



ETU "LETI"
SAINT PETERSBURG ELECTROTECHNICAL UNIVERSITY

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Аппаратное обеспечение IoT

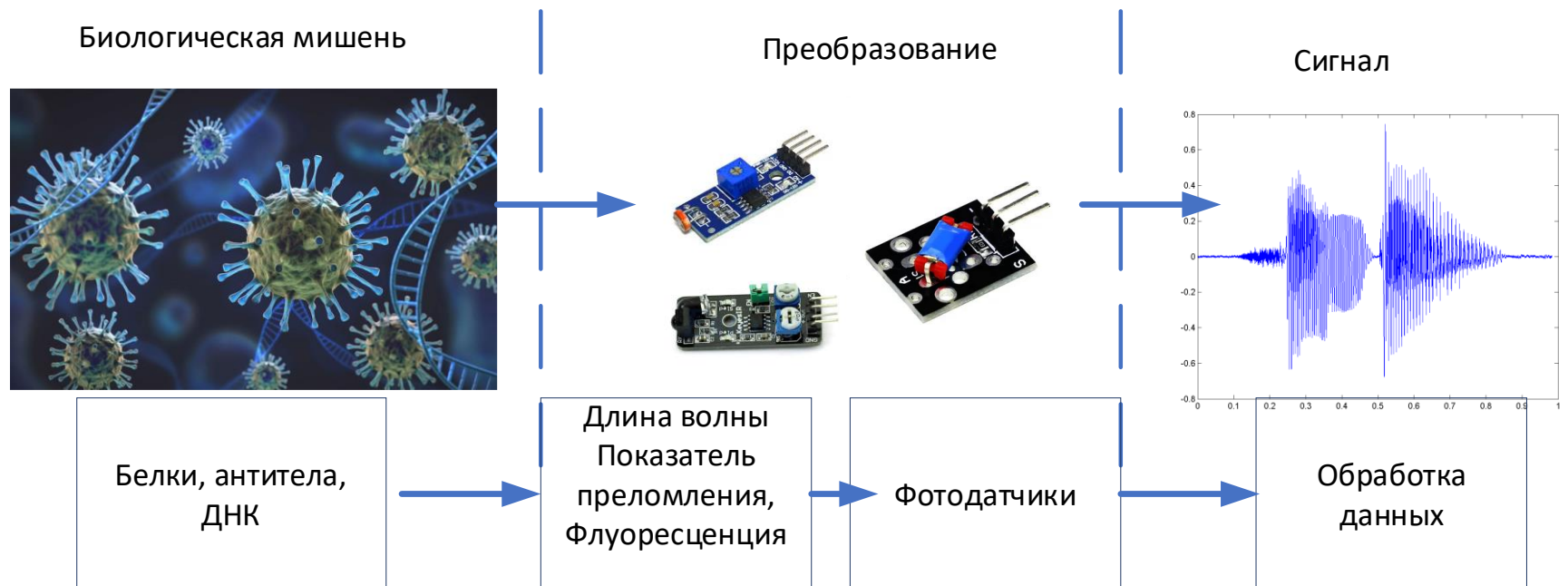
Уровни IoT-архитектуры

- 1 Устройства (датчики, сенсоры), считывающие параметры
- 2 Устройства, выполняющие работу (актуаторы)
- 3 Вычислительное ядро, обеспечивающее логику взаимодействия устройств
- 4 Сеть передачи данных, осуществляющая взаимодействие между устройствами и вычислительным ядром
- 5 Алгоритмы и код

Уровни IoT-архитектуры



Характеристики датчиков



Характеристики датчиков

Для каждого датчика можно вывести соотношение, связывающее сигналы на его входе и выходе которое называют передаточной функцией:

$$S = f(s)$$

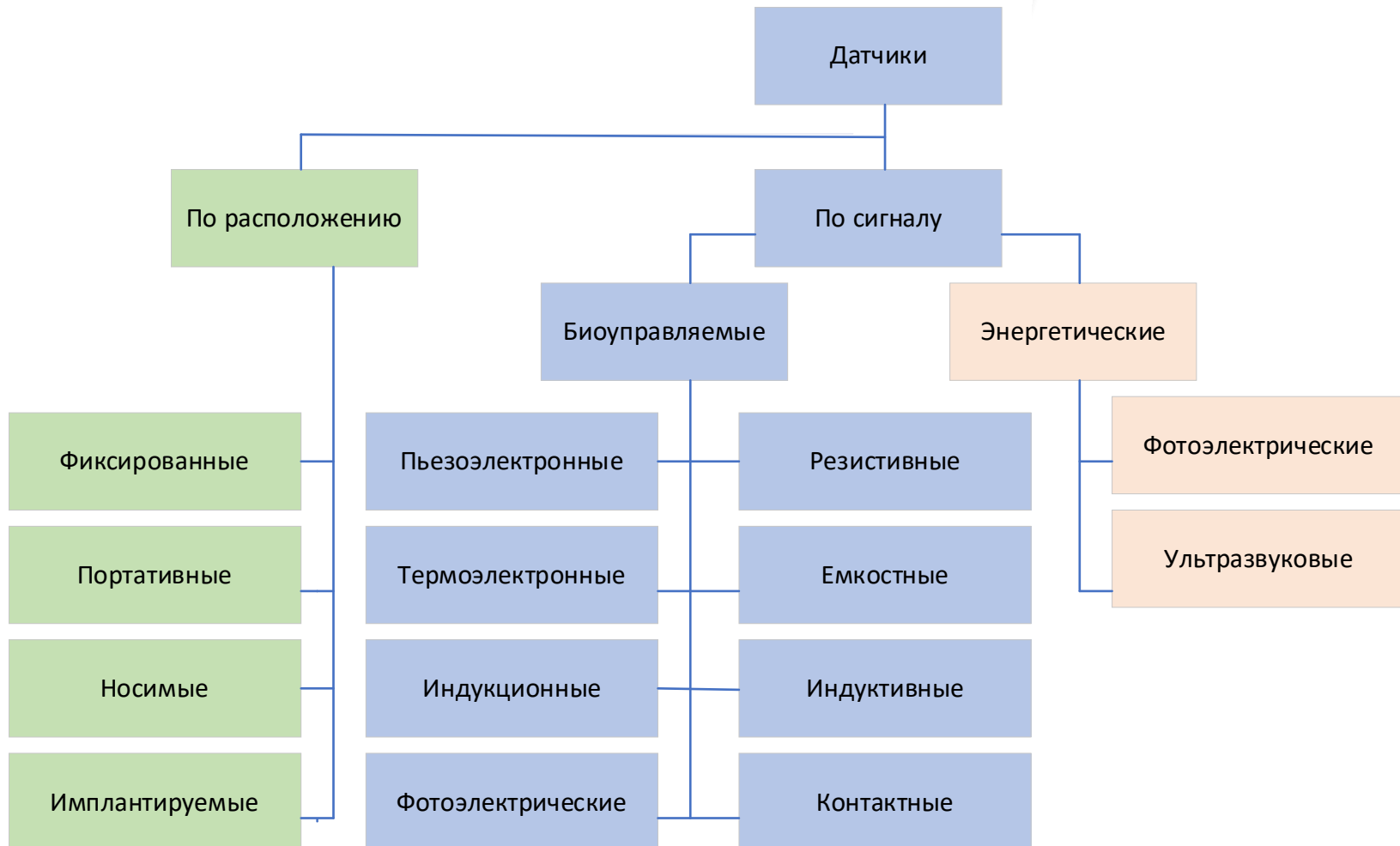
Одномерная линейная функция может быть представлена выражением вида:

$$S = as + b,$$

где b – постоянная составляющая, то есть значение выходного сигнала при нулевом входном, a – угол наклона прямой, называемый чувствительностью датчика.

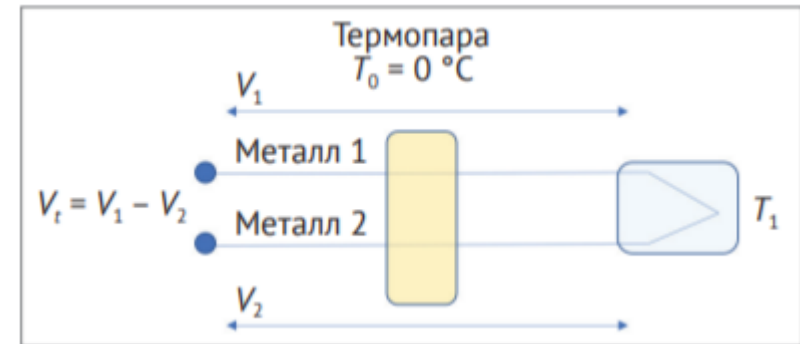
- Диапазон измеряемых значений
- Точность датчика
- Гистерезис
- Воспроизводимость
- Мертвая зона
- Разрешающая способность
- Сигнал возбуждения
- Надежность
- Безопасность
- Время разогрева
- Частота среза
- Фазовый сдвиг

Классификация биомедицинских датчиков

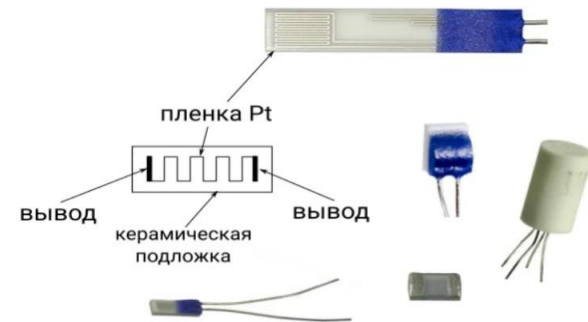


Датчики в медицинских приборах

Термопара – устройство для измерения температуры, содержащих два проводника, изготовленные из двух разных материалов, соединенные в зоне измерения температуры



Резистивные датчики температуры – представляют собой проволочный резистор, который по своей природе имеет два вывода и реагирует на повышение температуры увеличением сопротивления

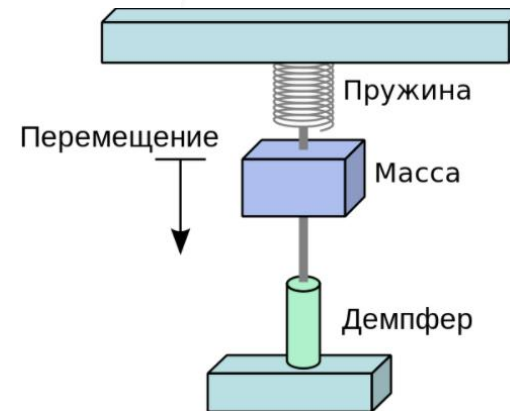


Термисторы- это терморезисторы, с нелинейной зависимостью сопротивления от температуры, что обеспечивает более высокую точность измерений

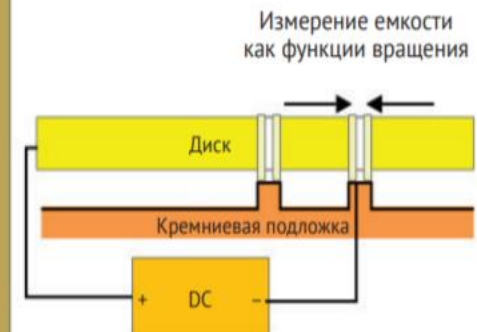


Датчики в медицинских приборах

Акселерометры реагируют на изменение линейного движения и представляют собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе. Отклонение массы от её первоначального положения при наличии кажущегося ускорения несёт информацию о величине этого ускорения.



Гироскоп- устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчёта.

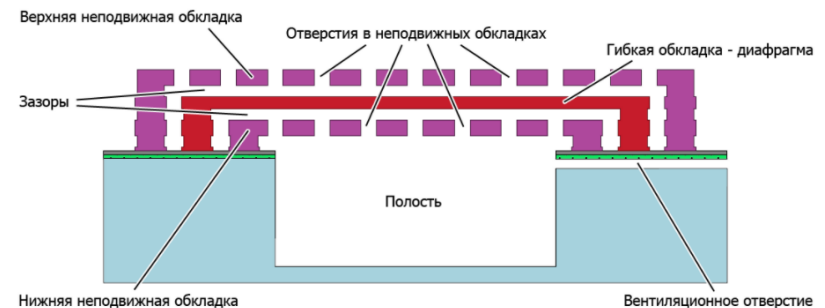
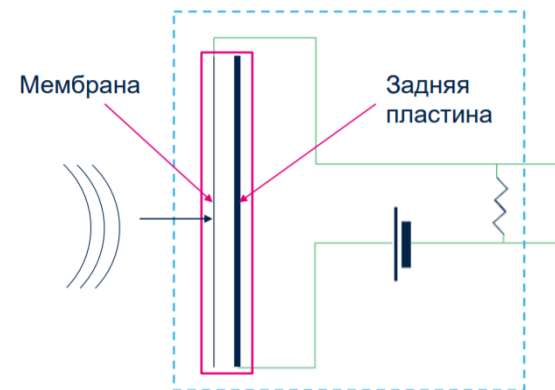


Датчики в медицинских приборах

MEMS микрофон - электроакустический прибор для преобразования звуковых колебаний в электрические

В состав самого MEMS входят: преобразователь звукового давления, неподвижная задняя пластина.

Под воздействием давления воздуха мембрана смещается, изменяя емкость между обкладками. Эти данные пересчитываются и выводятся в виде электрического сигнала на интегральную схему. Именно этот сигнал преобразуется в звук.

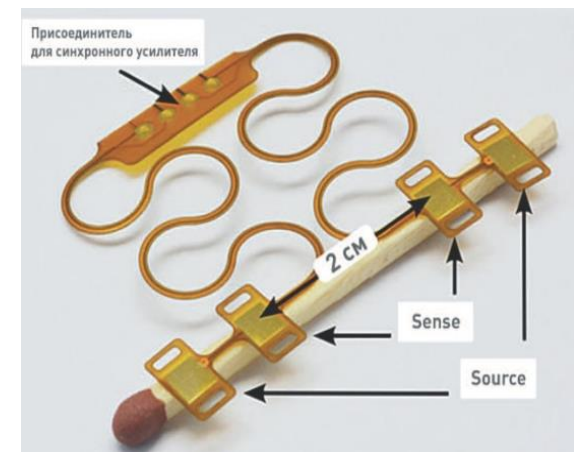


Примеры биосенсоров

Использование электронных тату (e-tattoos), основано на применении сейсмокардиографии. Устройство представляет собой ультратонкий сенсор (28 микрометров) из сети змеевидных нитей из поливинилиденфторида с меденикелевыми электродами, расположенными наверху и внизу



Импедансная плетизмография, осуществляет измерение сосудистого сопротивления путем регистрации растяжения стенки кровеносного сосуда. Прибор состоит из четырех плоских 10 мм² медных электродов на подложке из гибкой полиимидной пленки с подковообразными структурами



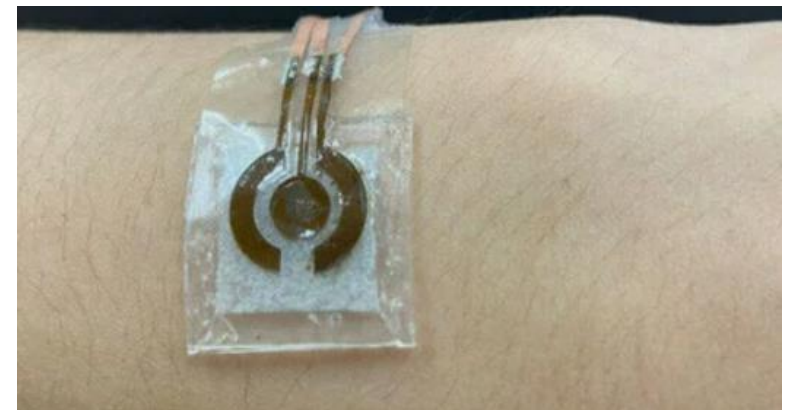
Примеры биосенсоров

Одна из глотательных биосенсорных систем. В основе MyTMed лежит цифровая таблетка, которая состоит из стандартной желатиновой капсулы с уникальной меткой, излучающей радиочастоты.

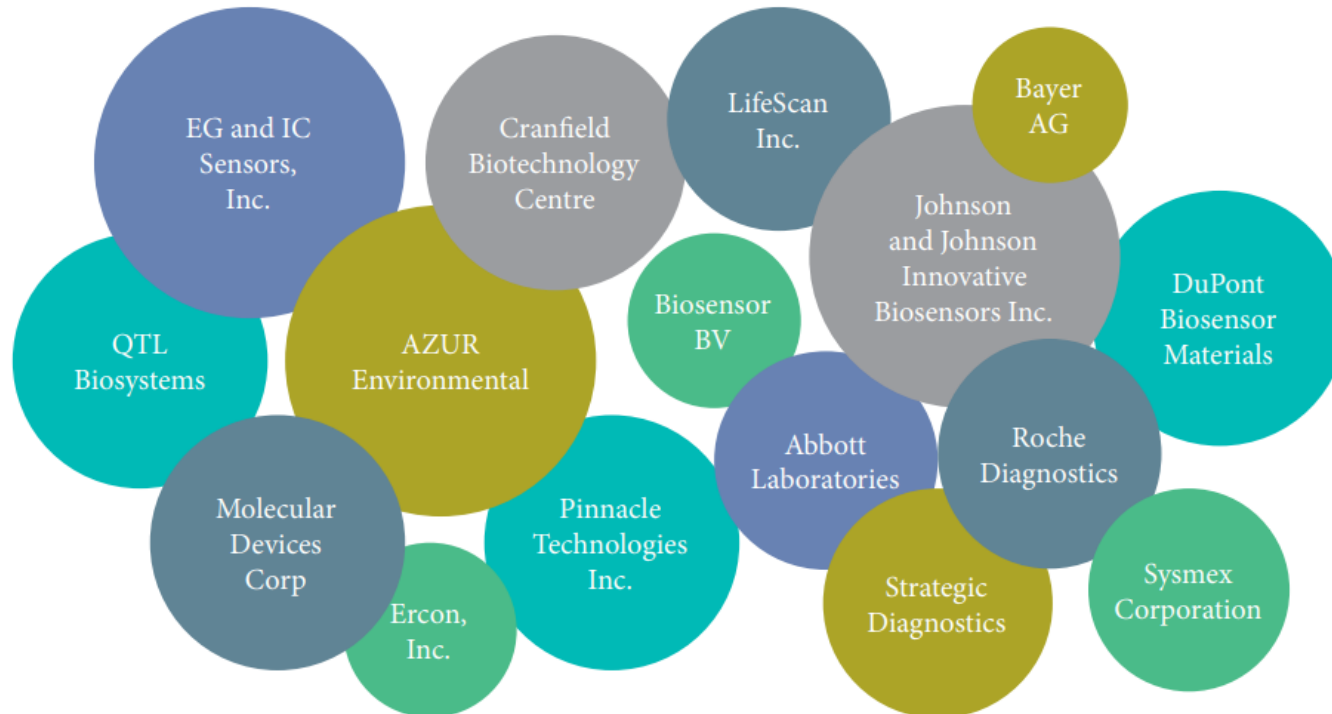
Матрица датчиков пота на основе графена для мониторинга состояния больного диабетом, устанавливается на предплечье. Мультиплексная матрица для мониторинга уровня глюкозы во время тренировки, с одновременным измерением pH, температуры и влажности для коррекции показателей глюкозы.



Цифровая таблетка MyTMed (A) пустая капсула таблетки



Рынок сенсоров



Большинство ИТ-компаний активно инвестируют в отрасль датчиков. Крупные игроки в области ИТ, таких как IBM, Infosys, TCS, расширят рынок биосенсорных технологий. Прогнозируется, что его стоимость к 2025 году достигнет \$35 729,14 млн

Актуаторы

Гидравлические приводы

Пневматические приводы

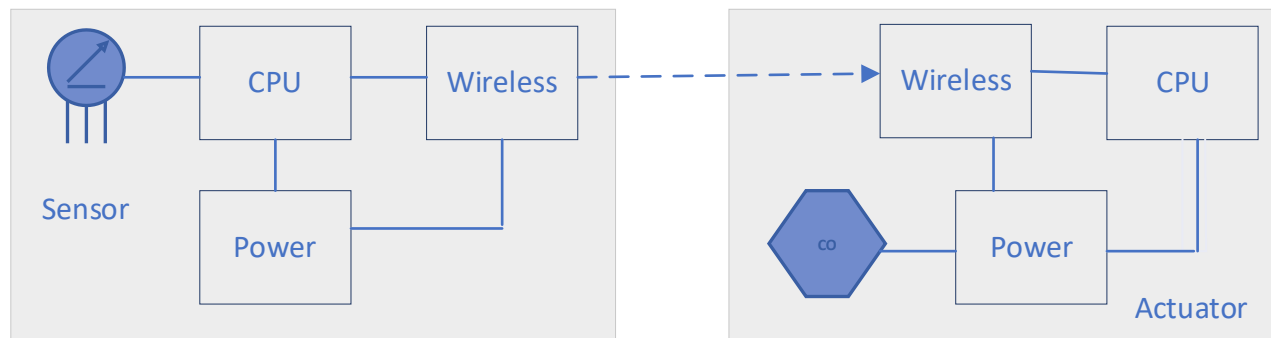
Электрические приводы

Тепловые/магнитные приводы

Механические приводы

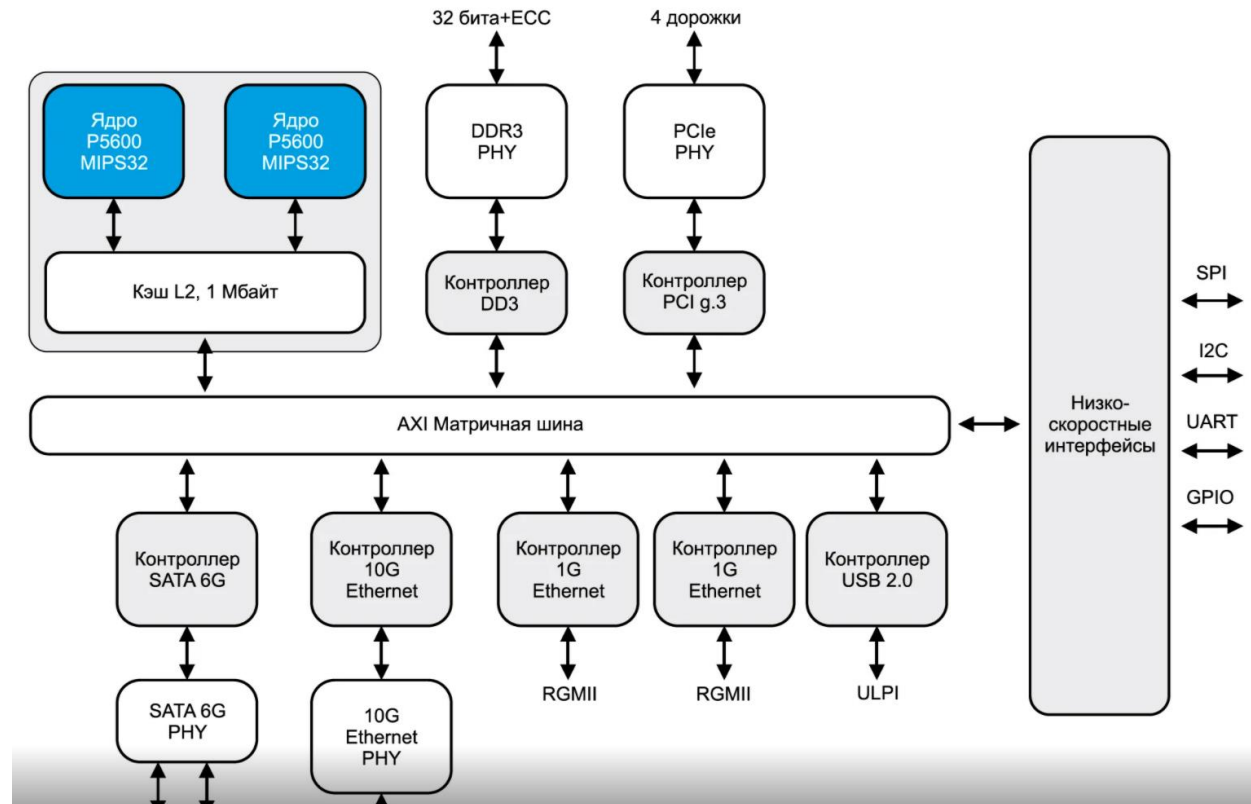
Мягкие приводы, приводы с регулируемой жесткостью

Светоактивируемые полимеры



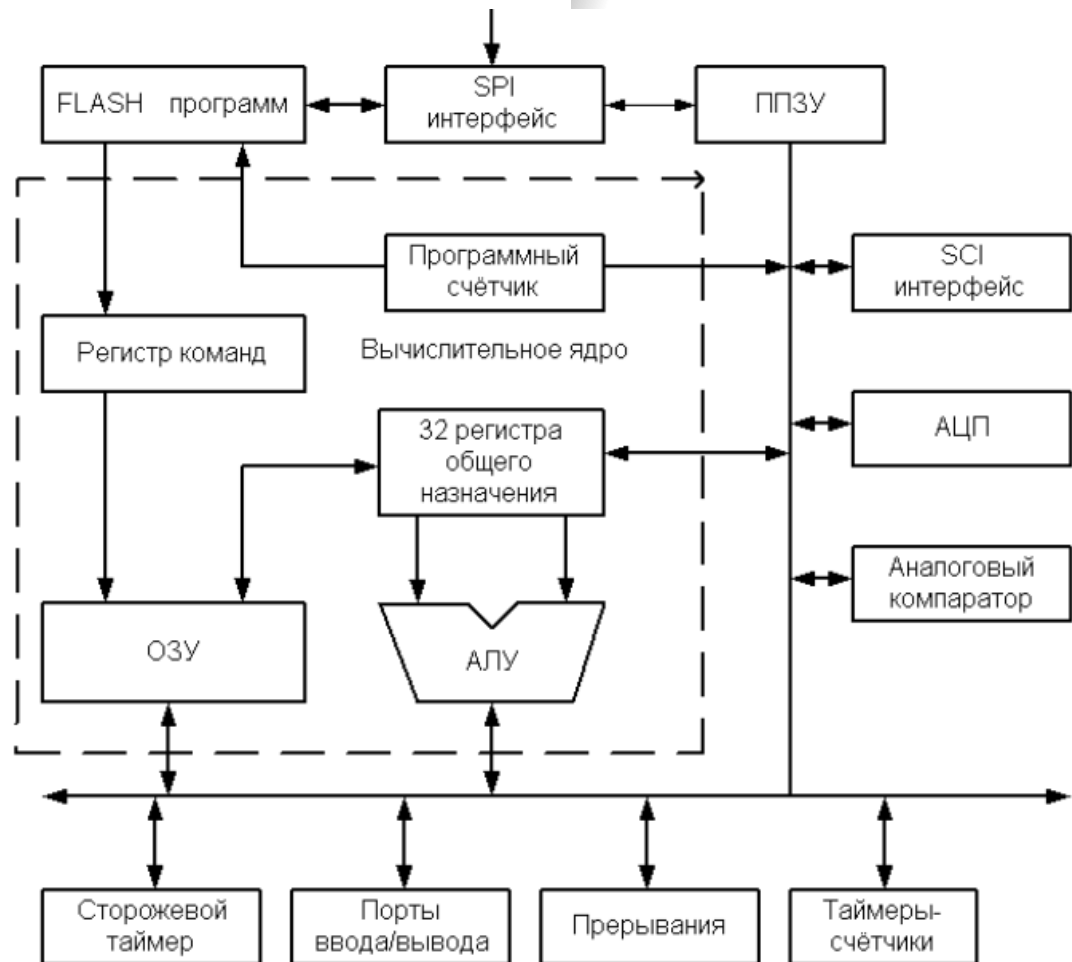
Микропроцессоры

Микропроцессор (MPU) — устройство, отвечающее за выполнение арифметических, логических операций и операций управления, записанных в машинном коде, реализованный в виде микросхемы



Микроконтроллеры

Микросхема на кристалле, предназначенная для программного управления, содержащая в себе вычислительное устройство, ПЗУ, ОЗУ, порты ввода/вывода, таймеры, последовательные и параллельные интерфейсы.



Микроконтроллеры

К характеристикам микроконтроллера можно отнести:

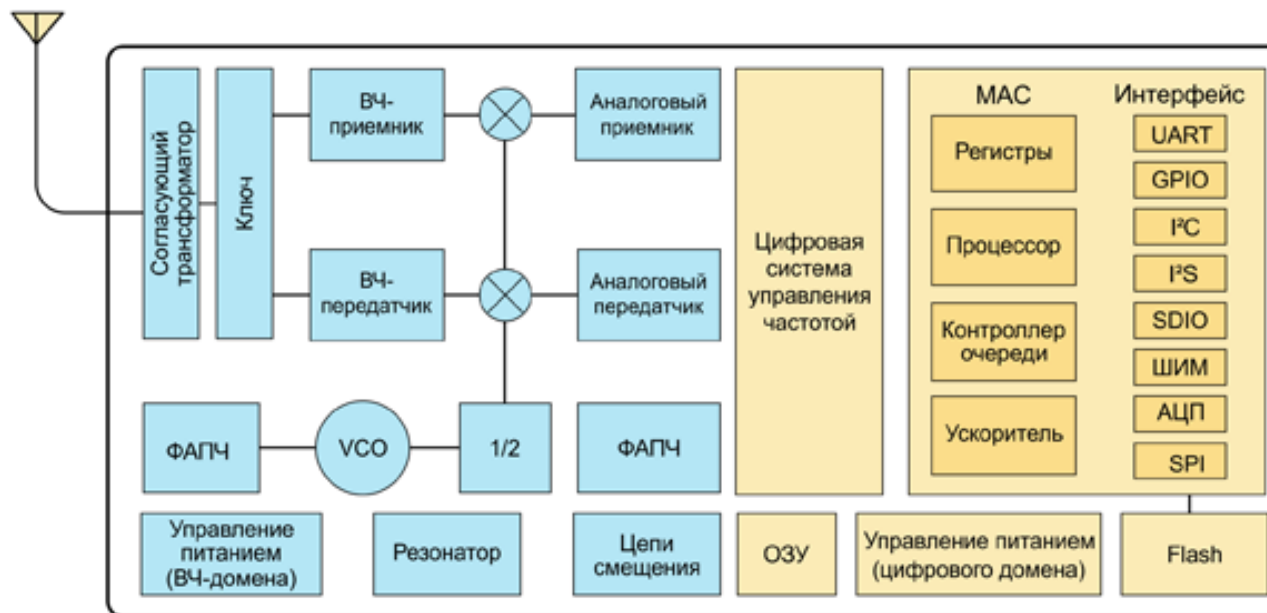
- количество аналоговых и цифровых контактов (пинов)/общее количество контактов
- количество ядер, присутствующих в микроконтроллере
- скорость выполнения операций
- объем оперативной и постоянной внутренней памяти
- вид операционной системы
- размеры

Сравнение микроконтроллеров и микропроцессоров

Характеристика	Микроконтроллер (MCU)	Микропроцессор (MPU)
Вычислительная мощность ЦП	Меньше	Больше
ОЗУ	Меньше	Больше
ОС	Специализированная/ RTOS	Общего назначения (Windows / Linux)
Сложность разработки	Высокая	Ниже
Энергопотребление	Ниже	Выше
Стоимость	Ниже	Выше
Детерминированное	Да	Нет, с исключениями
Размер устройства	Меньше	Больше

Платы Espressif ESP8266 и ESP32

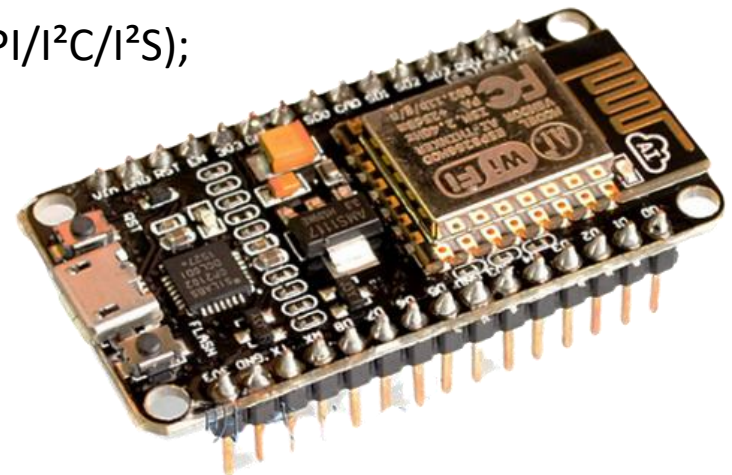
Микросхема ESP8266 выпущена на рынок в 2014 году и стала первым крупным успехом компании Espressif Systems. Представляет собой систему-на-кристалле, которая состоит из двух основных доменов: высокочастотного и цифрового, в роли Wi-Fi-адаптера для управляющего процессора.



Платы Espressif ESP8266 и ESP32

Цифровой домен ESP8266 построен на базе 32-битного RISC-процессора Tensilica L106 с рабочей частотой до 160 МГц. Процессор взаимодействует с памятью и периферией с помощью трех шин: iBus, dBus и АНВ. На борту у ESP8266 присутствует 160 кбайт ОЗУ. Максимальный объем внешней Flash-памяти составляет 16 Мбайт.

- При автономной работе большим плюсом ESP8266 является встроенная периферия:
- 17 портов ввода-вывода;
- коммуникационные интерфейсы (UART/SDIO/SPI/I²C/I²S);
- контроллер инфракрасного канала связи (IR);
- одноканальный 10-битный АЦП.



Платы Espressif ESP8266 и ESP32

Для уменьшения потребления предлагается использовать различные режимы:

- Active – активный режим, в котором общее потребление в первую очередь зависит от потребления ВЧ-домена;
- Modem-sleep – режим, в котором процессорное ядро остается активным, а Wi-Fi выключается при отсутствии обмена данными (с сохранением соединения). Типовое потребление – 15 мА;
- Light-sleep – спящий режим, в котором процессор и Wi-Fi периодически включаются и выключаются: сон в течение 300 мс, далее 3 мс бодрствования. Типовое потребление – 0,9 мА;
- Deep-sleep – режим глубокого сна, в котором передача сообщений по Wi-Fi производится крайне редко. В промежутках сна блок Wi-Fi полностью отключен. Типовое потребление – 20 мкА;
- Shut down – режим ожидания с полным отключением питания. Типовое потребление – 0,5 мкА.

Платы Espressif ESP8266 и ESP32

Семейство Wi-Fi-/Bluetooth-микросхем ESP32

- В микросхемах ESP32 используется новый одно- или двухъядерный 32-битный процессор Xtensa® LX6 с максимальной рабочей частотой до 240 МГц .
Особенностями процессора являются:
 - 16/24-битный набор инструкций;
 - поддержка вычислений с плавающей точкой;
 - поддержка DSP-инструкций (например, 32-битное умножение, 32-битное деление, 40-битное умножение с накоплением);
 - 32 вектора прерываний от 70 источников;
- Помимо центрального процессора в составе ESP32 присутствует дополнительный малопотребляющий сопроцессор ULP, который берет на себя управление системой в режимах пониженного потребления.
- В ESP32 значительно расширился объем встроенной памяти.



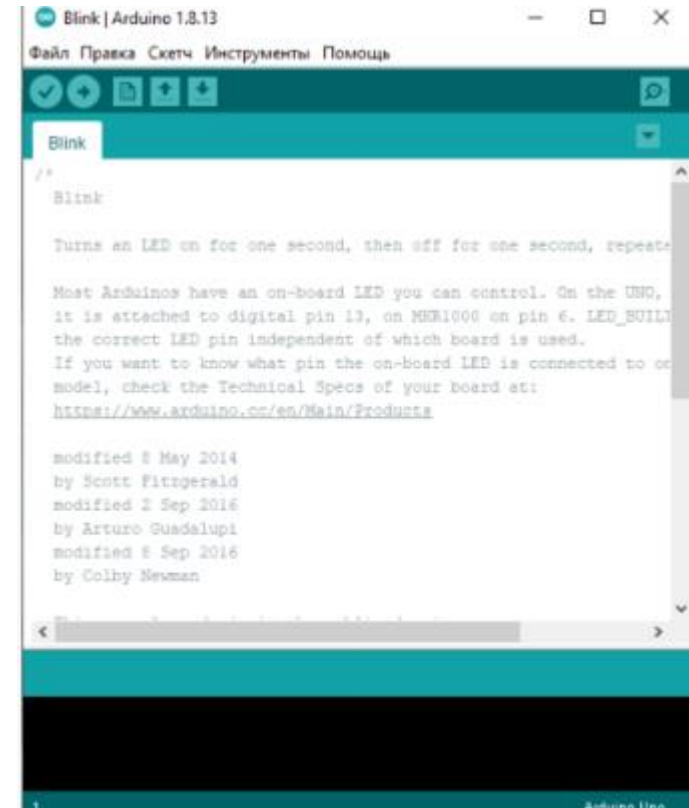
Платы Arduino

Arduino — торговая марка аппаратно-программных средств для построения и прототипирования простых систем, моделей и экспериментов в области электроники, автоматики, автоматизации процессов и робототехники.

Программная часть состоит из программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры.

Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями.

Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino.



Платы Arduino

В линейке устройств Arduino в применяются микроконтроллеры Atmel AVR.

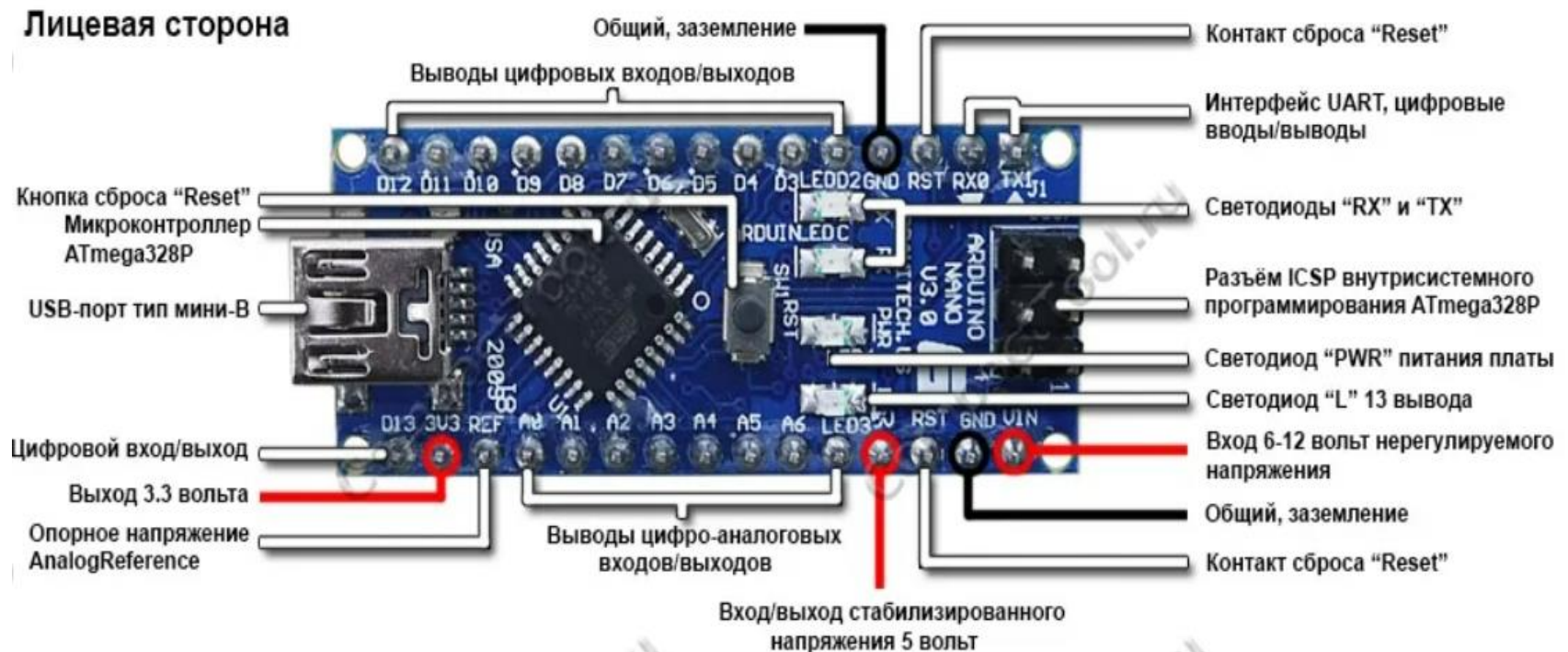
- ATmega2560 (16 МГц, 256 Kb Flash, 8 Kb RAM, 54 порта, из них до 15 с ШИМ и 16 АЦП). Платы Mega.
- ATmega32U4 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2,5 Kb RAM, 20 портов, из них до 7 с ШИМ и 12 АЦП). Платы Leonardo, Micro, Yun.
- ATmega328 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2 Kb RAM, 14 портов, из них до 6 с ШИМ и 8 АЦП). Платы UnoR3, Mini, NanoR2, Pro, Pro mini, различные варианты плат uno и nano, такие как Wifi Uno и nano + nrf42l01
- ATtiny85 (20 МГц, 8 Kb Flash, 512 b RAM, 6 портов, из них 4 ШИМ и 4 аналоговых). Платы Digispark, также часто применяются вне плат.
- ATmega168 (16 МГц, 16 Kb Flash, 1 Kb RAM, порты и распиновка аналогично ATmega328) Платы Uno R1, Uno R2, Pro mini, NanoR1.

Arduino Nano

Характеристики

Построен на микроконтроллере ATmega328, имеет небольшие размеры.

Отсутствует силовой разъем для постоянного тока, работает через кабель Mini-B USB.



Arduino Nano

Микроконтроллер	Atmel ATmega168 или ATmega328
Рабочее напряжение (логическая уровень)	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые входы	8
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Флеш-память	16 Кб (ATmega168) или 32 Кб (ATmega328) при этом 2 Кб используются для загрузчика
ОЗУ	1 Кб (ATmega168) или 2 Кб (ATmega328)
EEPROM	512 байт (ATmega168) или 1 Кб (ATmega328)
Тактовая частота	16 МГц
Размеры	1.85 см x 4.2 см

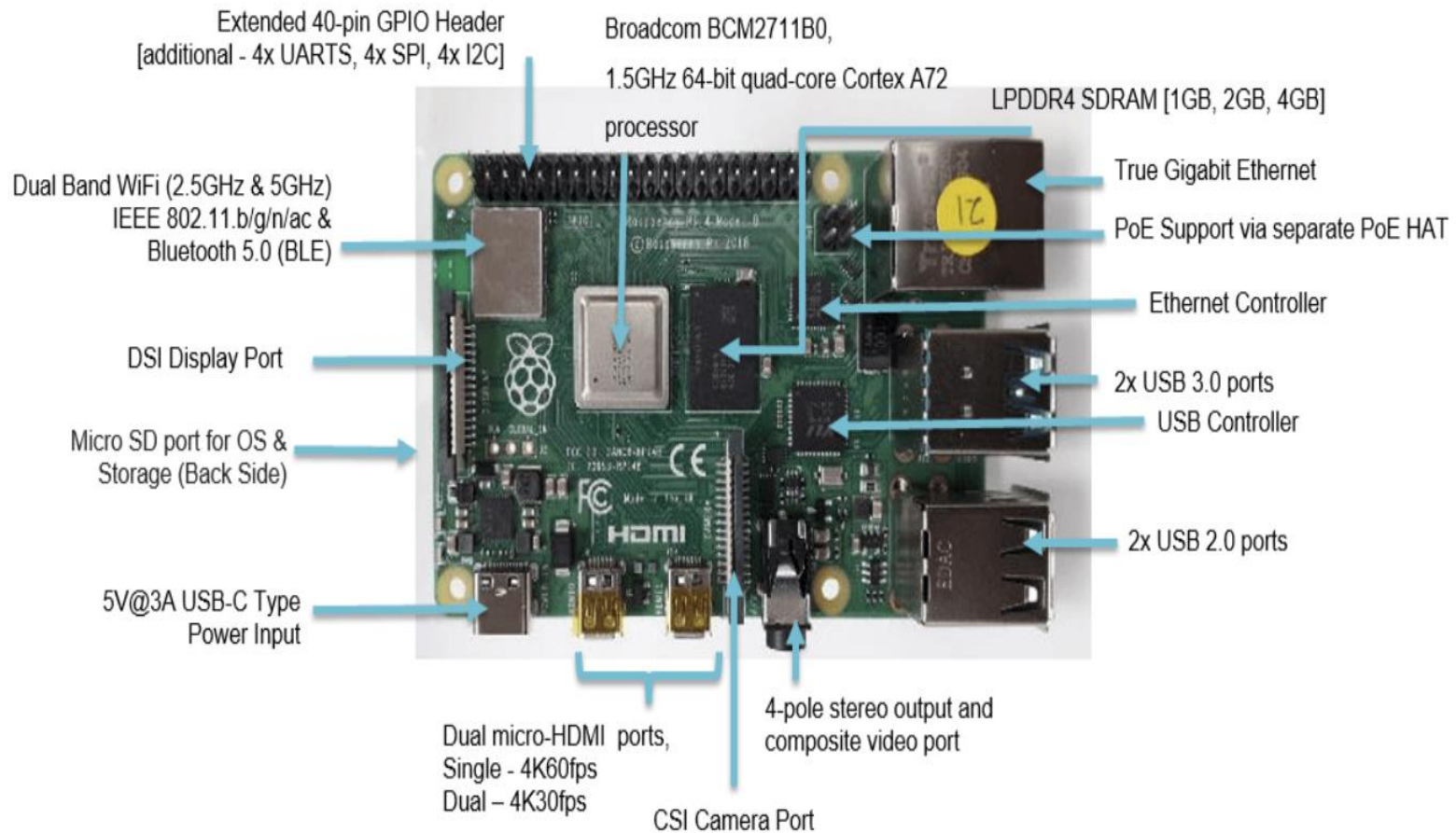
Одноплатные компьютеры

Одноплатный компьютер, или SBC (Single-Board Computer), — миниатюрное электронно-вычислительное устройство, все компоненты которого собраны на единственной печатной плате.

Основные требования:

- целевое назначение
- размер
- устойчивость к электромагнитным помехам
- используемая операционная система и встраиваемые приложения
- возможность модернизации

Raspberry Pi



Raspberry Pi

Система на кристалле (SoC)	Broadcom BCM2711 (CPU + GPU)
Процессор	64-битный четырёхъядерный ARMv8 Cortex-A72 процессор с тактовой частотой 1.5 ГГц
Графический процессор	VideoCore VI GPU
ОЗУ	1/2/4/8 ГБ SDRAM LPDDR4
Хранилище	слот для карты памяти microSD
Ethernet	10/100/1000 Мбит Gigabit Ethernet (контроллер Broadcom BCM54213PE)
Wi-Fi/Bluetooth	2.4 ГГц и 5 ГГц IEEE 802.11.b/g/n/ac WI-FI и Bluetooth 5.0 Low Energy (BLE), обеспечиваемые микросхемой Cypress CYW43455
Видео вход	1 x CSI-2 для подключения камеры по интерфейсу MIPI
Видео выход	2 x micro-HDMI 1 x DSI (Display Serial Interface) для подключения штатного дисплея; 1 x композитный видеовыход (CVBS видео, PAL и NTSC) 3.5 мм разъем
USB-порты	2 порта USB
Периферия	40 портов ввода-вывода общего назначения (GPIO), UART (Serial), I ² C/TWI, SPI с селектором между двумя устройствами; пины питания: 3,3 В, 5 В и земля.

Тион-Проб

Одноплатный компьютер «Тион-Проб» представляет собой высокоинтегрированную вычислительно-управляющую систему на базе процессора NXP iMX6 SoloX с ядром семейства ARM Cortex-A9

Характеристики

- Процессор NXP iMX6 SoloX 1000 МГц ARM Cortex-A9 (-25 ..+70 C);
- ОЗУ 1ГБ DDR3;
- Flash 4 Гб eMMC;
- 2 порта Ethernet 1 Гбит;
- Выход на TFT экран;
- Выход на LVDS экран;
- Интерфейс CSI для подключения камеры;
- 1 порт CAN;
- Порты UART, SPI, I2C, 2 порта USB 2.0;
- RTC с автономным питанием;
- Разъем для MicroSD карты;
- Аудио вход-выход;
- Порты ввода-вывода (GPIO);



MM-SKF-SBC

Одноплатный компьютер на базе отечественного процессора 1892BA018 «Скиф»

Процессор	1892BA018 "Скиф"
Тип процессора	4-ядерный процессор ARM Cortex-A53, до 2 ГГц
ОЗУ	от 4 до 8 ГБ
Графический модуль	IMG PowerVR Series8XE
Видеопроцессор	ARM Mali-V61
Видеовыходы	2x HDMI
Видеовходы	1x MIPI CSI-2 (x2 lane), 1x MIPI CSI-2 (x4 lane)
Сеть	2x RJ-45 GbE
USB	2x USB 3.0, 2x USB 2.0 (открытые
Хранение данных	1x mSATA
Аудио	1x I ² S
Ввод-вывод	1x RS-232
Размеры	106×83 мм
Операционная система	Linux



Модули передачи данных

Модуль передачи данных - это электронное устройство, используемое для передачи и/или приема сигналов между двумя устройств.

Среда передачи

Основные характеристики:

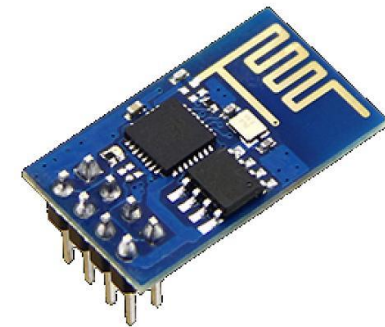
- Архитектура сетевой топологии передача данных
- Режим передачи
- Интерфейс подключения
- Выходная мощность сигнала
- Оценка диапазона используемых частот
- Тип и количество используемых антенн
- Источник питания и потребляемая мощность

Модули передачи данных

ESP8266 ESP-01

Поддержка беспроводного стандарта 802.11 b/g/n;

- Поддержка 2 режима работы Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP;
- Выходная мощность в режиме 802.11b: +19.5dBm;
- Интегрирован 32-бит микроконтроллер;
- Интерфейсы SDIO 1.1/2.0, SPI, UART;
- Технология STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO;
- A-MPDU и A-MSDU агрегация и 0.4мс защитный интервал;
- Прием/передача пакетов <2мс;
- Энергопотребление в режиме ожидания <1.0мВт (DTIM3).



Модули передачи данных

BLUETOOTH-МОДУЛЬ HC-05/06

Основные характеристики модуля:

питание 3,3В – 6 В

максимальное входное напряжение 5 В

максимальный ток 45 мА

скорость передачи данных 1200–1382400
бод

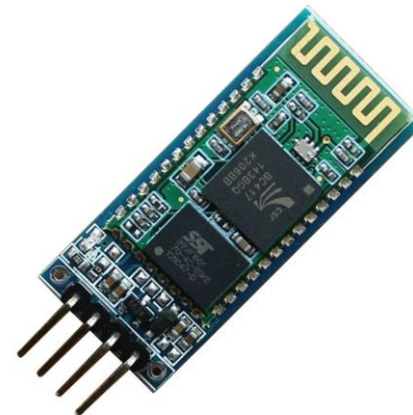
рабочие частоты 2,40 ГГц – 2,48ГГц

поддержка спецификации bluetooth версии
2.1

малое потребление энергии

высокий уровень защиты данных

дальность связи 30 м



Пример системы мониторинга

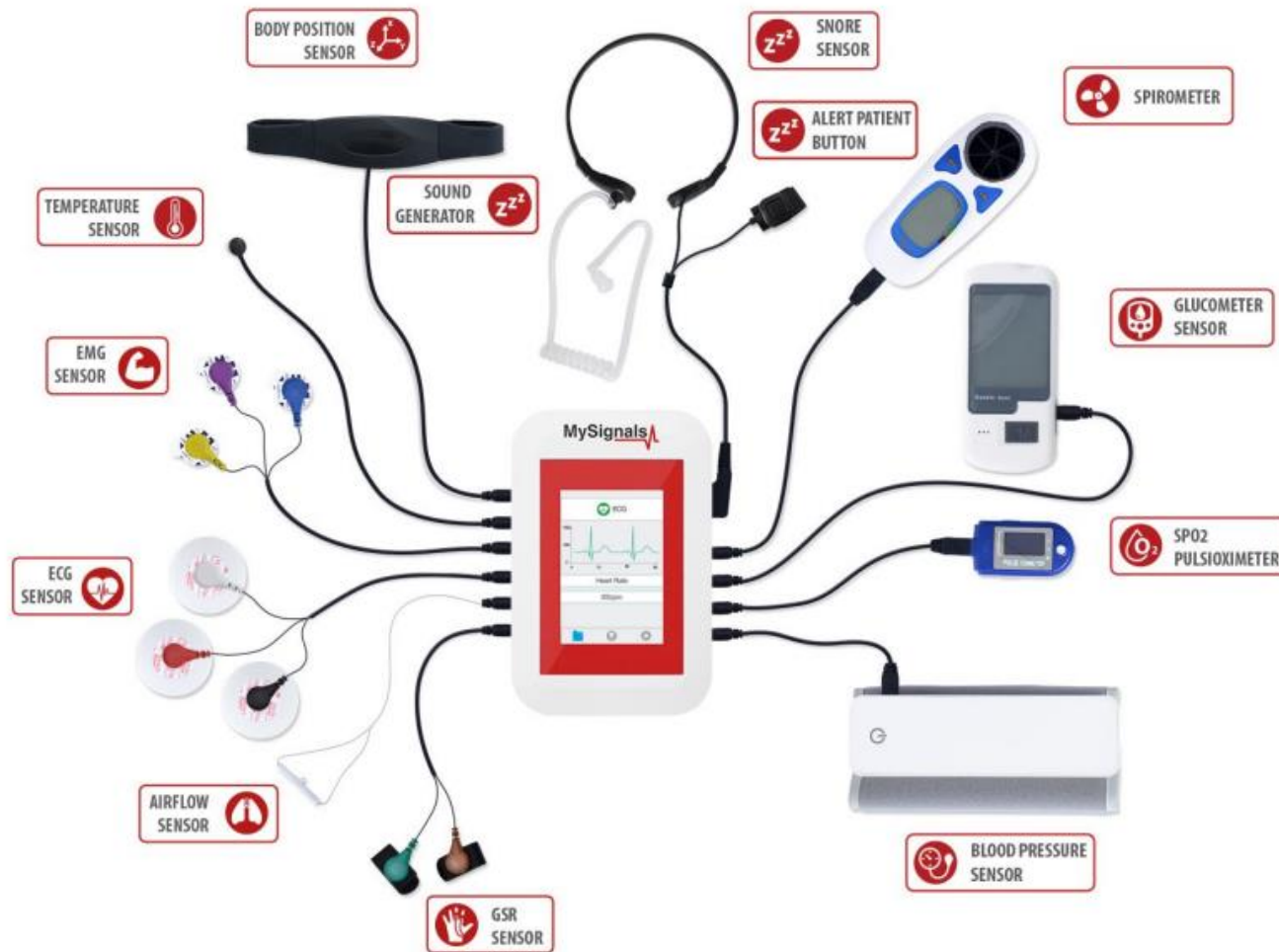


Figure: My Signal Software Development Platform with sensors

Пример системы мониторинга



Регистрация медицинских изделий

Приборы класса «Интернет медицинских вещей» могут использоваться для принятия клинических решений

В связи с этим попадают под статус «медицинских изделий» и подлежат медицинской регистрации:

- Частью 4 статьи 38 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» установлено, что на территории Российской Федерации разрешается обращение медицинских изделий, зарегистрированных в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, уполномоченным им федеральным органом исполнительной власти.
- Порядок государственной регистрации утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2012 № 1416 «Об утверждении Правил государственной регистрации медицинских изделий».
- Приказом Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения от 06.05.2019 № 3371 утвержден Административный регламент Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения по предоставлению государственной услуги по государственной регистрации медицинских изделий.



Литература

1. Средства съема диагностической информации и подведения лечебных воздействий. Электронный ресурс
<https://moodle.kstu.ru/course/view.php?id=4642#section-3>
2. Ли. Архитектура интернета вещей /пер. с англ. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.: ил.
3. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.12.2012 № 1416 «Об утверждении Правил государственной регистрации медицинских изделий».
5. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения от 06.05.2019 № 3371 утвержденный Административным регламентом Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения по предоставлению государственной услуги по государственной регистрации медицинских изделий.