматора/налагоджувача, сумісного з вбудованим Embedded Trace Macrocell (ETM).
- 18. Розняття J2, J3 та J4 входів/виходів (I/O) стенду сумісні з Arduino Uno R3. Небагато з цих виводів мультиплексовані з вбудованими периферійними пристроями і за замовчуванням не під'єднані до блоку управління PSoC 6.
- 19. Перемикач SW6 вибору режиму програмування (на нижній стороні плати). Він дозволяє вибрати режим програмування вбудованого KitProg2 між вбудованим мікроконтролером PSoC 6 і зовнішнім пристроєм PSoC 4/5/6, під'єднаним до розняття J11.
- 20. Слайдер CapSense (SLIDER) і кнопки BTN0 та BTN1. Сенсорний повзунок CapSense і дві кнопки, кожна з яких здатна працювати як в автономному режимі (CSD), так і в режимі взаємного підключення (CSX). Повзунок і кнопки мають 1-мм акрилове покриття для плавного відчуття дотику.
- 21. Розняття наближення CapSense (J13). До цього розняття можна під'єднати дріт для оцінки характеристики наближення в CapSense.
- 22. Перемикач вибору живлення VDD стенду PsoC 6 BLE (SW5). Він використовується для вибору напруги живлення VDD стенду MCU PSoC 6 між постійною 1,8 В, постійною 3,3 В і змінною від 1,8 В до 3,3 В. В режимі зі

змінною напругою від 1,8 В до 3,3 В програміст може контролювати напругу через KitProg2.

- 23. Перемичка J8² для вимірювання струму стенду PSoC 6 MCU (розташована на нижній стороні плати). До неї можна під'єднати амперметр для вимірювання струму, що споживається платою PSoC 6 MCU.
- 24. Сумісне з Arduino розняття ICSP (J5). Це розняття забезпечує SPI інтерфейс для сумісних з Arduino ICSP дисплеїв.
- 25. Світлодіоди LED8 і LED9 користувача стенду PSoC 6 MCU. Ці два користувацьких світлодіоди можуть працювати у всьому діапазоні робочих напруг PSoC 6 MCU. Світлодіоди засвічуються низьким рівнем сигналу "0". Тому їх виводи повинні бути "заземлені" для того, щоб їх засвітити.
- 26. Червоний/зелений/синій (RGB) світлодіод (LED5). Цей RGB світлодіод керується PSoC 6 MCU. Світлодіоди засвічуються низьким рівнем сигналу "0".
- 27. Послідовна NOR флеш- пам'ять об'ємом 512-Мбіт фірми Sypress (S25FL512S, U4). Цей стенд має флеш пам'ять об'ємом 512-Мбіт, під'єднану до PSoC 6 MCU через послідовний інтерфейс пам'яті (SMIF). Цей NOR пристрій може використовуватися як для зберігання даних, так і коду програми з підтримкою виконання на місці XIP і шифруванням.
- 28. Послідовна оперативна ферроелектрична пам'ять 4-Мбіт RAM (FM25V10, U5¹) фірми Cypress. Місце призначено для під'єднання FM25V10 або будьякого іншого виводу, сумісного з FRAM.
- 29. Перемикач (SW7) вибору керування Vbackup і PMIC (розташований на нижній стороні плати). Переключає під'єднання живлення Vbackup до PSoC 6 MCU між VDDD та суперконденсатором. Якщо вибрано VDDD, то регулятор ON/OFF керується KitProg2. Якщо ж вибраний суперконденсатор, регулятор ON/OFF керується PSoC 6 MCU.
 - 30. Мікроконтролер Cypress PSoC 6 MCU (CY8C6347BZI-BLD53, U1).
 - 31. Антена BLE.
- 32. U.FL розняття для зовнішньої антени (J17)¹. Це розняття можна використовувати для вимірювання провідності, а також для під'єднання зовнішньої антени.
- 33. Основний регулятор напруги MB39C022G (U6), який видає напруги живлення для стенду PSoC 6 MCU. Цей регулятор має два вихідних канали. Один з них забезпечує на основі LDO фіксовану вихідну напругу 3,3 В з 5 В, а інший канал представляє собою понижуючий DC-DC перетворювач, який налаштований на видачу регульованої напруги від 1,8 В до 3,3 В.
- 34. Програматор/налагоджувач KitProg2 (PSoC 5LP) (CY8C5868LTI-LP039, U2). Пристрій PSoC 5LP (CY8C5868LTI-LP039), який входить до складу KitProg2, представляє собою багатофункціональну систему, яка включає в себе програматор, налагоджувач, міст USB-I²C, міст USB- UART і USB-SPI міст. KitProg2 також підтримує користувацькі додатки.
- 35. Розняття J15 батареї (розміщено на нижній стороні плати). Це розняття можна використовувати для під'єднання літій-іонної полімерної батареї.

36. Розняття вихідної напруги 9V/12V USB PD (J16). Це розняття забезпечує вихідну напругу, коли система подачі живлення USB Туре-С отримує живлення від зовнішнього хосту, під'єднаного до J10.

Дисплейний екран CY8CKIT-028-EPD E-INK.

Зовнішній вигляд дисплейного екрану зображений на рис. 1.3.

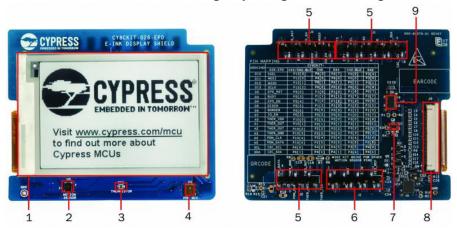


Рис. 1.3. Зовнішній вигляд дисплейного екрану E-INK

До складу дисплейного екрану входять:

- 1. 2,7 дюймовий дисплей E-INK. Це монохромний дисплей з роздільною здатністю 264х176 пікселів. Дисплейний екран E-INK може зберігати свій зміст навіть при відсутності живлення, що забезпечує низьке енергоспоживання.
- 2. Сенсор руху (U5). Це давач прискорення з 3- ма осями та гіроскопічний давач руху з 4-ма осями, який може використовуватися для підрахунку кроків для моделювання крокоміра або аналогічного додатку.
- 3. Термістор (RT1). Цей термістор може використовуватися при реалізації температурної компенсації дисплею або при вимірюванні температури оточуючого середовища.
- 4. Мікрофон PDM (U1). Цей мікрофон перетворює голосові входи в цифрові сигнали з імпульсною модуляцією (PDM).
- 5. Розняття вводу/виводу (J2, J3 і J4) сумісні з Arduino. Ці розняття взаємодіють з GPIO PSoC 6 MCU через розняття J2 на платі стенду.
 - 6. Сумісне з Arduino розняття живлення і вводу/виводу (J1).
- 7. Перемикач управління навантаженням живлення дисплею E-INK (U3). Цей перемикач навантаження може керуватися платою для переключення живлення дисплею E-INK.
- 8. Розняття дисплею E-INK (J5). Це розняття використовується для під'єднання дисплею E-INK до кіл на екрані дисплею E-INK.
- 9. Перетворювач напруги (U2) входів/виходів E-INK дисплею. Цей перетворювач рівнів сигналів входу/виходу дозволяє платі стенду працювати при довільній напрузі від 1,8 В до 3,3 В, що забезпечує інтерфейс постійною напругою 3,3 В для дисплея E-INK.

Позначення та призначення виводів стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit зображено на рис. 1.4.

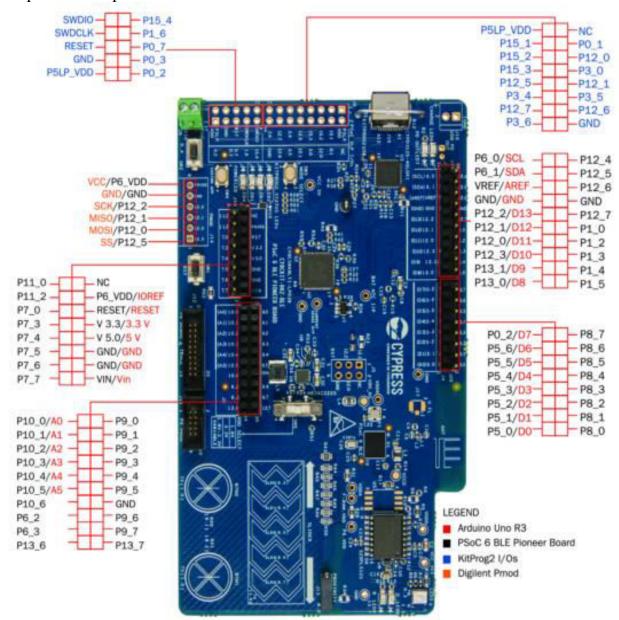


Рис. 1.4. Позначення виводів рознятті стенду BLE Pioneer Kit

CY5677 CySmart BLE 4.2 USB Dongle.

CY5677 CySmart USB Dongle — це міст BLE-USB, який використовує пристрої Cypress PRoCTM BLE (CYBL11573-56LQXI) та PSoC® 5LP (CY8C5868LTI-LP039). Апаратний ключ можна використовувати з Cypress Smart CyM хостом для Windows® для тестування і налагодження пристроїв BLE.

PRoC BLE – це одночиповий додаток з 48 МГц процесором ARM Cortex®-M0, Bluetooth 4.2 radio, технологією CapSense сенсорного дотику, двома послідовними блоками зв'язку (SCB), 12 бітним АЦП, чотирма таймерами/лічильниками/ШІМ, чотирма додатковими ШІМ, І²S для цифрового аудіо і можливістю прямого виводу на сегментний LCD індикатором.

Зовнішній вигляд CY5677 CySmart USB Dongle з описом його розняття зображений на рис. 1.5.

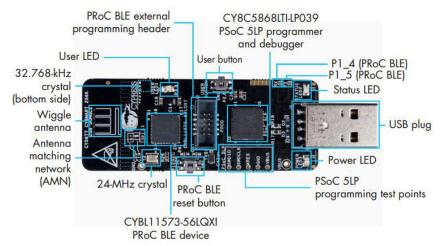


Рис. 1.5. Зовнішній вигляд CySmart BLE 4.2 USB Dongle

Опис апаратного забезпечення.

РЅоС5LР (U2). Вбудований PSоС 5LР (CY8С5868LTI-LP039) використовується як KitProg2 для програмування і налагодження PSоС 6 МСU. PSоС 5LР під'єднується до USB-порту ПК через USB- розняття і до SWD та інших інтерфейсів зв'язку PSоС 6 МСU. PSоС 5LР — це рішення системного рівня, яке забезпечує функції мікроконтролера, пам'яті, аналогових і цифрових периферійних пристроїв в одному кристалі. Сімейство CY8C58LPхх пропонує сучасний метод збору, обробки, управління сигналами з високою точністю, високою пропускною здатністю і високою гнучкістю. Аналогові можливості охоплюють діапазон від термопар (біля напруг постійного струму) до ультразвукових сигналів.

Послідовне з'єднання між PSoC 5LP і PSoC 6 MCU.

Крім використання як вбудованого програматора, PSoC 5LP функціонує як інтерфейс для мостів USB-UART, USB- I^2 C та USB-SPI, як показано на рис. 1.6. Послідовні USB- виводи PSoC 5LP жорстко під'єднані до I^2 C/UART/ SPI виводів PSUC 6 MCU. Ці виводи також доступні у розняттях вводу/ виводу, сумісних з Arduino. PSoC 5LP може використовуватися для управління дисплеями Arduino з інтерфейсом I^2 C/UART/SPI.

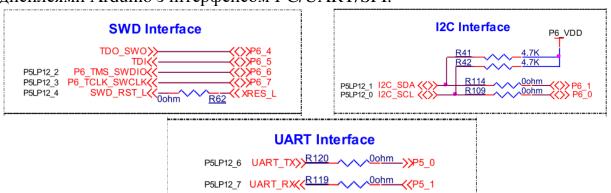


Рис. 1.6. Схема з'єднань програмування та послідовних інтерфейсів Схема перетворювача рівнів для управління потоками інтерфейсів SPI та UART зображена на рис. 1.7.

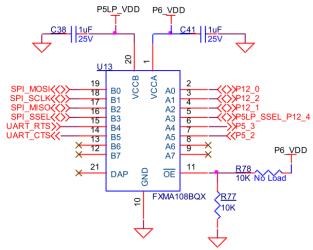
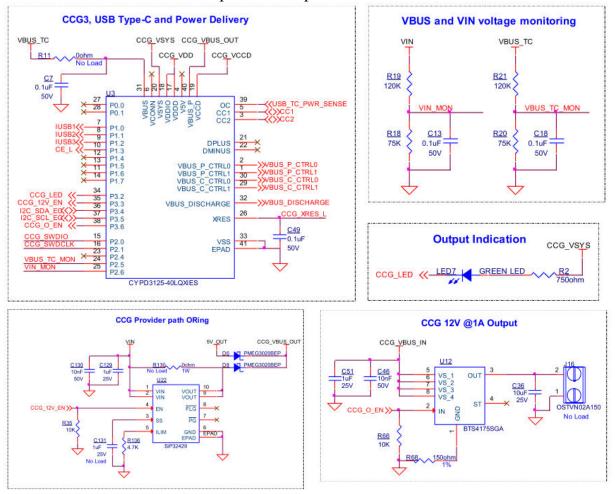


Рис. 1.7. Схема перетворювача рівнів інтерфейсів SPI та UART *Система подачі живлення EZ-PD CCG3*

Cypress EZ-PD CCG3 - це комплексне рішення, яке ідеально підходить для адаптерів живлення, банків живлення, ключів типу С, моніторів та ноутбуків. Схема системи живлення зображена на рис. 1.8.



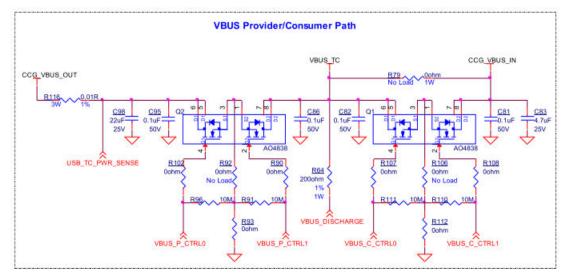


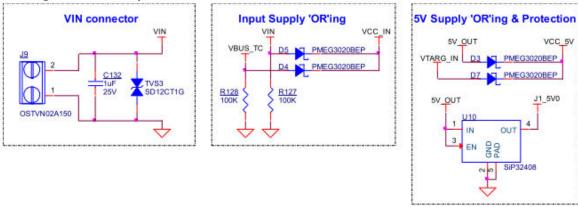
Рис. 1.8. Схема системи подачі живлення EZ-PD CCG3

Система живлення.

Система живлення на цій платі ϵ універсальною. Це дозволяє використовувати вхідне джерело живлення з наступних джерел:

- 5 B, 9 B або 12 B з вбудованого розняття USB Type-C;
- Живлення від 5 В до 12 В від стенду Arduino або від зовнішнього джерела живлення через розняття V_{IN} J9 або J1;
 - 3,7 В від Li-Po акумулятора, под'єднаного до J15;
- 5 В від зовнішнього програматора/налагоджувача, під'єднаного до J11 та J12.

Система живлення розрахована на роботу від 1,8 В до 3,3 В блоку живлення PSoC 6 МСU. Крім того, для роботи схеми подачі живлення та КіtProg2 потрібна проміжна напруга 5 В. Тому для отримання напруг живлення від 1,8 до 3,3 В використовується три регулятори і 5 В – імпульсний регулятор (U21), який генерує фіксовану напругу 5 В з вхідної напруги від 5 до 12 В. Основний регулятор (U6) генерує змінну напругу 1,8 В - 3,3 В і фіксовану 3,3 В на виході U21. На рис. 1.9 зображені схеми регулятора напруги та схем вибору потужності. Крім цього, зарядний пристрій U14 також працює як підвищуючий регулятор. Регулятор U14 підвищує напругу акумулятора, щоб забезпечити 5 В для основного регулятора U6. Ця функція ввімкнена лише тоді, коли VIN та USB-джерела недоступні.



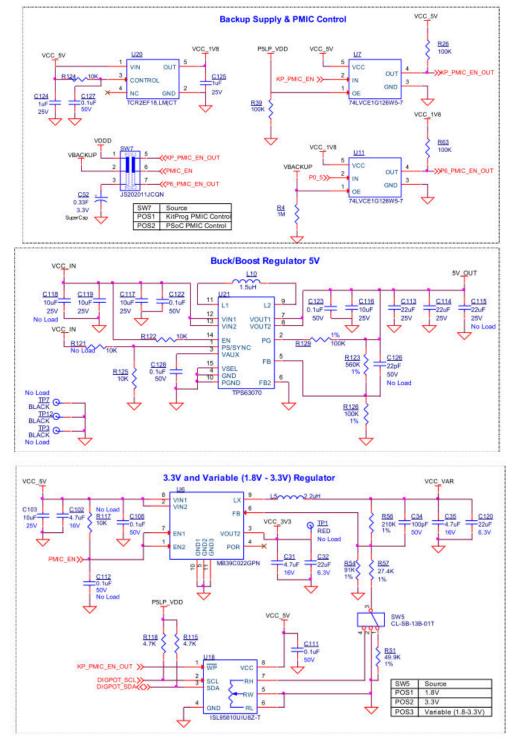


Рис. 1.9. Принципова схема системи живлення

Розняття розширення.

Сумісні з Arduino розняття (J1, J2, J3, J4, та J5).

На платі ϵ п'ять сумісних з Arduino розняттів: J1, J2, J3, J4 та J5 (J5 не розпаяний за замовчуванням). Можна під єднати 3,3 В Arduino-сумісні стенди, щоб розробляти програми на основі апаратних засобів стенду. **Необхідно звернути увагу, що 5 В стенди не підтримуються, а під'єднання стенду з 5 В живлення може назавжди пошкодити стенд.**

Розняття вводу/виводу PSoC 6 MCU (J18, J19 ma J20).

Ці розняття забезпечують можливість під'єднання до GPIO PSoC 6 MCU, які не під'єднані до спільних розняттів Arduino. Більшість з цих виводів

мультиплексовані з периферією стенду і за замовчуванням не під'єднані до PSoC 6 MCU.

Pозняття PSoC 5LP GPIO (J6).

J6 - це розняття 8x2, передбачене на платі стенду для виводу декількох підтримки пінів **PSoC** ДЛЯ розширених функцій, низькошвидкісний осцилограф і низькошвидкісний цифровий аналізатор. Це розняття також містить виводи мосту USB-UART, USB- I^2 C та USB-SPI, які можна використовувати, коли ці виводи недоступні у розняттях Arduino. оскільки під'єднаний стенл. Додаткові виводи **PSoC** під'єднуються безпосередньо до внутрішньої програмованої аналогової логіки PSoC 5LP. У цьому рознятті також ϵ GPIO для користувацьких програм. Розняття Ј6 не запаюється за замовчуванням.

Користувацьке розняття додатку KitProg2.

На платі передбачено розняття 5х2, щоб вивести більше GPIO з PSoC 5LP для використання в користувацьких додатках. Це розняття також показує виводи програмування PSoC 5LP і може бути запрограмований з використанням MiniProg3 і 5-ти вивідного розняття. Розняття J7 не запаяне за замовчуванням.

Коло сенсора дотику CapSense.

Повзунок сенсора дотику CapSense, дві кнопки, кожна з яких підтримує розпізнавання як власної ємності (CSD), так і взаємної ємності (CSX) і давач близькості CSD або (розняття) під'єднані до PSoC 6 MCU. Принципова схема сенсора дотику зображена на рис. 1.10. На платі стенду є чотири зовнішніх конденсатори - CMOD та CSH для CSD, CINTA та CINTB для CSX.

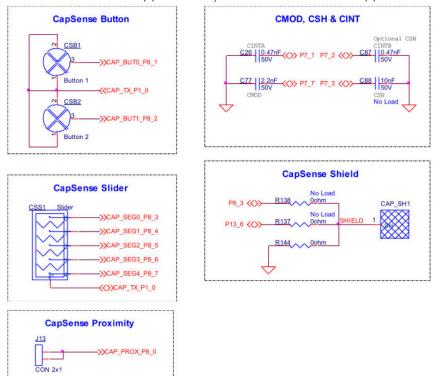


Рис. 1.10. Принципова схема сенсора дотику CapSense

Світлодіоди (LEDs).

LED1, LED2 та LED3 (червоний, бурштиновий і зелений, відповідно) відображають стан KitProg2. LED4 (бурштиновий світлодіод) відображає стан живлення, яке подається на PSoC 6 MCU. Світлодіод LED7 (зелений) відображає стан подачі живлення на J16. Світлодіод LED6 (червоний) індикує стан зарядного пристрою. Плата стенду також має два керованих користувачем світло діоди (LED8 та LED9) і RGB світлодіод, під'єднаний до виводів PSoC 6 МСU для використання в додатках користувачів.

Кнопки натискання стенду.

Стенд PSoC 6 BLE Pioneer Kit має кнопку скидання і три кнопки користувача. Кнопка скидання (SW1) під'єднана до виводу XRES блока управління PSoC 6 і використовується для скидання пристрою. Одна кнопка користувача (SW2) під'єднана до виводу P0[4] блоку управління PSoC 6. Інші дві кнопки SW3 та SW4 під'єднані до пристрою PSoC 5LP для режиму програмування та вибору додатку користувача відповідно. Всі кнопки під'єднуються до землі при активації (активний рівень логічного '0') за замовчуванням. Кнопка користувача (SW2) може бути змінена на активний високий режим змінюючи нульові резистори, зображені нижче, щоб оцінити функцію управління PMIC PSoC 6 MCU. На рис. 1.11 зображена принципова схема кнопок натискання.

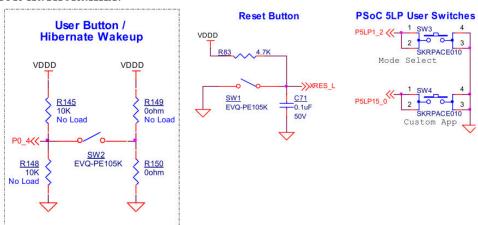


Рис. 1.11. Принципова схема під'єднання кнопок натискання в стенді