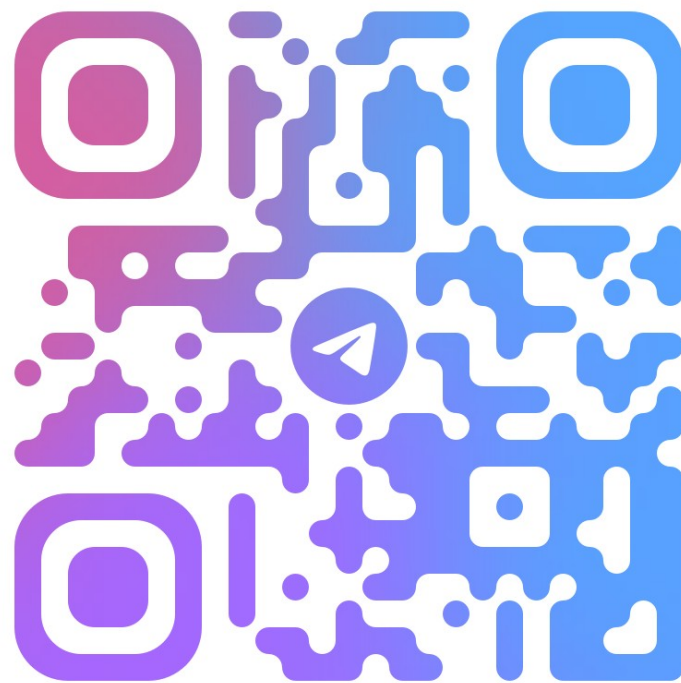


Как начать работать с микроконтроллером?





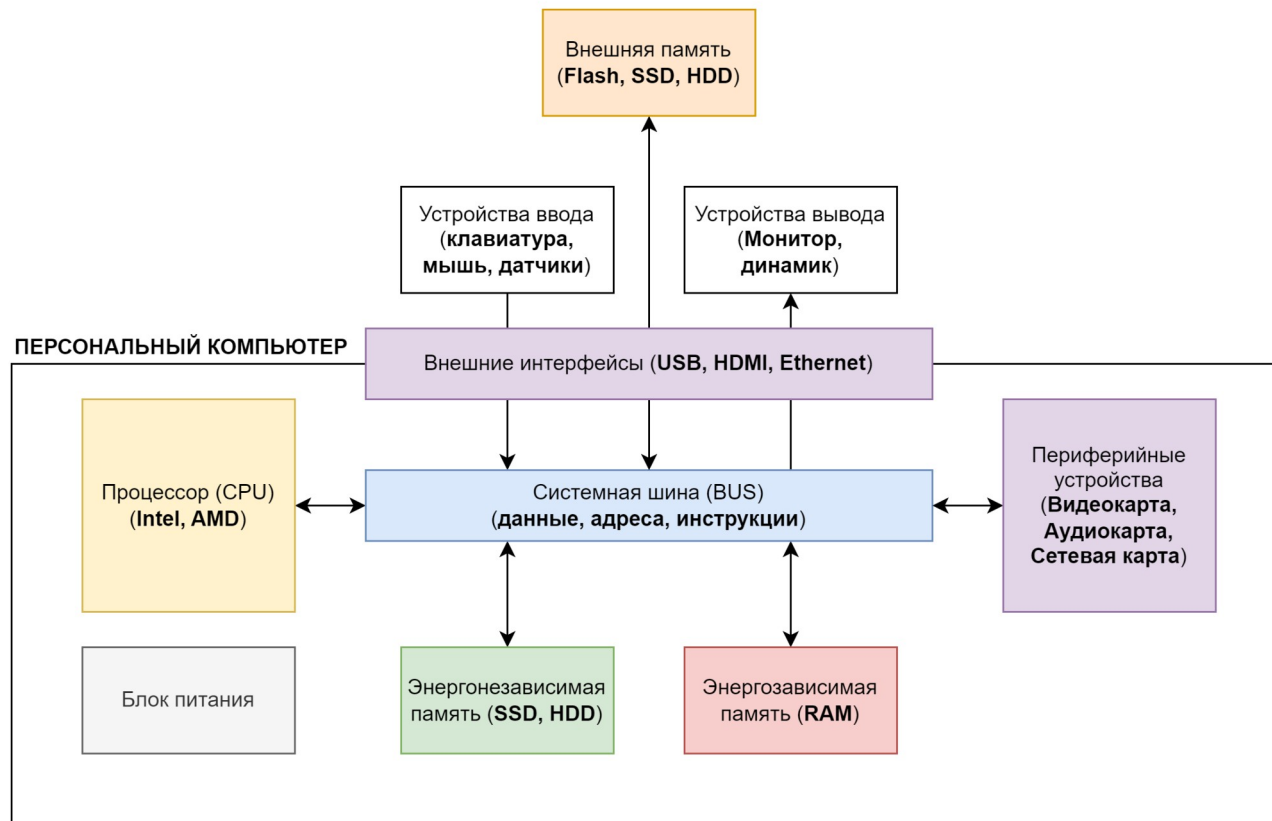
@MCUMIPTRU

Цель занятия

- Понять что такое микроконтроллер, где они используется
- Установить набор программ для сборки прошивок
- Создать первый проект, собрать его и прошить в микроконтроллер

Путь от компьютера к микроконтроллеру

Что такое компьютер?



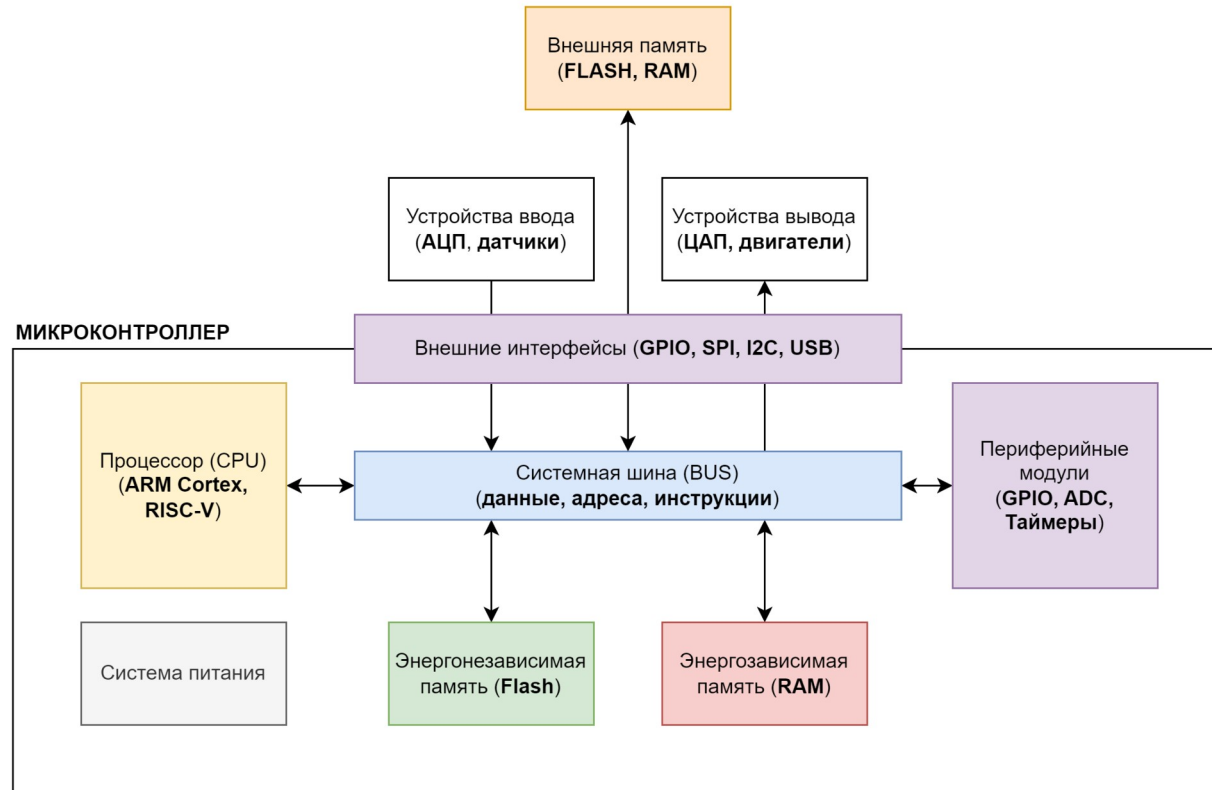
Процессор, микропроцессор, микроконтроллер

- Процессор — устройство с фиксированным набором инструкций, связанное с памятью для получения команд, чтения данных и записи результатов.
- Микропроцессор — это процессор, реализованный в виде одной интегральной схемы, на одном кристалле кремния. Сегодня практически все процессоры создаются именно так, поэтому термины «процессор» и «микропроцессор» часто используются как синонимы.
- Микроконтроллер — интегральная схема, объединяющая процессор, память для команд и данных, а также периферийные устройства.

Микропроцессор vs микроконтроллер

| Компонент | Микропроцессор | Микроконтроллер |
|-----------------------------|----------------|-----------------|
| Вычислительное ядро | встроенная | встроенная |
| Оперативная память (RAM) | внешняя | встроенная |
| Постоянная память (Flash) | внешняя | встроенная |
| Таймеры | внешняя | встроенная |
| АЦП/ЦАП | внешняя | встроенная |
| Интерфейсы (UART, SPI, I2C) | внешняя | встроенная |

Микроконтроллер



Применение микроконтроллеров

Преимущества микроконтроллеров

- Предсказуемое время отклика
- Полный контроль над оборудованием
- Автономность
- Низкая стоимость
- Надёжность
- Работа в сложных условиях

Недостатки микроконтроллеров

- Ограниченная вычислительная мощность
- Малый объём памяти
- Сложность разработки
- Ограниченная переносимость кода
- Меньше готовых решений
- Ограниченные возможности ввода-вывода

Встраиваемые системы

Встраиваемая система (англ. Embedded System) — специализированное вычислительное устройство, встроенное в оборудование для измерения, управления или обработки данных.

Примеры:

- 1. Датчик угла атаки — измеряет угол между крылом и набегающим потоком воздуха. Если угол слишком большой — самолёт потеряет подъёмную силу. Микроконтроллер считывает сигнал с датчика и передаёт данные в систему предупреждения пилота.
- 2. FADEC (управление двигателем) — микроконтроллер получает команду пилота «увеличить тягу», считывает десятки параметров (температура турбины, давление, обороты) и рассчитывает оптимальную подачу топлива. Реакция должна быть мгновенной и точной.
- 3. Противообледенительная система — микроконтроллер следит за температурой воздуха и наличием влаги. При угрозе обледенения автоматически включает обогрев кромок крыльев и датчиков.

Что выбрать?

Микроконтроллер

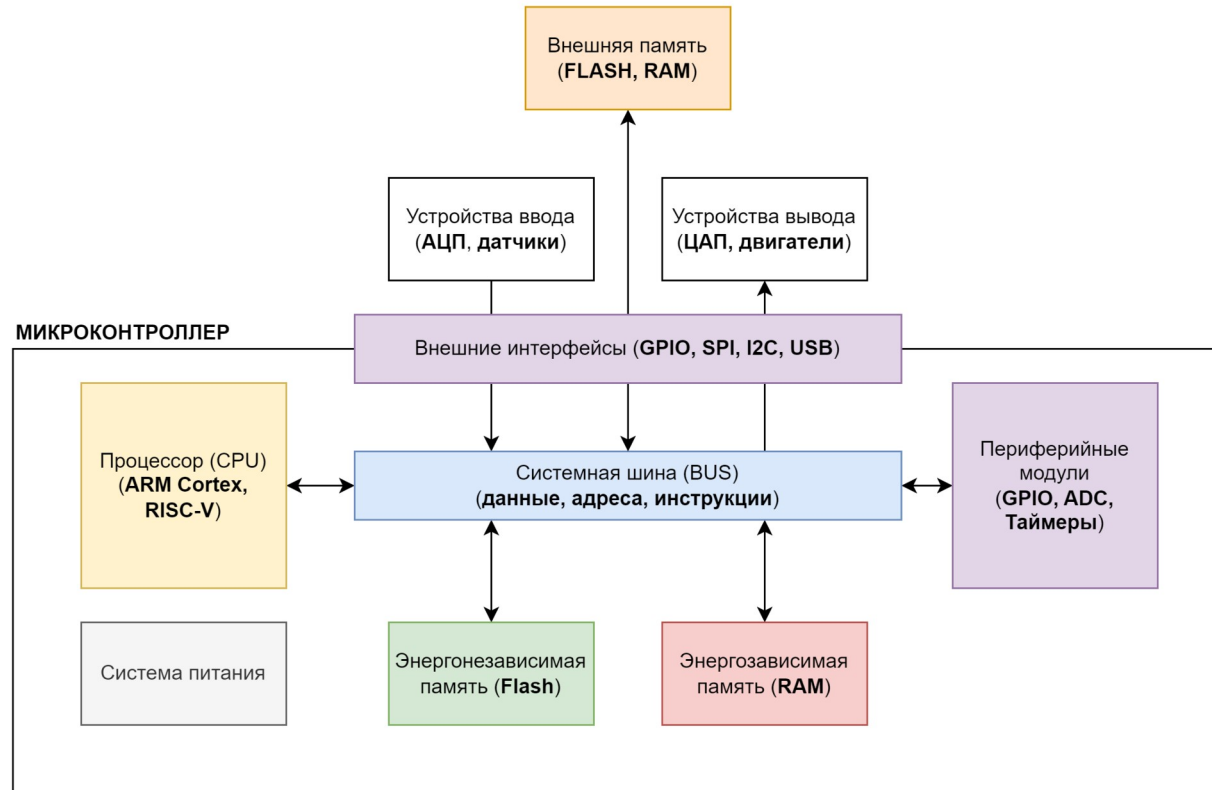
- Нужна работа в реальном времени и быстрая реакция на события
- Нужен полный контроль выполняемых вычислительных операций
- Важно низкое энергопотребление (батарейное питание)
- Нужна низкая стоимость (серийное производство)
- Простая задача (управление, измерение, связь)

Компьютер

- Нужна операционная система (Linux)
- Нужна большая вычислительная мощность
- Нужна сложная работа с сетью (полноценный веб-сервер с базой данных, множество одновременных подключений)
- Нужен графический интерфейс
- Сложная обработка данных (машинное обучение, компьютерное зрение)

Устройство микроконтроллера

Микроконтроллер

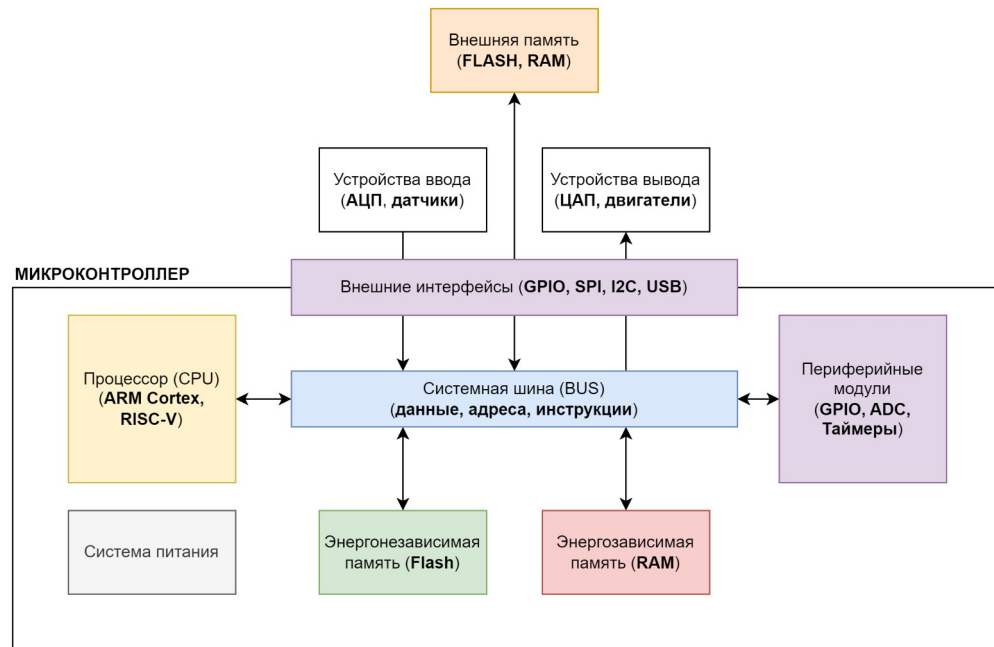
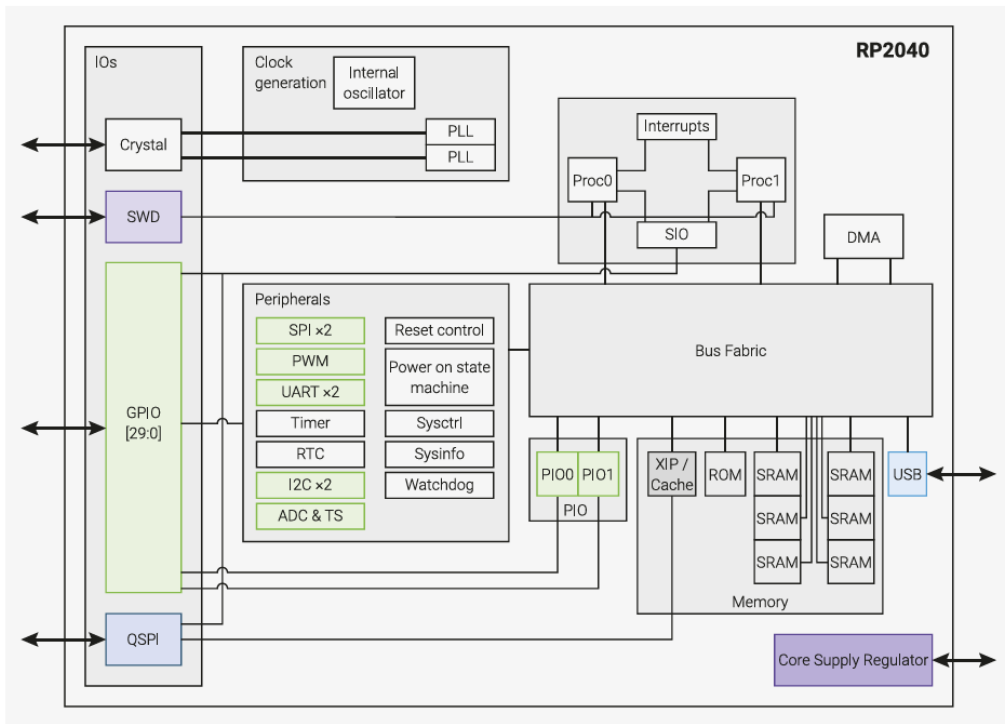


Что снаружи?



- Снаружи микроконтроллер это интегральная схема, чаще всего облачённая в корпус для защиты самого кристалла от физических повреждений, бывают специальные версии микроконтроллеров без корпусов, но это большая редкость.
- По бокам микроконтроллера или снизу выведены множество электрических контактов, которые называются пинами или "ножками" микроконтроллера. Каждый из них имеет собственный функционал и назначение.

Что внутри?



ВПО (прошивка)

Встраиваемое программное обеспечение

- В микроконтроллере обычно нет сложной многозадачной ОС. В простейшем случае программа работает «на голом железе» (Bare metal) — запускается сразу после включения питания без операционной системы.
- Прошивка (firmware, ВПО — встроенное программное обеспечение) — это программа, записанная в энергонезависимую память (Flash) микроконтроллера.

Прошивка vs программа ПК

| Прошивка | Программа ПК |
|--|-------------------------------------|
| Работает без ОС | Запускается под управлением ОС |
| Хранится во Flash МК | Хранится на диске/SD-карте |
| Работает постоянно (пока есть питание) | Можно запустить и остановить |
| Одна программа на МК | Можно запустить несколько программ |
| Программа сама управляет всем | ОС управляет памятью и устройствами |

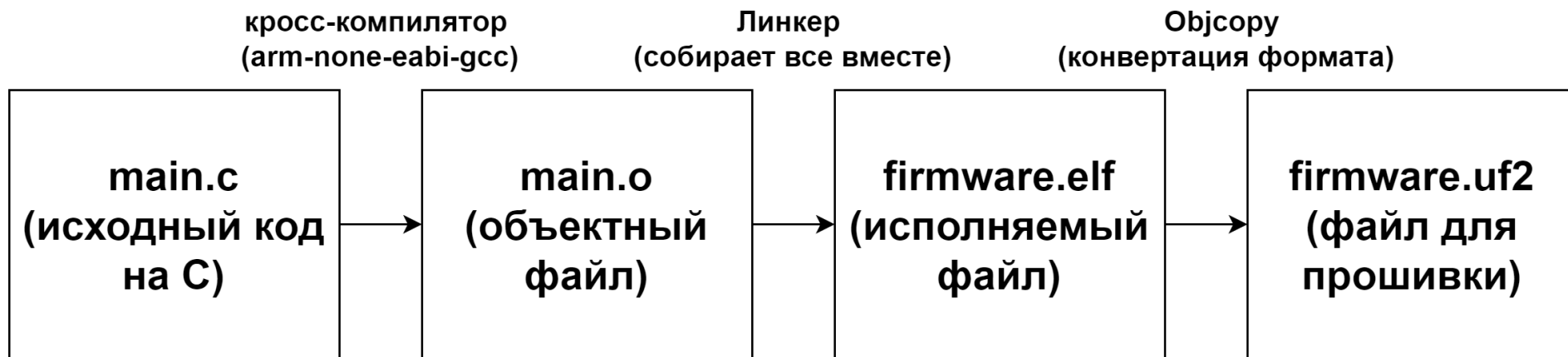
Структура прошивки

Типичная прошивка для микроконтроллера состоит из:

- Инициализация — настройка периферии при старте
- Бесконечный цикл — основная логика программы
- Обработчики прерываний — реакция на события (опционально)

Сборка прошивки

Путь от исходного кода до прошивки



Кросс-компиляция

Когда вы компилируете программу на самом Raspberry Pi для него же, компилятор создаёт код для процессора ARM в Raspberry Pi. Программа компилируется и запускается на одной и той же платформе.

Когда вы создаёте прошивку для микроконтроллера, ситуация другая:

- **Компиляция** происходит на вашем ПК (процессор x86 или ARM)
- **Выполнение** будет на микроконтроллере (процессор ARM Cortex-M)

Это называется **кросс-компиляция** (cross-compilation) — компиляция на одной платформе для выполнения на другой.

Поэтому нужен специальный **кросс-компилятор**. Для ARM микроконтроллеров обычно используется **arm-none-eabi-gcc**.

SDK — готовые программные компоненты

Варианты создания прошивки

Без SDK

- Прочитать 650 страниц datasheet RP2040
- Найти адреса регистров GPIO
- Написать код для записи в эти регистры
- Разобраться с битовыми масками
- Настроить систему тактирования
- ...

С использованием SDK

- Использовать готовую функцию из SDK: `gpio_put(25, HIGH);`

Что входит в SDK?

- Драйверы периферии
- Стартовый код
- Примеры
- Система сборки
- Документация

Программатор и запись прошивки

Программатор

Вы написали код, скомпилировали его и получили файл прошивки (например, **blink.uf2**). Как записать его в микроконтроллер?

Программатор — это аппаратное устройство, которое записывает прошивку во Flash микроконтроллера. Для управления программатором используется специальное программное обеспечение (например, OpenOCD, picotool, ST-Link Utility).

Типы программаторов

Внешний программатор (ST-Link, J-Link)

- Отдельное устройство
- Подключается к компьютеру по USB
- Подключается к микроконтроллеру по SWD или JTAG
- Используется для профессиональной разработки

Встроенный загрузчик (bootloader)

- Программа внутри микроконтроллера
- Позволяет загружать прошивку без внешнего программатора
- Raspberry Pi Pico использует именно этот способ!

Работа с документацией

Datasheet

Что внутри:

- - Характеристики микроконтроллера
- - Распиновка (какой вывод за что отвечает)
- - Электрические параметры (напряжение, ток, температура)
- - Описание периферии

Когда использовать:

- - Нужны характеристики (сколько GPIO? сколько тока выдаёт вывод?)
- - Нужна распиновка (какой пин подключить?)
- - Нужны электрические параметры (можно ли подключить 5V устройство?)

SDK documentation

Что внутри:

- - Описание всех функций SDK
- - Параметры функций
- - Примеры использования

Когда использовать:

- - Нужно понять, как использовать функцию
- - Нужно узнать, какие параметры принимает функция

Examples

Что внутри:

- Готовые рабочие примеры
- Код для GPIO, UART, SPI, I2C и т.д.

Когда использовать:

- Нужен рабочий пример для старта
- Нужно понять, как использовать периферию