МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СМЕШАННОГО СИГНАЛА: НОВЫЕ ПРОДУКТЫ

Михаил Гладштейн, д.т.н., профессор колледжа ОРТ Брауде (г. Кармиэль, Израиль)

В статье рассматриваются основные параметры микроконтроллеров смешанного сигнала и сопутствующих продуктов двух ведущих мировых производителей: Silicon Laboratories и Analog Devices. Приводится краткий обзор новых продуктов: микроконтроллеров, средств разработки и базовых проектов. Анализируются тенденции развития и применения этих компонентов.

Микроконтроллеры (МК) смешанного сигнала, или аналоговые МК, занимают промежуточное положение между обычными цифровыми МК и цифровыми сигнальными процессорами (DSP). Ядро таких МК представляет собой обычный цифровой процессор (хотя он может иметь и встроенный аппаратный умножитель-сумматор), а среди набора периферийных узлов обязательно имеются прецизионные аналого-цифровые узлы, типичные для DSP: аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые (ЦАП) преобразователи. Это делает МК смешанного сигнала идеальной элементной базой для построения различного рода измерительных и управляющих систем с использованием технологии «система на кристалле», то есть когда все требуемые функции реализуются с помощью одной микросхемы с применением небольшого количества внешних пассивных элементов.

Практически все производители МК снабжают их в той или иной степени аналоговыми периферийными узлами, однако микросхемы, наиболее соответствующие классу МК смешанного сигнала, производятся двумя производителями: Silicon Laboratories и Analog Devices. Кроме МК, названные фирмы предлагают разработчикам и сопровождающие продукты: средства разработки и базовые проекты. Первые необходимы, чтобы разработать и отладить программное обеспечение, вторые позволяют до начала проектирования оценить принципиальную реализуемость нового проекта и могут быть использованы в качестве его основы (прототипа). Доступность эффективных средств разработки и базовых проектов позволяет сэкономить значительные средства и сократить сроки проектирования. Текущее состояние в области микроконтроллерных продуктов смешанного сигнала двух ведущих производителей приведено в таблице 1.

Фирма Silicon Laboratories производит 125 модификаций МК [1], построенных на основе процессорного ядра 8051 с производительностью от 20 до 100 Мкоманд/с. Процессорное ядро снабжается флэш-памятью программ от 2 до 128 Кбайт и оперативной памятью данных от 256 байт до 8 Кбайт. МК снабжены 1–2 АЦП, которые могут быть двух типов: SAR (Successive Approximation Register — преобразователь поразрядного уравновешивания) или Sigma-Delta-преобразователь. Первые имеют разрешающую способность 8...16 бит, могут снабжаться мультиплексором до 32 каналов и обеспечивают скорость преобразования 100...1000 Квыб./с. Вторые — одноканальные, с разрешающей способностью 16 и 24 бит, скорость преобразования — до 1 Квыб./с. Каждый МК может иметь 1–2 ЦАПа с разрешающей способностью 8, 10 или 12 бит. Фирма выпускает модификации МК с числом выводов от 10 до 100. Характерным для изделий этой фирмы является наличие внутреннего матричного коммутатора, который позволяет подключать периферийные узлы к внешним выводам микросхемы. Благодаря этому на кристалле МК можно размещать широкий набор таких узлов, предоставив проектировщику право сконфигурировать систему в соответствии с требованиями проекта, несмотря на ограниченное количество внешних выводов МК (и, соответственно, более низкую цену).

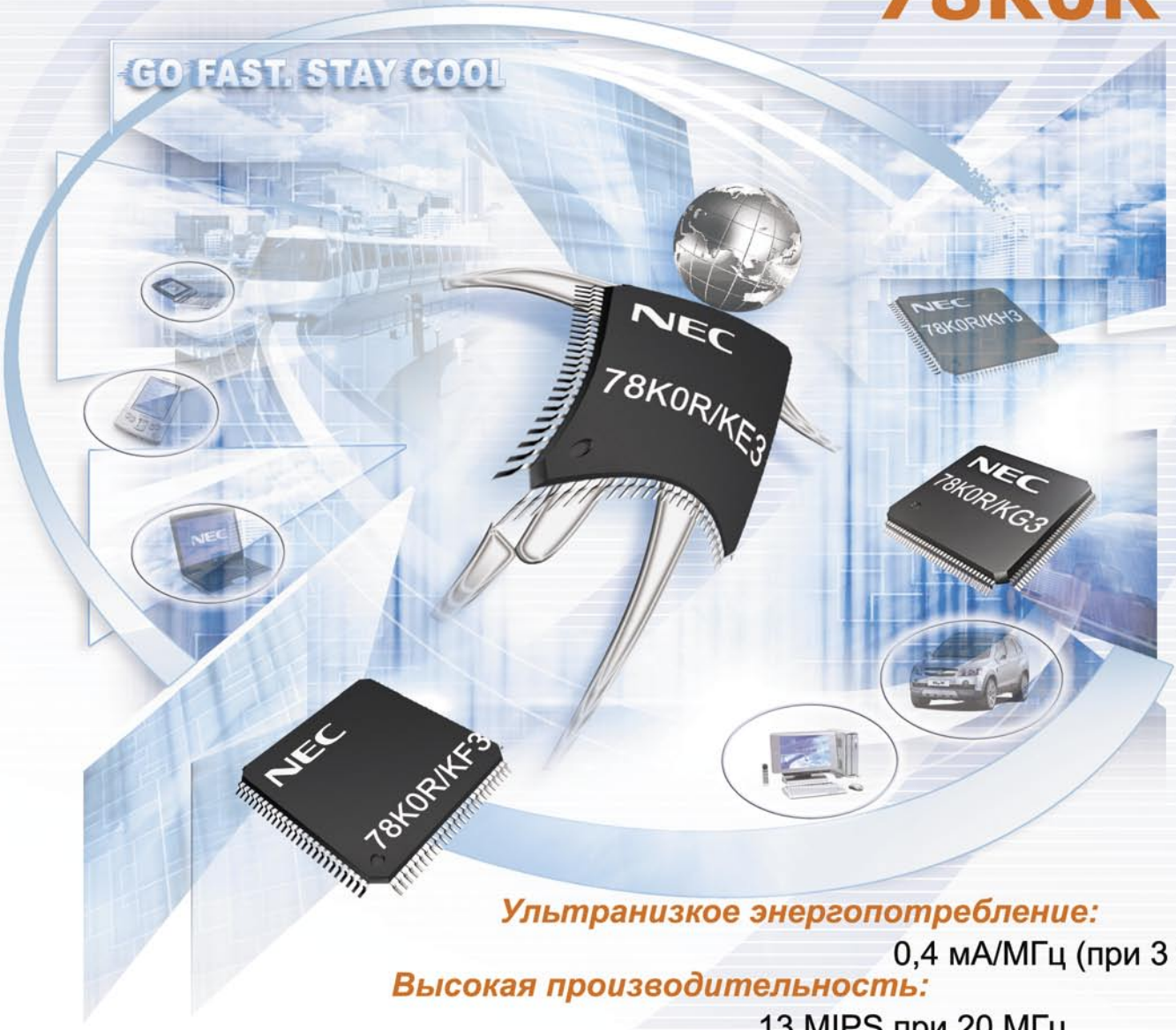
Фирма Analog Devices производит 14 модификаций МК [2], построенных на основе процессорного ядра 8052 с производительностью от 1 до 20 Мкоманд/с, и 14 модификаций МК, построенных на основе процессорного ядра ARM7 с сокращенной системой команд (RISC) и производительностью 20...44 Мкоманд/с. Первое процессорное ядро снабжается флэш-памятью программ от 8 до 62 Кбайт и оперативной памятью данных от 256 байт до 2 Кбайт. Второе процессорное ядро снабжается флэш-памятью программ 32...126 Кбайт и оперативной памятью данных 4...8 Кбайт. МК с процессорным ядром 8052 снабжены 1–2 АЦП, которые могут быть двух типов: SAR с разрешающей способностью 12 бит, мультиплексором на 8 каналов и скоростью преобразования 200...400 Квыб./с или Sigma — Delta, одноканальные, с разрешающей способностью 16 или 24 бит, скорость преобразования до 105 Квыб./с. Каждый такой МК может иметь 1–2 ЦАПа с разрешающей способностью 12 бит. Число выводов у этих МК варьируется от 28 до 56.

МК с процессорным ядром ARM7 снабжены 1–3 АЦП, которые также могут быть двух типов: SAR с разрешающей способностью 12 бит, мультиплексором до 16 каналов и скоростью преобразования до 1000 Квыб./с или Sigma — Delta, одноканальные, с разрешающей способностью 16 бит, скорость преобразования до 8 Квыб./с. Каждый такой МК может иметь 1–4 ЦАПа с разрешающей способностью 10 или 12 бит. Число выводов у этих МК — от 40 до 80.

Фирма Silicon Laboratories снабжает разработчиков дешевыми наборами средств разработки [3] (см. табл. 1). В типовой набор C8051Fxxx-DK (xxx — номер семейства МК) входит прототипная плата, сетевой адаптер питания, USB-адаптер и USB-кабель, что позволяет подключать прототипную плату к базовому компьютеру через порт USB. Различие в наборах для отдельных семейств МК заключается, главным образом, в прототипной плате. В набор также входит программное обеспечение: интегрированная среда разработки — Silicon Laboratories IDE, мастер конфигурации Silicon Laboratories Configuration Wizard для автоматической генерации программного кода инициализации МК и языковые средства программирования фирмы Keil, включающие полную версию ассемблера A51 и демо-версию компилятора языка программирования C51. В дополнение к этому фирма производит и поставляет средства для оценки возможностей МК и программных

16-разрядные микроконтроллеры 78K0R

NEC



Ультранизкое энергопотребление:

0,4 мА/МГц (при 3 В)

Высокая производительность:

13 MIPS при 20 МГц

Широкая линейка

- 50 наименований: UPD78F11xx
- FLASH: от 64 до 52 кБайт
- Pin: от 64 до 144

Периферийные устройства:

- Встроенный календарь
- BCD коррекция
- 2 канала DMA
- Однотактный умножитель 16×16=32
- SPI, UART, I^2C, АЦП, ЦАП

ЭЛТЕХ

Официальный дистрибьютор

www.eltech.spb.ru
nec16@eltech.spb.ru

Санкт-Петербург
ул. Победы, 11
тел. (812) 327-9090

Москва
ул. Угрешская, 2, стр.1
тел. (495) 788-5948

Екатеринбург
тел. (343) 377-7094
(343) 257-7037

Ростов-на-Дону
тел. (863) 220-3071
(863) 220-3072

Новосибирск
тел. (383) 212-5874
(383) 212-5875

Ижевск
тел. (3412) 600-660
(3412) 600-661

Представительство в Минске
БЕЛЭЛТЕХ
тел. (375 17) 256-1860
(375 17) 256-1861

средств — набор Tool-Stick—EK. Аппаратные средства этого набора очень миниатюрны, соответствуют по размерам устройствам внешней памяти типа Disk on Key и также подключаются к базовому компьютеру через гнездо порта USB. И если первый из этого класса средств разработки можно было использовать, в основном, для знакомства с МК и обучения, то последние разработки фирмы в этом направлении вполне можно назвать полноценными средствами проектирования.

Интересной особенностью предложений фирмы Silicon Laboratories является наличие 14 базовых проектов для нескольких весьма популярных областей применения МК, в их числе измерительные приборы, проводная и беспроводная связь, интернет, управление электродвигателями, устройства внешней памяти (см. табл. 1). Каждый такой базовый проект содержит соответствующие аппаратные средства, программное обеспечение и подробную документацию.

Средства проектирования, предлагаемые фирмой Analog Devices (см. табл. 1), называются QuickStart™ Development System [4]. Более мощный и более дорогой набор называется QuickStart™ PLUS. Особенностью этих наборов является то, что для подключения прототипной платы к базовому компьютеру используется последовательный COM-порт, а для выполнения отладочных операций используется специальный эмулятор, подключаемый к компьютеру через порт USB. Кроме того, наборы ориентированы на

Таблица. 1. **Основные параметры микроконтроллеров смешанного сигнала и сопутствующие продукты**

Производитель (кол-во модификаций)	Параметры микроконтроллеров					Средства разработки	Базовые проекты
	Процессорное ядро (Мком./с)	Память программ/данных	АЦП	ЦАП	Кол-во выводов		
Silicon Laboratories (125)	8051 (20...100)	2...128K/ 256...8448	1—2 АЦП: SAR 8,10,12,16 бит; 1, 4, 8, 13, 17, 20, 21, 24, 32 канала; 100, 200, 500, 1000 Квыб./с Sigma-Delta 24, 16 бит 1 Квыб./с	1—2 ЦАП: 8, 10, 12 бит	10...100	Наборы средств разработки C8051FxxxDK: - прототипная плата с МК; - сетевой адаптер; - USB-адаптер; - USB-кабель; - интегрированная среда проектирования; - мастер конфигурации; - полная версия ассемблера, демо-версия компилятора С, компоновщик фирмы Keil Оценочный комплектToolStick-EK: - штеккер ToolStick; - базовый адаптер; - отладочный адаптер; - дочерние платы; - полный комплект программных средств	- Цифровой компас; - часы реального времени с температурной компенсацией; - цифровой аудиорекордер; - декодер DTMF; - встроенный модем; - встроенный интернет; - звуковой передатчик для интернета; - контроллер бесколлекторного электродвигателя постоянного тока; - контроллер шагового электродвигателя; - контроллер USB для флэш-карты внешней памяти; - радиоприемник FM с интерфейсом USB; - беспроводной аудиопередатчик; - беспроводная линия связи 2,4 ГГц; - беспроводная сеть 2,4 ГГц ZigBee
Analog Devices (14+14)	8052 (1...20)	8...62K/ 256...2304	1—2 АЦП: SAR 12 бит; 8 каналов; 200...400 Квыб./с Sigma-Delta 16, 24 бит 1 канал, 1,3...105 Квыб./с	1—2 ЦАП: 12 бит	28...56	Наборы средств разработки QuikStart (PLUS): - прототипная плата с МК; - сетевой адаптер; - загрузочный кабель; - эмулятор; - программные средства фирмы Accutron; - демо-версия программных средств С51 фирмы Keil	Лазерный оптический передатчик
	ARM7 (20...44)	32...126K/ 4...8K	1—3 АЦП: SAR 12 бит; 5,8,10,12,16 каналов; 1000 Квыб./с Sigma-Delta 16 бит 1 канал, 1...8 Квыб./с	1—4 ЦАП: 10, 12 бит	40...80	Наборы средств разработки QuikStart (PLUS): - прототипная плата с МК; - сетевой адаптер; - загрузочный кабель; - USB-кабель; - mIDAS-Link JTAG эмулятор; - демо-версия программных средств фирмы IAR; - демо-версия программных средств DKARM фирмы Keil; - программа PLATool Оценочный комплектMiniKit: - мини-плата; - загрузочный кабель; - полный комплект программных средств	Оптический передатчик

ЗОЛОТОЙ ШАР
электронные компоненты

Самые производительные DSP в мире TMS320

TEXAS INSTRUMENTS

Высокопроизводительные DSP C6000
32-битные, с плавающей точкой C67 (600 MFLOPS...1 GFLOPS)
16-битные C62 (1200...2400 MIPS), C64 (2400...5760 MIPS)

Быстрые16-битные DSP с небольшим потреблением C5000
C54 (0.54 mW/MIPS; 30...532 MIPS)
C54+RISC (100 MIPS - DSP; 47,5 МГц - RISC)
C55 (0.25 mW/MIPS; 320...400 MIPS)

DSP для управляемого электропривода C2000
16-битные, C24 (20...40 MIPS)
32-битные, с расширенным набором периферии C28 (100...150 MIPS)

Процессор + DSP
с низким потреблением (150 MIPS - DSP; 150 МГц - RISC)

Головной офис

Москва, Лубянский пр-д, 27/1
для писем - 125319,
Москва, а/я 594
тел.: (495) 2340110 (8 линий)
факс: (495) 9563346
http://www.zolshar.ru
E-mail: sales@zolshar.ru

Представительства:

город	телефон факс
Киев	(044) 229 7740, 228 3269
Минск	(375-172) 78 0914
Санкт-Петербург	(812) 325 7544, 117 6862, 110 43 66
Новосибирск	(3832) 46 2473, 27 6380
Екатеринбург	(343) 212 2314, 212 1810, 212 1331
Ижевск	(3412) 42 52 41, 42 54 72

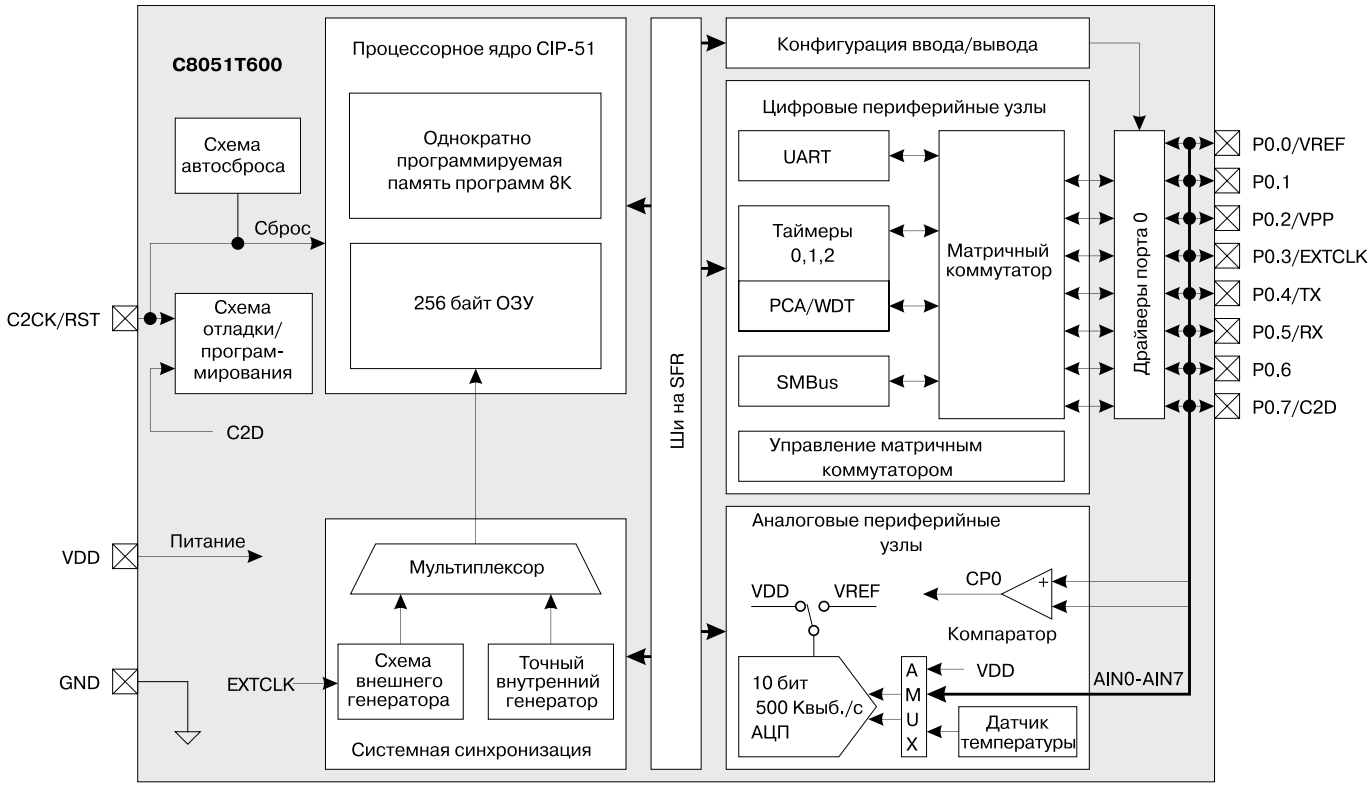


Рис. 1. **Структурная схема микроконтроллера C8051T600**

использование программного обеспечения фирм Keil, IAR, Accutron, включая интегрированную среду проектирования. Языковые средства аналогичные: ассемблер и компилятор языка С (последний также поставляется в наборе в виде демо-версии с ограничением по объему генерируемого программного кода). Названные наборы выпускаются для обоих семейств МК, причем в наборы для семейства на базе ARM7 дополнительно входит специальное программное средство PLATool, предназначенное для автоматической генерации кода конфигурации программируемого массива логических элементов PLA (Programmable Logic Array). Для семейства МК на базе ARM7 фирма предлагает также миниатюрный набор MiniKit, в который входит плата, подключаемая через кабель к последовательному порту компьютера.

В числе базовых проектов фирма Analog Devices предлагает только проекты из области оптической связи (см. табл. 1). Ниже более подробно рассмотрены новейшие продукты названных фирм.

ПОСЛЕДНИЕ РАЗРАБОТКИ МК СМЕШАННОГО СИГНАЛА

Последней разработкой Silicon Laboratories являются МК серии C8051T60x [5]. Обращает на себя внимание буква T в наименовании МК вместо традиционной F. Это означает, что вместо флэш-памяти МК снабжены однократно программируемой памятью программ, что позволяет снизить цену МК. Новый МК относится к категории малогабаритных, количество рабочих выводов составляет 11. Вместе с тем, в нем интегрированы новейшие достижения фирмы-производителя, в частности высокостабильный внутренний генератор синхронизации, отладочный интерфейс C2, встроенный регулятор питающего напряжения и др. Структурная схема базовой версии семейства МК C8051T600 приведена на рисунке 1. Стандартное процессорное ядро CIP-51 с производительностью 25 Мкоманд/с снабжено памятью программ объемом 8 Кбайт и памятью данных размером 256 байт. Схема отладки/программирования позволяет загружать программный код с базового компьютера через интерфейс C2, а также производить отладочные операции. Схема автосброса обеспечивает инициализацию процесса при включении или сбое питания. Точный внутренний генератор синхронизации обеспечивает максимальную частоту 24,5 МГц с нестабильностью ±2%, а внешний генератор может использовать внешние RC-цепи, конденсатор или наружный КМОП-генератор. В состав цифровых периферийных узлов входят 3 таймера, программируемый массив счетчиков PCA (Programmable Counter Array) с тремя модулями захвата/сравнения, один из которых может быть использован как сторожевой таймер WDT (Watch Dog Timer). Кроме того, имеются два контроллера последовательной связи: UART и SMBus. Несмотря на минимальное количество физических выводов МК, с помощью матричного коммутатора можно получить доступ с этих выводов ко

www.kbetalon.ru

завода Эталон

lead-free

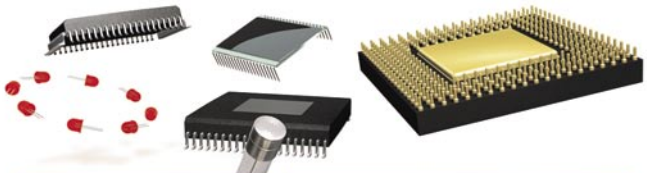
ПРОМЫШЛЕННАЯ
СБОРКА ЭЛЕКТРОНИКИ

Печатные платы и электронные компоненты под проект
Поверхностный монтаж 0402, BGA, CSP, mBGA
Выводной монтаж , Пайка Волной
Автоматизированный оптический контроль
Внутрисхемный электрический контроль
Программирование, Финишная сборка изделий

125315 , г. Москва , ул. Балтийская , д. 13, тел (495) 651 06 26, (495) 743 86 39, sales @ kbetalon.ru

Тел.: (495)795-08-05
Факс: (495)545-08-69
Эл. почта: info@rct.ru
Сайт: http://www.rct.ru/

РАДИОТЕХ ТРЕЙД



Аккумуляторы
Буззеры (Звонки)
Диоды
Индикаторы ЖКИ
Индикаторы светодиодные
Индуктивности
Источники питания
Кабели
Кварцы
Клеммные блоки
Кнопки
Конденсаторы
Контрактное комплектование изделий
Корпуса для РЭА (Gainta, Sanhe и Maszczyk)
Переключатели
Предохранители
Производство и монтаж печатных плат
Разъемы
Резисторы
Реле
Самовосстанавливающиеся предохранители
Светодиоды
Стойки для печатных плат и светодиодов
Счетчики импульсов
Танталовые конденсаторы
Термопредохранители
Термопринтеры
Термостаты
Транзисторы

Winbond Electronics Corp. · International IOR Rectifier · FORYARD · MICROCHIP · SANHE · PHILIPS · ATMEL · MAXIM · Texas Instruments · FAIRCHILD SEMICONDUCTOR · ST · ANALOG DEVICES

Программатор
FLASH памяти

LEAPER-9

- Подключение к ПК через USB кабель
- Поддержка высокоскоростного NADN FLASH программирования
- Легкость программирования вплоть до автоматизации
- Автоматическое определение корпуса микросхемы
- Автоматическое определение типа FLASH памяти и производителя
- Самотестирование аппаратного средства
- Питание: 90...260 В перем.тока

LEAPER-9

www.platan.ru
ПЛАТАН

121351, Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99 • E-mail: platan@aha.ru

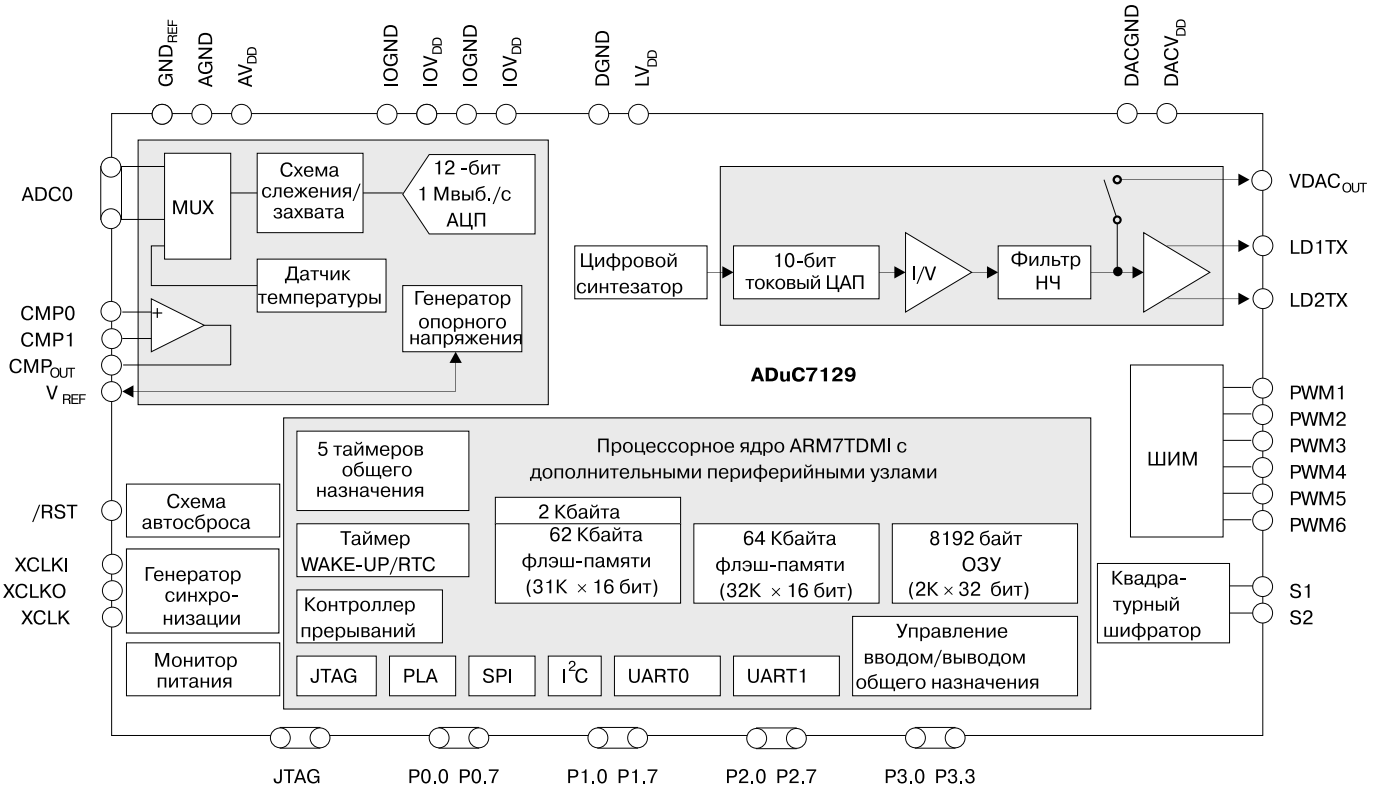


Рис. 2. **Структурная схема микроконтроллера ADuC7129**

всем периферийным узлам. На кристалле МК выполнены прецизионные аналоговые узлы: 10-битный АЦП, позволяющий выполнять до 500 тыс. преобразований в секунду, с аналоговым мультиплексором AMUX на 8 каналов и датчиком температуры, а также аналоговый компаратор CP0.

Новинками Analog Devices являются модификации ADuC7128 и ADuC7129 [6]. В отличие от новинки Silicon Laboratories, этот МК является самым мощным представителем класса аналоговых МК Analog Devices. От предшественников, в частности МК-семейства ADuC702x, их отличает, в основном, увеличенный объем памяти и прикладная ориентация на управление электромеханическими системами, в частности бесколлекторными электродвигателями постоянного тока. Структурная схема МК ADuC7129 приведена на рисунке 2. Процессорное ядро ARM7TDMI снабжено флэш-памятью объемом 126 Кбайт (плюс 2 Кбайта для служебных программ) и ОЗУ объемом 8 Кбайт. Цифровые периферийные устройства представлены пятью таймерами общего назначения, которые также могут выполнять и специальные функции: сторожевого таймера, таймера восстановления из режима уменьшенного потребления (WAKE-UP) или таймера реального времени (RTC — Real Time Clock). В состав цифровой периферии входят также контроллеры последовательной связи: 2 UART, I^2C, SPI и отладочный интерфейс JTAG. Кроме того, имеется традиционный для этого класса МК программируемый массив логических элементов PLA. Процессорное ядро дополняется также схемой автосброса, монитором питания и многофункциональным генератором синхронизации с максимальной частотой 41,78 МГц. На кристалле МК выполнены прецизионные аналоговые узлы: 12-битный АЦП, позволяющий выполнять до 1 млн. преобразований в секунду, с аналоговым мультиплексором MUX на 14 каналов, генератором опорного напряжения и датчиком температуры; аналоговый компаратор CMP; 10-битный токовый ЦАП с преобразователем ток/напряжение (I/V), фильтром НЧ и выходным буфером. Интересной особенностью является наличие в МК цифрового синтезатора синусоидальных сигналов с управляемой частотой и фазой, подключенного ко входу ЦАП. Кроме того, в отличие от предшественников, новый МК имеет 6-канальный 16-битный ШИМ-генератор и квадратурный шифратор, позволяющий по сигналам с датчиков бесколлекторных электродвигателей постоянного тока вычислять как угол поворота, так и скорость вращения (с учетом направления вращения). МК имеет 80 выводов.

НОВЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Выпуск МК Silicon Laboratories с однократно программируемой памятью программ привел к необходимости разработки особых аппаратных средств проектирования. Набор C8051T60x-DK [7] существенно отличается от предшественников. В наборе поставляется материнская плата, на которую может устанавливаться одна из дочерних плат: эмуляционная плата с флэш МК C8051F300, плата программирования МК с разъемом SOIC и плата программирования МК с разъемом QFN (последняя в набор не входит, но ее можно приобрести отдельно).

Другой новинкой Silicon Laboratories является миниатюрная платформа ToolStick для разработки МК-систем. Одна или несколько миниатюрных печатных плат подключаются непосредственно к гнезду USB базового компьютера [8], что позволяет назвать такую технологию plug-and-debug («подключай и отлаживай»). Полный перечень этих продуктов с кратким описанием и указанием областей применения приведен в таблице 2.

Близкая по назначению и параметрам новинка производится и фирмой Analog Devices под названием MiniKit [2]: миниатюрная плата, размером 53 × 18 мм² с МК ADuC7020

Таблица. 2. **Средства проектирования ToolStick**

Наименование	Описание	Применение
ToolStick-EK	Оценочный комплект. На плате установлены два МК: C8051F321, обеспечивающий связь по USB с базовым компьютером, и целевой — C8051F300. Имеются 2 цветных светодиода для демонстрационных программ (мигание и ШИМ)	Позволяет производить полный цикл отладки программ для оценки возможностей МК и в учебных целях
ToolStick Base Adapter	Базовый адаптер. На плате установлен МК C8051F326, обеспечивающий связь по USB с базовым компьютером и разъем для подключения дочерних плат	Обеспечивает связь с базовым компьютером. Применяется только совместно с одной из дочерних плат
ToolStick Debug Adapter	Отладочный адаптер. Подключется к разъему базового адаптера как дочерняя плата и через гибкий кабель — к протипной плате (интерфейс JTAG или C2)	Совместно с базовым адаптером может быть использован вместо USB-адаптера со всеми типами прототипных плат
ToolStick — F330DC	Дочерняя плата с МК C8051F300, светодиодом и потенциометром. Подключается к разъему базового адаптера. Демонстрационная программа позволяет менять частоту вспышек светодиода с помощью потенциометра. Имеется доступ ко всем выводам МК для макетирования	Совместно с базовым адаптером может быть использована для демонстрационных целей, а также для проектирования систем на базе МК C8051F300
ToolStick — F362DC	Дочерняя плата с МК C8051F362, светодиодом и потенциометром. Подключается к разъему базового адаптера. Демонстрационная программа позволяет менять частоту вспышек светодиода с помощью потенциометра. Имеется доступ ко всем выводам МК для макетирования	Совместно с базовым адаптером может быть использована для демонстрационных целей, а также для проектирования систем на базе МК C8051F362
ToolStick — LINDC	Дочерняя плата с МК C8051F530 с приемо-передатчиком и коннектором однопроводной сети LIN. Подключается к разъему базового адаптера. Одна демонстрационная программа позволяет измерять температуру с помощью температурного датчика МК и передавать эти данные в базовый компьютер, вторая — производить мониторинг сети LIN. Имеется доступ ко всем выводам МК для макетирования	Совместно с базовым адаптером может быть использована для демонстрационных целей, а также для проектирования систем на базе МК C8051F530

подключается к последовательному порту базового компьютера через гибкий кабель. На плате имеется доступ ко всем выводам МК, она дополняется полным комплектом программных средств и представляет собой основу для полноценной системы проектирования.

Из новинок программных средств нельзя не отметить новый мастер конфигурации Configuration Wizard – 2, бесплатно предоставляемый фирмой Silicon Laboratories (его можно загрузить непосредственно с интернет-сайта) [9]. Новый мастер конфигурации имеет новый более удобный графический интерфейс, включающий главное окно проекта, в котором помещается генерируемый код инициализации на языке ассемблера или на языке C51, и открывающиеся через меню Perpherals окна периферийных узлов, где с помощью специальных опций можно конфигурировать эти узлы (см. рис. 3). В отличие от предшествующей модели в генерируемый код включаются только необходимые фрагменты программного кода. Для этого он формируется как процедура Init_Device, включающая вызовы процедур инициализации отдельных узлов. Процедура Init_Device сохраняется в отдельном файле, который присоединяется к проекту МК-системы. Кроме этого, имеется возможность сохранения самого проекта конфигурации, что значительно упрощает возможные коррекции конфигурации по мере отладки проекта МК-системы.

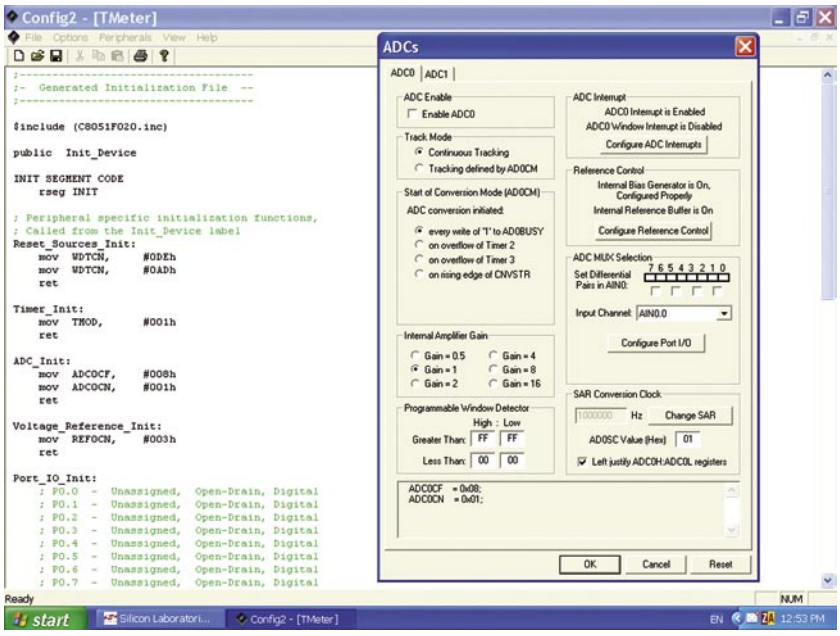


Рис. 3. **Новый мастер конфигурации Configuration Wizard-2 от Silicon Laboratories**

НОВЫЕ БАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ

В этом году фирма Silicon Laboratories предоставила своим потребителям четыре новых базовых проекта. Первый из них [10] демонстрирует возможности управления шаговым электродвигателем, второй [11] — возможности управления бесколлекторным электродвигателем постоянного тока без встроенного датчика. Оба проекта позволяют использовать для передачи команд управления с базового компьютера стандартное приложение Hyper Terminal операционной системы Windows и последовательный COM-порт компьютера. Причем в первом проекте использован реальный порт, а во втором — виртуальный, построенный с помощью микросхемы моста USB-UART производства Silicon Laboratories. Третий проект [12] демонстрирует возможности построения термокомпенсированных часов реального времени. Для измерения температуры используются датчик температуры и АЦП МК. Демонстрационные программы и плата проекта позволяют организовать отображение информации на экране базового компьютера с помощью приложения Hyper Terminal через COM-порт или с помощью специальной программы TC RTC SMBus Test через параллельный порт LPT, на котором эмулируется шина SMBus. Четвертый проект [13] демонстрирует возможности использования МК для подключения миниатюрных карт флэш-памяти SD, MMC и CompactFlash к компьютеру через порт USB.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МК СМЕШАННОГО СИГНАЛА

Анализ новых продуктов двух ведущих мировых производителей МК смешанного сигнала позволяет выделить следующие тенденции их развития:

— выпуск наряду с универсальными проблемно-ориентированных МК, имеющих на кристалле дополнительные аппаратные средства, предназначенные для определенного класса МК-систем;

— производство широкого спектра моделей МК: от компактных дешевых МК с малым количеством выводов и малыми объемами памяти до мощных МК с большими объемами памяти и повышенным быстродействием;

— возврат к использованию более дешевой однократно программируемой памяти программ, поддерживаемой эмуляцией МК с использованием его флэш-аналога.

Нетрудно заметить, что реализация этих тенденций позволяет МК смешанного сигнала конкурировать со специализированными БИС (ASIC) в крупносерийном и массовом производстве изделий электроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. High Performance Mixed Signal Microcontrollers. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

2. Precision Analog Microcontrollers. Analog Devices, Inc., 2007 (www.analog.com/microcontroller).

3. Microcontroller Development Tools. Solutions Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

4. QuickStart™ Development System. Get Started Guide. V.1.0. Analog Devices, Inc. (www.analog.com/microcontroller).

5. C8051T60x. Mixed Signal OTP EPROM MCU Family. Data Sheet. Silicon Laboratories, Inc., 2007 (www.silabs.com).

6. Precision Analog Microcontroller ARM7TDMI with 12-bit ADC and DDS DAC. ADuC7128/ADuC7129. Data Sheet. Analog Devices, Inc., 2007 (www.analog.com/microcontroller).

7. C8051T60x Development Kit User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2007 (www.silabs.com).

8. ToolStick C8051F330 Daughter Card User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

9. www.silabs.com/public/documents/software_doc/othersoftware/Microcontrollers/en/ConfigAndConfig2Install.exe

10. Stepper Motor Reference Design Kit User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

11. Sensor Less BLDC Motor Reference Design Kit User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

12. Temperature Compensated Real Time Clock Reference Design Kit User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).

13. USB Mass Storage Device Reference Design Kit User's Guide. Silicon Laboratories, Inc., 2006 (www.silabs.com).