

Микроконтроллеры

Аппаратное и программное обеспечение ИС

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Микроконтроллеры – это специализированные микропроцессоры, построенные в основном по RISC-принципу. RISC – это reduce instructions set computer, то есть вычислитель с сокращенным набором команд. В микроконтроллерах их около сотни против тысячи в микропроцессорах ЭВМ общего назначения. Последние строятся по CISC-принципу, то есть с полным набором команд (common instructions set computer).

Основные понятия

Микроконтроллер – это однокристальная микроЭВМ, то есть вычислительная машина внутри одной микросхемы. Первый микроконтроллер был разработан фирмой Texas Instruments еще в 1971 г. Дальнейшее развитие было внутри компаний Intel, Motorola и т.д. Например в 1980 г. Intel выпустила первый экземпляр легендарного микроконтроллера i8051. Он получился настолько удачным, что микроконтроллеры на его основе выпускаются до сих пор.

Микроконтроллеры разрабатывались и в СССР (например, 16-разрядные микроЭВМ К1801ВЕ1 и т.п. устройства).

Основные понятия

Настоящий прорыв в этой области был с 2000-х г., когда на рынок вышли такие компании как Atmel, PIC, STM. Вскоре появилась архитектура ARM, которая сейчас является основной в мобильных устройствах и даже применяется в настольных компьютерах.

Основные понятия

При проектировании микроконтроллеров приходится соблюдать компромисс между размерами и стоимостью с одной стороны и гибкостью, и производительностью с другой. Для разных приложений оптимальное соотношение этих и других параметров может различаться очень сильно.

Основные понятия

Поэтому существует огромное количество типов микроконтроллеров, различающихся архитектурой процессорного модуля, размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д. В отличие от обычных компьютерных микропроцессоров, в микроконтроллерах часто используется гарвардская архитектура памяти, то есть раздельное хранение данных в ОЗУ, а команд — в ПЗУ

Основные понятия

Кроме ОЗУ, микроконтроллер может иметь встроенную энергонезависимую память для хранения программы и данных. Многие модели контроллеров вообще не имеют шин для подключения внешней памяти. Наиболее дешёвые типы памяти допускают лишь однократную запись, либо хранимая программа записывается в кристалл на этапе изготовления (конфигурацией набора технологических масок). Такие устройства подходят для массового производства в тех случаях, когда программа контроллера не будет обновляться. Другие модификации контроллеров обладают возможностью многократной перезаписи программы в энергонезависимой памяти.

Периферийные устройства

Неполный список периферийных устройств, которые могут использоваться в микроконтроллерах, включает в себя:

- универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод, причем можно использовать как весь 8-ми битный порт целиком, так и его отдельные «ножки»;
- различные интерфейсы ввода-вывода, такие, как UART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet (так называемые аппаратные порты);
- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;

Периферийные устройства

- компараторы;
- широтно-импульсные модуляторы (ШИМ-контроллер);
- таймеры;
- контроллеры бесколлекторных двигателей, в том числе шаговых;
- контроллеры дисплеев и клавиатур;
- радиочастотные приемники и передатчики;
- массивы встроенной флеш-памяти;
- встроенные тактовый генератор и сторожевой таймер;

Тактовая частота

Ограничения по цене и энергопотреблению ограничивает тактовую частоту контроллеров. Хотя производители стремятся обеспечить работу своих изделий на высоких частотах, они, в то же время, предоставляют заказчикам выбор, выпуская модификации, рассчитанные на разные частоты и напряжения питания. Во многих моделях микроконтроллеров используется статическая память для ОЗУ и внутренних регистров. Это даёт контроллеру возможность работать на меньших частотах и даже не терять данные при полной остановке тактового генератора. Часто предусмотрены различные режимы энергосбережения, в которых отключается часть периферийных устройств и вычислительный модуль.

Наиболее известные микроконтроллеры

Сейчас наиболее известны следующие семейства микроконтроллеров:

1. AVR (от компании Atmel)

- ATmega
- ATtiny
- Xmega

2. PIC

3. STM

4. RL

5. MCS

6. ESP

7. MSP

Наиболее известные микроконтроллеры

8.ARM

- ST Microelectronics STM32 ARM-based MCUs
- ARM Cortex, ARM7 и ARM9-based MCUs
- Texas Instruments Stellaris MCUs
- NXP ARM-based LPC MCUs
- Toshiba ARM-based MCUs
- Analog Devices ARM7-based MCUs
- Cirrus Logic ARM7-based MCUs
- Freescale Semiconductor ARM9-based MCUs
- Silicon Labs EFM32 ARM-based MCUs

Применение микроконтроллеров

В общем сейчас микроконтроллеры в том или ином виде применяются практически везде: в датчиках, в портативных приборах, в бытовой электронике, в «умных домах», в Интернете вещей и т.д. Устройство с низкой стоимостью и весьма малыми размерами можно применять везде, где нужна низкая стоимость, малая рассеиваемая мощность, малые габариты и предсказуемость работы.

Применение микроконтроллеров

Например, микроконтроллер ATtiny10 с 8-битной архитектурой, частотой выполнения инструкций в 12 МГц, системой защиты от «зависаний», АЦП (преобразование из аналогового сигнала в цифровой) и ЦАП (обратно из цифровых данных в аналоговый сигнал), напряжением питания от 1.8 до 5.5 В, спокойно можно поставить в «умный» датчик – сейчас стоит около 60 руб. за штуку ОПТОМ.

Применение микроконтроллеров

А микроконтроллер STM32F042G6U6, являющийся уже 32-битным ARM процессором (на архитектуре ARM Cortex-M0) с напряжением питания от 2 до 3.6 В, с 24 программируемыми ножками, встроенными аппаратными интерфейсами CAN, I2C, SPI, USART, USB, девятью (!!!) встроенными таймерами, 12-битным 10-канальным АЦП, 14 типами поддерживаемых сенсорных каналов для сенсорных или линейных датчиков поворота, встроенным на уровне кристалла отладчиком и частотой работы до 48 МГц – сейчас стоит всего 130 руб. за штуку.

Применение микроконтроллеров

Естественно, что такие микропроцессоры изготавливаются и внедряются миллионами штук, создано огромное количество книг и руководств, а также десятки фреймворков и инструментов быстрого прототипирования. Здесь имеются в виду отладочные платы от различных фирм. Самыми известными сейчас является проект Arduino, с которым работают даже школьники.

Проект Arduino

По сути, Arduino — торговая марка аппаратно-программных средств для построения и прототипирования простых систем, моделей и экспериментов в области электроники, автоматизации процессов и робототехники. Программная часть состоит из бесплатной 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.

Проект Arduino

Используется как для создания автономных объектов, так и подключения к программному обеспечению через проводные и беспроводные интерфейсы. Подходит для начинающих пользователей с минимальным входным порогом знаний в области разработки электроники и программирования. Программирование ведется целиком через собственную бесплатную программную оболочку Arduino IDE. В этой оболочке имеется текстовый редактор, менеджер проектов, препроцессор, компилятор и инструменты для загрузки программы в микроконтроллер. Оболочка написана на Java на основе проекта Processing, работает под Windows, Mac OS X и Linux. Используется также и собственный комплект библиотек Arduino.

Проект Arduino

Язык программирования Arduino называется Arduino C и представляет собой язык C++ с фреймворком Wiring. Он имеет некоторые отличия по части написания кода, который компилируется и собирается с помощью avr-gcc, с особенностями, облегчающими написание работающей программы — имеется набор библиотек, включающий в себя функции и объекты.

Проект Arduino

Менеджер проекта Arduino IDE имеет нестандартный механизм добавления библиотек. Библиотеки в виде исходных текстов на стандартном C++ добавляются в специальную папку в рабочем каталоге IDE. При этом название библиотеки добавляется в список библиотек в меню IDE. Программист отмечает нужные библиотеки, и они вносятся в список компиляции. Arduino IDE не предлагает никаких настроек компилятора и минимизирует другие настройки, что упрощает начало работы для новичков и уменьшает риск возникновения проблем.

Проект Arduino

Однако этот факт также порождает критику платформы, так как разработчик «на Arduino» может совершенно не знать, что у микроконтроллера «глубоко внутри» (за него много работы делает сама система). Загрузка программы в микроконтроллер Arduino происходит через предварительно запрограммированный специальный загрузчик (все микроконтроллеры от Ардуино продаются с этим загрузчиком). Загрузчик создан на основе Atmel AVR Application Note AN109. Загрузчик может работать через интерфейсы RS-232, USB или Ethernet в зависимости от состава периферии конкретной процессорной платы.

Проект Arduino

Пользователь может самостоятельно запрограммировать загрузчик в чистый микроконтроллер. Для этого в IDE интегрирована поддержка программатора на основе проекта AVRDUde. Поддерживается несколько типов популярных дешёвых программаторов. И это помогает распространять проект даже на те микроконтроллеры, которые изначально не предназначались для размещения платформы.

Проект Arduino

Интересный факт: распространенность и простота платформы позволяет разрабатывать собственные решения на ее основе и ярким примером таких систем являются графические языки программирования:

- Minibloq;
- Scratch for Arduino;
- Snap4Arduino;
- Ardublock;
- Ardublock Kode;

Проект Arduino

- Productivity Blocks — дополнение к Arduino IDE от компании AutomationDirect с графическим языком программирования и набором библиотек промышленной автоматике.
- Modkit;
- FLProg — бесплатный, позволяет создавать программное обеспечение на промышленных логических языках программирования — FBD и LAD.
- XOD — графический язык программирования Ардуино и Raspberry Pi с открытым исходным кодом

Проект Arduino

Такие системы позволяют «рисовать» программу в виде блоков, соединяя их линиями связей. Именно этот вариант начинают изучать еще в детстве или в школе начинающие разработчики.

Промышленные контроллеры

Промышленные микроконтроллеры отличаются от обычных по многим характеристикам. С самого начала следует отметить, что они имеют более высокую надежность, устойчивость к внешним эксплуатационным условиям, имеют специальные встроенные модули, ну и конечно более высокую цену.

Промышленные контроллеры

Например, промышленные контроллеры DevLink®-С1000.

Это контроллеры российского производства DevLink-С1000 предназначены для создания «легких» и «средних» АСУ ТП, а также могут применяться в составе больших, сложных систем. Универсальный свободно программируемый промышленный контроллер DevLink-С1000 осуществляет информационный обмен с верхним уровнем по общепринятым протоколам и стандартам (MODBUS, OPC, МЭК 60870-5-104, МЭК 60870-5-101)

Промышленные контроллеры

В сочетании с модулями ввода-вывода DevLink-A10 контроллер DevLinkC1000 способен опрашивать различные датчики и приборы (термопары, термосопротивления, приборы с унифицированным токовым выходом и т.д.) и формировать управляющие воздействия. ПЛК способен опрашивать множество различных приборов и считывать архивы.

Промышленные контроллеры

Высокопроизводительный 32-разрядный процессор на базе архитектуры ARM9 (с частотой 400 МГц) в сочетании с быстрой памятью и специально оптимизированной под данную платформу системой реального времени контроллера (СРВК) позволяют достичь высокого уровня быстродействия.

Промышленные контроллеры

Этот промышленный контроллер и подобные ему, имеют следующие основные функции:

- Сбор данных с контрольно-измерительных приборов.
- Контроль в режиме реального времени параметров системы (контроль нормативных значений).
- Резервирование контроллеров в системе и одиночный режим работы.
- Анализ в реальном времени значений параметров, полученных с приборов.
- Формирование и инициативная передача сообщений при определении аварийной ситуации на верхний уровень.

Промышленные контроллеры

- Передача данных на верхний уровень по расписанию.
- Ведение архивов, доступных для передачи на верхний уровень.
- Выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы.
- Автоматическое регулирование параметров.
- Выполнение алгоритмов пользователя.
- Учет тепла, газа и других энергоносителей в связке с другими специальными приборами.
- Выполнение алгоритмов пользователя, разработанных на специальных языках программирования или языках общего назначения.

Промышленные контроллеры

Если разрабатываемая АС или ИС относится к классу специализированных или имеет особые условия эксплуатации, то приходится использовать именно такой класс приборов. Однако, если необходимо сочетать мощь вычислительной техники и возможности работы со специальными аппаратными устройствами, то можно использовать «одноплатники» или микрокомпьютеры.

Задание:

Разработать презентацию (не менее 10-ти слайдов) по следующим темам:

1. Применение микроконтроллеров.
2. «Умный дом».
3. Проект Arduino.
4. Графические языки программирования (см. слайды 23 и 24).