

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ**

2001 май № 5 (45)

МАССОВЫЙ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**Учредитель и издатель:**
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА **VD MAIS**Зарегистрирован
Министерством информации
Украины 24.07.96 г.
Свидетельство о регистрации
серия КВ № 2081Б
Издается с мая 1996 г.
Подписной индекс 40633**Главный редактор:**
В.А. Романов**Зам. главного редактора:**
А.В. Ермолович**Редакционная коллегия:**В.В. Гирич
В.А. Давиденко
Н.Б. Малиновский
Г.Д. Местечкина
В.А. Тодосийчук
С.Б. Яковлев**Набор:**

А.В. Ходищенко

Верстка:

М.С. Заславская

Дизайн:

А.А. Чабан, М.С. Заславская

Адрес редакции:Украина, Киев,
ул. Жилианская, 29**Тел.:** (044) 227-2262, 227-1356**Факс:** (044) 227-3668**E-mail:** info@vdmals.kiev.ua**Интернет:** www.vdmals.kiev.ua**Адрес для переписки:**

Украина, 01033, Киев, а/я 942

Цветоделение и печать

ДП "Такі справи"
т./ф.: 446-2420

Подписано к печати 23.05.2001

Формат 60x84/8

Тираж 1000 экз.

Зак. № 105-153-0623

СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ*Микропроцессоры: вчера, сегодня, завтра* 3*Лучшие процессоры 2000 г.* 14**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES***Высокоскоростные микросхемы для обработки сигналов* 17**СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ***16-разрядные микроконтроллеры* 34**ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ***Сигнальные лампы для светофоров* 42**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ***Надежные и недорогие датчики давления* 46*Микромощные компараторы**позволяют увеличить ресурс батарейного питания* 46*Совмещенный дисковод* 47**ВЫСТАВКИ***Elcom Ukraine 2001* 47**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ***Дифференциальный драйвер с минимальным уровнем искажений* 48Перепечатка опубликованных в журнале материалов допускается с разрешения редакции.
За рекламную информацию ответственность несет рекламодатель.

DSPs AND MICROCONTROLLERS

<i>Microprocessors: Past, Current State and Perspectives</i>	3
<i>The Best Processors of Year 2000</i>	14

THE ANALOG DEVICES SOLUTIONS BULLETIN

<i>High-Speed Signal Processing</i>	17
---	----

DSPs AND MICROCONTROLLERS

<i>16-Bit Microcontrollers</i>	34
--------------------------------------	----

OPTOELECTRONIC DEVICES

<i>LED Lamps for Traffic Lights</i>	42
---	----

NEWS BRIEFS

<i>Low Cost and Reliable Pressure Sensors</i>	46
<i>Nanopower Comparators Increase Battery Life with Low Supply Current Consumption</i>	46
<i>Combined Disk Drive</i>	47

EXHIBITIONS

<i>Elcom Ukraine 2001</i>	47
---------------------------------	----

PERSPECTIVE PRODUCTS

<i>Differential Driver with Low Distortions</i>	48
---	----

ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

May 2001 No 5 (45)

Monthly
Scientific and Technical
Journal

Founder and Publisher:
Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
V.A. Davidenko

Head Editor
V.A. Romanov

Managing Editor
A.V. Yermolovich

Editorial Board
V.V. Girich
V.A. Davidenko
N.B. Malynovskyy
G.D. Mestechkina
V.A. Todosiychuk
S.B. Yakovlev

Type and setting
A.V. Hodischenko

Layout
M.S. Zaslavskaya

Design
A.A. Chaban, M.S. Zaslavskaya

Address:
Zhilyanska St. 29, P.O. Box 942,
01033, Kyiv, Ukraine

Tel.:
(380-44) 227-2262
(380-44) 227-1356

Fax:
(380-44) 227-3668

E-mail:
info@vdmairs.kiev.ua

Web address:
www.vdmairs.kiev.ua

Printed in Ukraine

Reproduction of text and illustrations
is not allowed without written permission.



МИКРОПРОЦЕССОРЫ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

В статье приведен обзор современных микропроцессоров разных производителей, отмечены достижения и тенденции в развитии архитектуры микропроцессоров и сигнальных процессоров.

В. Охрименко

Несмотря на многообещающее название, в одной статье невозможно охватить все проблемы и тенденции развития микропроцессоров. Цель данной статьи — ознакомить с основными этапами развития микропроцессоров для средств вычислительной техники и на примере наиболее популярных микропроцессоров, микроконтроллеров и сигнальных процессоров, выпускаемых ведущими производителями, проследить основные тенденции в развитии их архитектуры, дать краткий обзор современных типов этих ИМС и показать перспективы совершенствования.

Вряд ли сегодня можно представить деятельность человека без современных персональных компьютеров, больших ЭВМ и других средств вычислительной техники. Массовому внедрению компьютеров в деятельность человека способствовали успехи, достигнутые в полупроводниковой электронике. Трудно поверить, что первая электронно-счетная машина (1948 г.) была создана до изобретения первой интегральной микросхемы. Без прогресса в технологии полупроводниковой электроники, на базе которой создаются интегральные схемы, не появилась бы охватывающая всю планету мировая информационная паутина — Интернет — и глобальные системы мобильной связи, не были бы достигнуты успехи в освоении космического пространства и многое другое.

XX век можно смело считать веком высоких технологий. Самый яркий пример высоких технологий XX века — полупроводниковая электроника, на базе которой и создаются интегральные схемы. Весьма знаменательно, что в последний год ушедшего столетия Нобелевским лауреатом в области физики стал американский ученый Дж. Килби — один из создателей первой интегральной микросхемы (сентябрь 1958 г., фирма Texas Instruments) [1]. Необходимо отметить, что транзистор был изобретен десятью годами ранее (1947 г.), а идея интегральной схемы была предложена американским ученым Д. Даммером в 1954 г. Первая интегральная схема, фотография которой приведена на рис. 1, состояла всего из одного германиевого транзистора, трех

резисторов и конденсатора. Тем не менее, это было революционным открытием в электронике. Дж. Килби изобрел не просто интегральную схему — он открыл дорогу в будущее.

Заинтересованные читатели безусловно знакомы с основными параметрами современных микропроцессоров: разрядностью, производительностью, потребляемой мощностью и т. д. В полной мере оценить прогресс средств вычислительной техники за последние 50 лет можно простым сравнением технических характеристик первых ЭВМ с возможностями и характеристиками современных микропроцессоров типа Pentium III или Pentium 4.

Первая в СССР электронно-счетная машина была создана в 1951 г. Потребляемая ею мощность составляла 25 кВт, а универсальное арифметико-логическое устройство выполняло всего 50 арифметических или логических операций в секунду.

Супер-ЭВМ Cray-1 [2] была реализована на ЭСЛ микросхемах в 1975 г. Длительность машинного цикла Cray-1 составляла 12.5 нс, что обеспечивало производительность порядка 100 миллионов арифметических операций в секунду. Cray-1 содержала примерно 300 000 микросхем, которые были размещены в объеме 2.8 м³. Концентрация большого количества микросхем в малом объеме была обусловлена минимизацией длины соединяющих проводников и создавала серьезную проблему отвода тепла, выделяемого при работе. В Cray-1 тепловая энергия отводилась по каналам охлаждения сжатым фреоном. Стоимость супер-ЭВМ Cray-1 составляла от 10 до 15 млн. долларов в зависимости от объема памяти и периферийного оборудования.

Поскольку в развитии средств вычислительной техники первоочередную роль играют достижения в технологии полупроводниковой электроники, представляет интерес рассмотреть особенности современной микроэлектронной базы.

Производительность процессоров в первую очередь зависит от тактовой частоты и архитектуры процессоров. Под архитектурой процессоров (микропроцессоров) здесь и далее понимается структурная организация процессора, включающая процессорное (вычислительное) ядро, память, функциональные устройства, периферийные контроллеры и связи между ними. Сложность и функциональные возможности архитекту-



Рис. 1. Интегральная микросхема, созданная Дж. Килби

ры в основном определяются количеством логических элементов, интегрированных на кристалле. Для увеличения тактовой частоты и реализации сложных процессорных архитектур необходимо уменьшать размеры отдельных транзисторов. Для сравнения микропроцессор серии 386 (Intel) имеет 275 тыс. транзисторов, микропроцессор 486SX — 1.6 млн., Pentium — 3.1 млн. транзисторов, а его последующие модификации Pentium Pro — 5.5 млн. транзисторов, Pentium II — 7.5 млн., Pentium III — 8.5 млн., а новый Pentium 4 имеет 42 млн. транзисторов. Увеличение интеграции обеспечивает реализацию на одном кристалле внешних по отношению к микропроцессору устройств, в первую очередь, памяти, что позволяет избавиться от внешних линий связи и тем самым повысить быстродействие системы в целом. Сегодня можно считать освоенной технологию, обеспечивающую на базе фотолитографического процесса получение транзистора с размерами 0.13 мкм. Следует отметить, что, по мнению специалистов, прогнозируемый минимальный размер транзистора составит 0.1 мкм к 2005 г., 70 нм к 2008 г., 50 нм к 2011 г. и 20 нм к 2014 г. [3].

Современный уровень полупроводниковой технологии ярко иллюстрируют параметры новых процессоров фирмы Intel и Texas Instruments.

В процессоре Pentium III, реализованном на базе технологии 0.18 мкм, достигнута тактовая частота процессора 1 ГГц, а тактовая частота системной шины составляет 133 МГц. В новом процессоре Pentium 4 на базе той же технологии тактовая частота процессора составляет 1.4 ГГц. Такая высокая тактовая частота при 64-разрядной шине данных обеспечивает скорость обмена данными с памятью, равную 3.2 Гбайта/с. Кроме того, на кристалле процессора интегрирована кэш-память первого уровня объемом 8 кбайт и второго уровня объемом 256 кбайт. В Pentium III и Pentium 4, реализованных на базе технологии 0.13 мкм, тактовая частота будет составлять соответственно 1.26 ГГц и 2 ГГц [4]. Увеличение реальной производительности процессора зависит не только от повышения тактовой частоты, но и развития архитектуры.

По оценке специалистов фирмы Texas Instruments, мирового лидера в области сигнальных процессоров, в 2005 г. будет освоена технология 0.075 мкм, что позволит довести количество транзисторов, интегрированных на кристалле одного сигнального процессора, до 100 миллионов. В будущем освоение новых технологий позволит увеличить тактовую частоту сигнальных процессоров до 1.1 ГГц, а количество транзисторов в составе одного сигнального процессора до 500 миллионов. К 2010 г. предполагается создание сигнального процессора с производительностью 3 триллиона инструкций в секунду [5]. В сигнальных процессорах второго поколения TMS320C64x, построенных

на базе усовершенствованной VLIW (Very Long Instruction Word) архитектуры и технологии 0.1 мкм, предполагается увеличить тактовую частоту до 1.1 ГГц, что обеспечит производительность 8 800 MIPS.

Вместе с тем, нельзя забывать, что увеличение количества транзисторов на кристалле и усложнение архитектуры микропроцессоров в очередной раз поднимает сопутствующие проблемы — надежность готовых изделий, сложность автоматического проектирования, тестирование готовых изделий и другие.

Принятая на начальном этапе развития средств вычислительной техники классификация процессорных устройств, реализованных на одном кристалле (микропроцессоры общего назначения для числовой обработки; микроконтроллеры для простых систем управления/контроля; сигнальные процессоры для цифровой обработки сигналов), по мере усовершенствования архитектуры процессорного ядра и внедрения новых технологий претерпела существенные изменения. С учетом взаимного влияния архитектуры микропроцессоров разных типов в дальнейшем возможно потребуются новые принципы классификации микропроцессоров. До настоящего времени десятки фирм, среди которых Analog Devices, Atmel, Dallas Semiconductor, Oki, Philips, Infineon Technologies, Silicon Storage Technologies, Temic и другие, продолжают выпуск аналогов микроконтроллера 8051 (фирма Intel) — родоначальника всех микроконтроллеров. В микроконтроллере 8051 реализована CISC (Complex Instruction Set Computer) архитектура процессорного ядра, которая оперирует с полным набором инструкций. В классическом микроконтроллере 8051 для выполнения большинства инструкций требуется 12 машинных тактов. Фирма Dallas Semiconductor выпускает аналог микроконтроллера 8051, в котором основные инструкции выполняются за четыре такта. В аналогах микроконтроллера 8051, выпускаемых фирмами Infineon и Philips Semiconductors, для выполнения основных инструкций требуется шесть машинных тактов. Всего в микроконтроллере 8051 реализовано 255 инструкций. Фирмой Intel выпускаются также микроконтроллеры MCS151/251, полностью совместимые на уровне кодов инструкций с микроконтроллером 8051. В 1994 г. фирма Philips Semiconductors, выпускающая более 60 модификаций микроконтроллера 8051, создала на базе популярной 8-разрядной архитектуры оригинальный 16-разрядный микроконтроллер 8051XA, совместимый на уровне кодов инструкций с микроконтроллером 8051. Микроконтроллер 8051XA может работать в двух режимах: расширенном и в режиме совместимости. В расширенном режиме используются новые возможности микроконтроллера, в том числе и эффективные инструкции для мультизадачной обработки. В микроконтроллере 8051XA большинст-



во инструкций типа регистр-регистр выполняется за три машинных такта (100 нс) при тактовой частоте 30 МГц. Всего в микроконтроллере 8051XA реализовано 479 инструкций [6].

Одна из проблем, существующих при использовании полного набора инструкций (CISC-архитектура), состоит в сложности реализации компилятора. Применение полного набора инструкций, не формируемых компилятором, не имеет смысла. Предпочтительнее использовать сокращенный набор инструкций. В результате поиска наиболее оптимальной архитектуры для числовой обработки появилась архитектура процессорного ядра с сокращенным набором инструкций — RISC (Reduced Instruction Set Computer) архитектура. Идея RISC архитектуры родилась у разработчиков больших ЭВМ. Они установили, что разные виды данных имеют различную частоту появления. Наибольшую частоту появления (более 50 %) имеют локальные данные, а на вызов процедур приходится не менее 30 % всего времени обработки. С другой стороны, одной из типичных структур данных при числовой обработке являются векторные данные. Понятие вектор, часто применяемое в вычислительной технике, отличается от понятия вектора в математике и физике. Вектор — это упорядоченный список данных. Число элементов списка — длина вектора. Идеальный случай, если весь список можно хранить в регистровом файле процессорного ядра (т. е. количество регистров равно длине вектора). В таком случае при обращении к данным, содержащимся в регистровом файле, можно достичь максимального быстродействия. Регистровый файл или векторные регистры можно рассматривать как буферную память, расположенную между операционным блоком процессорного ядра и основной памятью. Структурная схема процессорного ядра с RISC архитектурой, реализованного в микроконтроллерах семейства MSP430 фирмы Texas Instruments, приведена на рис. 2. Кроме того, крайне выгодно иметь возможность с помощью одной инструкции выполнять операции над множеством данных, которые могут быть расположены в памяти или регистровом файле. Подобные инструкции позволяют реализовать ортогональную (симметричную) структуру, что дает возможность выполнять каждую операцию с любым регистром, используя при этом любой набор команд (рис. 3) [7]. Сокращение набора инструкций позволяет уменьшить площадь, занимаемую процессорным ядром на кристалле, а следовательно, предполагает расширение площади для внутренних регистров

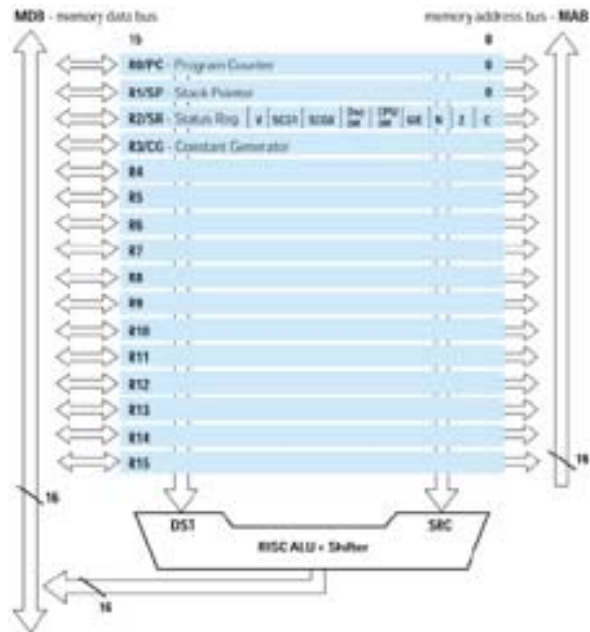


Рис. 2. Структурная схема процессорного ядра с RISC-архитектурой (MSP430)

(регистрового файла). В микропроцессорах с сокращенным набором инструкций повышение эффективности достигается также за счет применения компилятора для непосредственной трансляции программ, написанных на языках высокого уровня. В настоящее время многие фирмы выпускают 8- и 16-разрядные микроконтроллеры с RISC-подобной архитектурой. Это фирмы Atmel (серия AVR), Texas Instruments (серия MSP430), Infineon (серия 166) и др.

Первоначально архитектура процессорного ядра разрабатывалась на основе принципа последовательной обработки данных, т. е. поочередного выполнения операций в соответствии с заданной последовательностью. Вычислительные системы такого типа относятся к SISD (Single Instruction Single Data) системам, т. е. к системам с одним потоком инструкций и одним потоком данных. При этом подразумевается, что инструкция, выбираемая управляющим устройством,

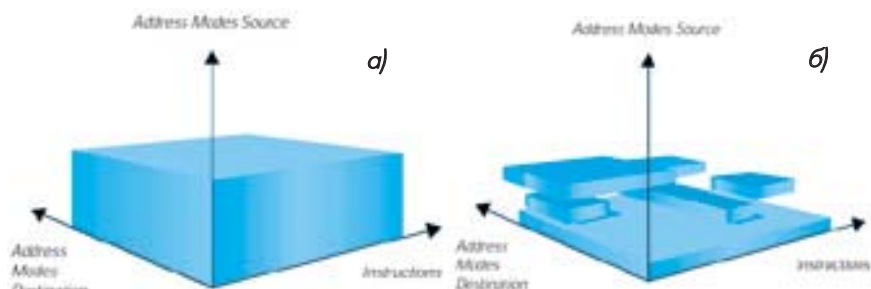


Рис. 3. Ортогональная (а) и неортогональная (б) структуры

передается для выполнения одному операционному блоку, в результате чего формируется одиночный результат. Однако при инженерно-технических расчетах, обработке графической информации, электрических сигналов и изображения определенные процедуры могут выполняться параллельно. В процессе компиляции программу можно разделить на параллельные ветви, а, следовательно, и распределить вычислительные ресурсы. Поэтому во многих случаях повышение быстродействия микропроцессора может быть достигнуто распараллеливанием процесса обработки.

Один из видов параллельной обработки — реализация принципа: один поток инструкций — много потоков данных. Системы, в которых реализован подобный принцип, относятся к SIMD (Single Instruction Multiple Data) системам. В SIMD системах инструкции, выбираемые управляющим устройством, одновременно передаются множеству операционных блоков с одинаковой структурой, и все операционные блоки параллельно выполняют одну и ту же операцию. Одновременное управление множеством операционных блоков с помощью одного управляющего устройства позволяет избавиться от устройства последовательного управления каждым операционным блоком и тем самым упростить архитектуру. Сигнальные процессоры ADSP-21161 и ADSP-21160 фирмы Analog Devices относятся к процессорам с SIMD архитектурой процессорного ядра. Только за счет реализации в ADSP-21160 SIMD архитектуры стало возможным в два раза увеличить производительность по сравнению с ADSP-21060, архитектура процессорного ядра которого классифицируется как SISD архитектура. Процессорное ядро ADSP-21160 содержит два полностью независимых вычислительных устройства, каждое из которых включает арифметико-логическое устройство, умножитель и регистровый файл данных, что позволяет выполнять независимую обработку потоков данных (к примеру, идентичная двухканальная обработка). В ADSP-TS001 (Tiger SHARC) — новом сигнальном процессоре фирмы Analog Devices, выпуск которого должен начаться в ближайшее время, — кроме двух полноценных вычислительных устройств (как в ADSP-21160), предназначенных для обработки чисел с плавающей точкой, имеются еще два дополнительных целочисленных ALU (JALU и KALU). Справедливости ради следует отметить, что из четырех ALU только два основных поддерживают режим SIMD (как в ADSP-21160). Характерная особенность ADSP-TS001 — возможность суперскалярной обработки, т. е. одновременного выполнения нескольких инструкций в параллельно работающих вычислительных устройствах (четыре операции с 32-разрядными числами). Целочисленные ALU используются главным образом в качестве генераторов адресов и, кроме того, могут выпол-

нять операции сложения и вычитания. Структурная схема ADSP-TS001 приведена на рис. 4.

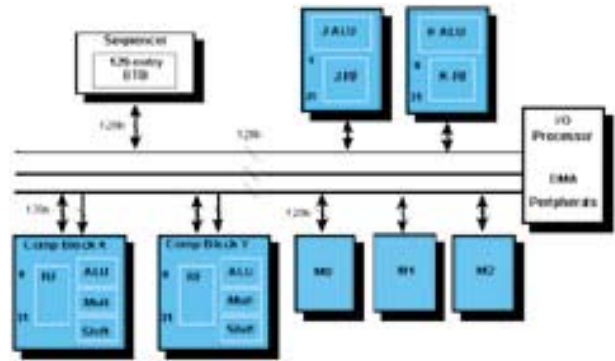


Рис. 4. Структурная схема ADSP-TS001

Другой вид параллельной обработки — параллельное выполнение всех этапов обработки в пределах одного и того же процесса. При конвейерной обработке отдельные этапы выполняются последовательно во времени, т. е. осуществляется распараллеливание по временной оси. Поэтому конвейерная обработка может быть применена в процессорах с последовательным управлением. Конвейерная организация вычислений эффективна при реализации алгоритма быстрого преобразования Фурье. В основном достижения по внедрению конвейерной обработки сосредоточены на уровне выборки и обработки инструкций. В подавляющем большинстве современных микропроцессоров используется принцип конвейерной обработки инструкций.

Мультипроцессорные системы — это, как правило, вычислительные системы с MIMD (Multiple Instruction Multiple Data) архитектурой, т. е. системы с множественным потоком инструкций и множественным потоком данных. В мультипроцессорных системах происходит распараллеливание обработки данных за счет взаимодействия множества процессоров. Типичным примером может служить система, составленная из нескольких процессоров. Основное преимущество мультипроцессорной системы заключается в возможности ее перестройки (настройки) для эффективной реализации конкретного алгоритма. Перестройка мультипроцессорной системы предполагает не физическое изменение установленных связей между отдельными процессорами, а изменение, в первую очередь, направления и скорости потока данных и команд внутри системы без изменения физических связей. Это позволяет организовать интенсивную мультипроцессорную обработку данных. Мультипроцессорная обработка подразумевает эффективную совместную работу процессоров для осуществления необходимых вычислений. Обмен данными между процессорами



осуществляется через общую память (классический пример мультипроцессорной системы с сильной связью) или через каналы связи, непосредственно соединяющие отдельные процессоры.

Обмен через общую память предполагает существование скоростной, общей для всех процессоров, шины данных, выполняющей арбитраж захвата этой шины. Обмен через общую память имеет существенный недостаток — снижение скорости обмена данными и уменьшение общей производительности системы при интенсивном обращении к общей памяти вследствие увеличения времени занятости шины.

Для обмена данными через каналы связи в процессорах должны быть реализованы высокоскоростные двунаправленные каналы связи.

В SHARC (Super Harvard Architecture Computer) процессорах ADSP-2106x и ADSP-2116x реализованы все перечисленные виды обмена данными. Внешний 48-разрядный (ADSP-2106x) или 64-разрядный (ADSP-2116x) порт со встроенной логикой арбитража и семь областей встроенной памяти, предназначенной для мультипроцессорного обмена данными, позволяют реализовать кластеры процессоров (до шести процессоров в кластере) без каких-либо дополнительных затрат (рис. 5.) [8].

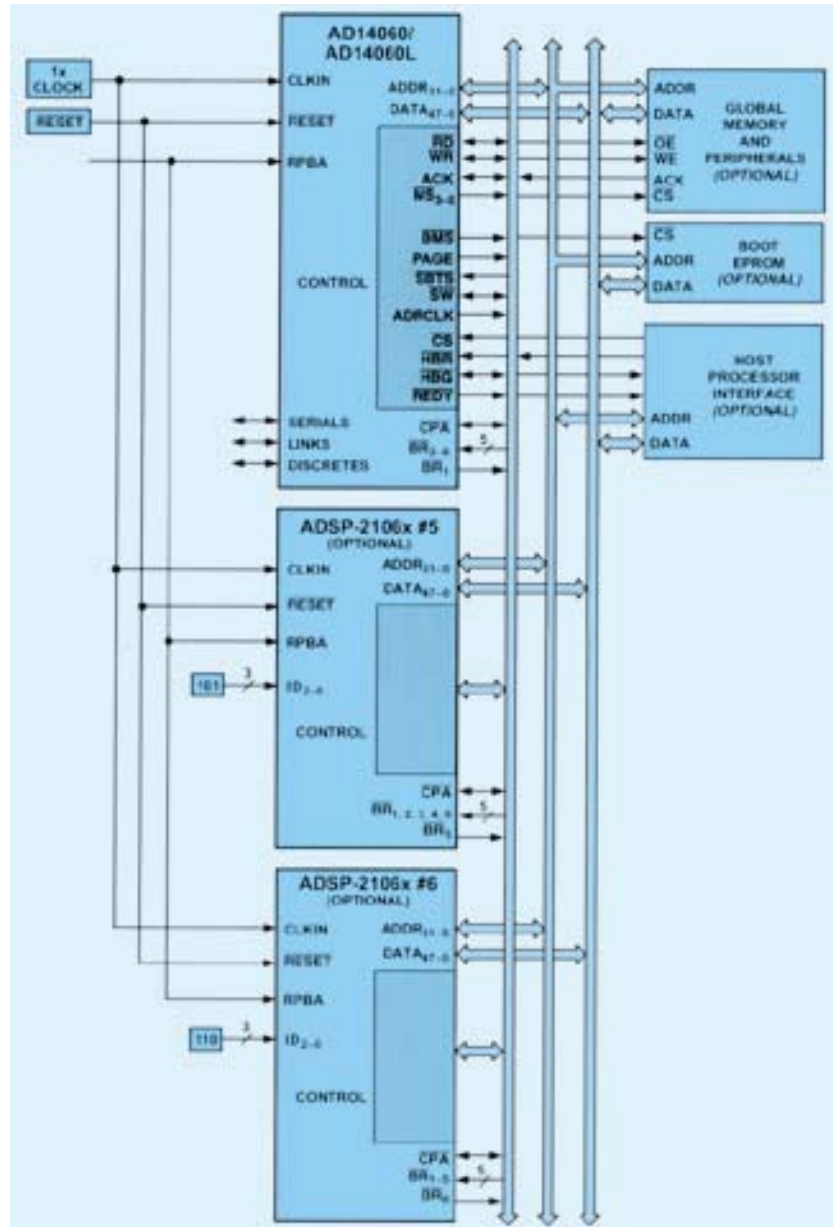


Рис. 5. Процессорный кластер

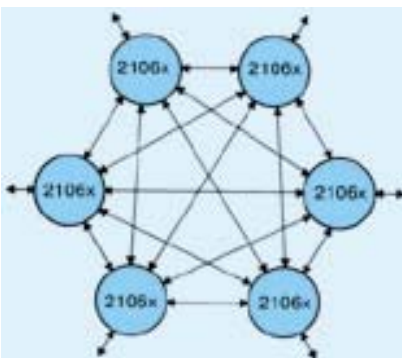


Рис. 6. Пример мультипроцессорной структуры

Мощнейшим средством для создания разных мультипроцессорных структур служат шесть 4-разрядных (ADSP-2106x) или 8-разрядных (ADSP-2116x) скоростных двунаправленных

Link-портов с простым управлением, обеспечивающих непосредственный обмен данными между отдельными процессорами системы (рис. 6). Кроме того, в SHARC процессорах имеется сопроцессор ввода/вывода, включающий контроллер DMA, который управляет обменом данными через внешний порт, Link и последовательные порты, не уменьшая при этом производительность процессорного ядра.

Кроме больших аппаратных затрат, связанных с созданием мультипроцессорных систем, существует проблема создания эффективной программы взаимодействия отдельных процессоров в системе.

Обычно под обработкой сигналов подразумевается преобразование электрических сигналов, речи, видеоинформации и многих других сигналов. Все перечисленные виды сигналов по сравнению с числами и символами отличаются большим информационным объемом. Звук и изображение являются самыми оптимальными для человеческого восприятия, однако для обработки и анализа звука и изображения требуется очень большая скорость вычислений, которые зачастую должны выполняться в масштабе реального времени [9]. Для цифровой обработки сигналов (быстрое преобразование Фурье, цифровая фильтрация и т. п.) выпущено множество специализированных заказных интегральных микросхем.

В настоящее время цифровые сигнальные процессоры применяются в средствах автоматизации технологических процессов для обработки сигналов датчиков, при распознавании изображений (например, сравнение печатей, распознавание почерков и отпечатков пальцев, распознавание символов, автоматическое считывание рисунков, чертежей и текстов). В медицине с помощью сигнальных процессоров осуществляется анализ изображений, полученных с помощью микроскопов, рентгеновских и инфракрасных лучей, ультразвука, используемых в дальнейшем для диагностики заболеваний. Сигнальными процессорами осуществляется цифровая обработка в компьютерной томографии (анализ многослойных сечений), производимой с помощью рентгеновских лучей или потока позитронов, и многое другое. Обработка сигналов в современных средствах телекоммуникаций немыслима без применения цифровых сигнальных процессоров.

Сегодня множество фирм, среди которых такие известные, как Analog Devices, Lucent Technologies, Motorola, Texas Instruments, выпускают сигнальные процессоры с фиксированной и плавающей точкой. Архитектура всех сигнальных процессоров основана на принципах классической гарвардской архитектуры (архитектура многих современных микроконтроллеров также построена на принципах гарвардской архитектуры). В отличие от фон-неймановской архитектуры, в которой данные и инструкции хранятся в общей памяти, в гарвардской архитектуре предусмотрена отдельная память данных и программ.

Одним из недостатков фон-неймановской архитектуры являются многочисленные потоки информации между процессорным ядром и основной памятью, не имеющие непосредственного отношения к обработке данных. Чтобы обеспечить максимальное быстродействие процессорного ядра, необходима дорогостоящая быстродействующая основная память. Поскольку для процессорного ядра характерна высокая локальность обращения к памяти, целесообразно реализовать встроенную в кристалл быстродействующую бу-

ферную память (кэш-память), расположенную между процессорным ядром и основной памятью. В кэш-память перезаписываются текущие инструкции и данные, хранящиеся в основной памяти. Кэш-память имеет сложную систему управления и структурную организацию. В простейшем случае в структуру кэш-памяти входят массив данных и справочник. В массив данных копируются соответствующие блоки данных из основной памяти, а их адреса заносятся в справочник. Обычно вначале происходит обращение к кэш-памяти. При совпадении адреса данных, к которым происходит обращение, с адресом, хранимым в справочнике ("совпадение кэша"), происходит считывание данных из кэш-памяти. При несовпадении адреса ("несовпадение кэша") выполнение инструкции приостанавливается и выполняется обмен между кэш-памятью и основной памятью. При "несовпадении кэша" происходит замещение наименее используемого в прошлом блока кэш-памяти. Характерной особенностью современных высокопроизводительных сигнальных процессоров является наличие кэш-памяти.

TMS320C30 (фирма Texas Instruments, 1988 г.) — один из первых сигнальных процессоров, в котором реализована кэш-память программ объемом 64 32-разрядных слова. В TMS320C30 кэш-память программ используется для хранения наиболее часто повторяющихся инструкций, что позволяет уменьшить количество обращений к внешней памяти. Внешние шины TMS320C30 освобождаются таким образом для операций прямого доступа к памяти (DMA) или ввода/вывода. В первом сигнальном процессоре для мультипроцессорных систем TMS320C40, появившемся в конце 80-х годов, реализована кэш-память программ объемом 128 32-разрядных слов.

В сигнальных процессорах ADSP-2116х, которые относятся ко второму поколению процессоров с супергарвардской архитектурой, предусмотрена кэш-память программ объемом 32 48-разрядных слова (длина инструкции составляет 48 разрядов). В сигнальных процессорах TMS320C6211 и TMS320C6711 встроенная RAM-память может быть конфигурирована как двухуровневая кэш-память, состоящая из кэш-памяти программ или данных первого уровня объемом 4 кбайта и унифицированной кэш-памяти второго уровня объемом 64 кбайта.

VLIW архитектура, рождение которой связано с поисками новых решений в распараллеливании процесса вычислений, реализована в сигнальных процессорах с фиксированной и плавающей точкой семейства TMS320C6000. В 1997 г. фирма Texas Instruments анонсировала свой первый сигнальный процессор на базе усовершенствованной VLIW архитектуры — TMS320C6201. И хотя он был изготовлен по технологии 0.25 мкм, оказалось возможным, с учетом энерго-



потребления, реализовать на одном кристалле восемь операционных блоков (рис. 7) [10]. В настоящее время выпускается TMS320C6203 производительностью 2400 MIPS, который изготавливается по технологии 0.18 мкм и по сравнению с TMS320C6201 имеет значительно меньшую мощность потребления. В процессорном ядре, которое является базовым для всего семейства TMS320C6000, реализовано два умножителя и шесть ALU, два из которых используются для вычисления адреса при пересылке данных между регистровыми файлами и памятью. Таким образом, восемь операционных блоков позволяют за один машинный такт выполнять параллельно восемь RISC-подобных 32-разрядных инструкций, упакованных в 256-разрядное командное слово. Все операционные блоки полностью независимы, что дает возможность компилятору и оптимизатору комбинировать блоки. Считываемое из памяти командное слово всегда состоит из 256 раз-

работка алгоритма, а формирование программного кода — дело программного обеспечения.

Сигнальные процессоры семейства TMS320C6000 с плавающей точкой отличаются от процессоров с фиксированной точкой тем, что в шести из восьми операционных блоков реализована арифметика с плавающей точкой. Немаловажное достоинство сигнальных процессоров с фиксированной и плавающей точкой семейства TMS320C6000 состоит в том, что они совместимы не только на уровне кодов инструкций, но и по расположению выводов. Это крайне выгодно и удобно при разработке систем. Первоначально на процессоре с плавающей точкой обрабатывается оптимальный алгоритм обработки данных (высокая производительность и точность это позволяют), а затем, когда определены все параметры в готовом изделии, можно перейти на процессор с фиксированной точкой, который значительно дешевле.

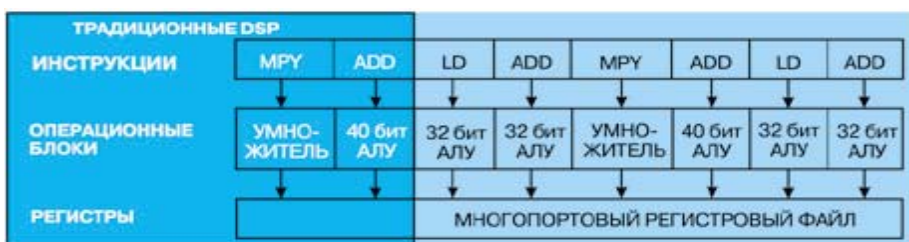


Рис. 7. Структура процессорного ядра с VLIW архитектурой (TMS320C6000)

рядов, однако длина исполняемого командного слова может быть разной. В каждой 32-разрядной инструкции резервируется один разряд (младший) для указания, будет ли она выполняться параллельно с соседними. Этот разряд устанавливается компилятором. Инструкции, которые выбираются для одновременного выполнения, образуют исполняемое командное слово. Выполнение инструкций, которые не будут выполняться параллельно, задерживается. До выполнения всего командного слова новое командное слово не выбирается из памяти. Подобное решение, реализованное в TMS320C6000, уменьшает в конечном счете размер программного кода на 80 % по сравнению с классической VLIW архитектурой, хотя результирующая плотность кода все же меньше той, которая достигается при компоновке в традиционных сигнальных процессорах. Все инструкции могут выполняться условно, а с помощью большинства инструкций можно получить доступ к любому из 32 регистров регистрового файла. Для реализации всех преимуществ VLIW архитектуры разработаны эффективный C компилятор и оптимизатор ассемблерного кода, которые позволяют автоматически компилировать программы, написанные пользователем на языке высокого уровня, в программы, оптимизированные для параллельной обработки. Таким образом, основное занятие программиста — раз-

работка алгоритма, а формирование программного кода — дело программного обеспечения. На рынке сигнальных процессоров доминируют устройства с фиксированной точкой, которых выпускается примерно в десять раз больше, чем процессоров с плавающей точкой. Причины этого в следующем. Сигнальные процессоры с фиксированной точкой значительно дешевле, имеют низкое энергопотребление и небольшие габариты. В подавляющем большинстве случаев эти факторы оказываются решающими при выборе типа процессора (в первую очередь оценивается стоимость готового изделия). Затраты на создание программного обеспечения компенсируются за счет массового выпуска изделий. Создание программ для процессоров с фиксированной точкой характеризуется большей трудоемкостью, поскольку фиксированная разрядная сетка требует аккуратного обращения как с малыми, так и с большими числами, особенно при обработке сигналов с большим динамическим диапазоном. Тем не менее, несмотря на большую трудоемкость составления программного обеспечения, сложность оптимизации и тестирования законченных программ, процессоры с фиксированной точкой широко применяются при обработке изображений и в видеоприложениях. При использовании процессоров с плавающей точкой легко решаются проблемы, связанные с обработкой сигналов с большим динамическим диапазоном, а трудоемкость составления программного обеспечения вследствие использования языков высокого уровня сравнительно невысока. Процессоры с плавающей точкой применяются главным образом в универсальных системах обработки сигналов, которые выпускаются в небольших коли-

чествах и программное обеспечение которых часто модифицируется, а время жизни составляет 10-20 лет.

Заветная мечта разработчиков микропроцессорных СБИС — создание микропроцессорной системы на одном кристалле. Реализация микропроцессорной системы в одной микросхеме позволяет сделать ее более универсальной, т. е. пригодной для большего числа применений и, в конечном счете, приводит к снижению стоимости микросхемы. Попытка создать универсальную микросхему неизбежно приводит к увеличению степени интеграции, так как на кристалле, кроме процессорного ядра, размещаются также память и разные периферийные микроконтроллеры и устройства.

Все современные микроконтроллеры, а также новый класс цифровых сигнальных процессоров — DSP-контроллеры — характеризуются большим количеством дополнительных устройств и периферийных микроконтроллеров, интегрированных на кристалле. Это, в первую очередь, разнообразные таймеры и аналоговые компараторы, которые помогают реализовать системы управления/контроля. Большинство современных микроконтроллеров имеют развитые встроенные системы ввода/вывода данных — аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые (ЦАП) преобразователи. Микроконтроллеры ADuC824, ADuC812, ADuC816 (Analog Devices); T80C51xx, T89C51CC01, T8xC51SNDI (Atmel); 8051Plus (Dallas Semiconductor); SABC500 (Infineon); 87LPC76x (Philips); MSP430F149 (Texas Instruments) со встроенными многоканальными АЦП и ЦАП эффективно применяются в разных системах сбора данных. В DSP контроллерах ADMC300/328/331/401 (Analog Devices) и TMS320C24x и TMS320C240x (Texas Instruments), созданных, в первую очередь, для управления электродвигателями, также реализованы многоканальные АЦП. Во многих современных микроконтроллерах (AT89, T80C51xx, megaAVR (Atmel); Z80 и EZ80 (Zilog); PIC17xxx и PIC18xxx (Microchip Technology Inc.); MSP430F149 (Texas Instruments) и других) в процессорном ядре реализован аппаратный умножитель, который дает возможность увеличить скорость предварительной обработки данных. Некоторые микроконтроллеры имеют встроенный температурный датчик (ADuC824, ADuC812). Встроенные мощные периферийные контроллеры для связи с "внешним миром" (UART, USART, SPI, SCI, I²C, I²S, E1/T1, MVIP, AC-97, USB, CAN и др.) позволяют увеличить гибкость применения микроконтроллеров в системах сбора и обработки данных.

Нельзя не упомянуть о широком классе микроконтроллеров со встроенными контроллерами протоколов передачи данных в промышленных сетях и, в первую очередь, CAN (Controller Area Network) шины, по-

скольку в конце девяностых годов прошлого столетия подавляющее число ведущих производителей микроконтроллеров стали поддерживать протокол CAN шины. Родившись в недрах автомобилестроительной индустрии, CAN технология стремительно проникает во все сферы человеческой деятельности, и в настоящее время протокол CAN шины стал едва ли не самым распространенным для передачи данных в промышленных автоматизированных системах управления. По крайней мере, на родине CAN технологии, в Германии, CAN шина наиболее популярна среди всех известных сетевых промышленных стандартов передачи данных. Перечислить все фирмы-производители микроконтроллеров со встроенными контроллерами CAN шины так же сложно, как и все возможные отрасли промышленности, в которых эта шина используется. Наиболее известные — Atmel (8-разрядный T89C51C01), Intel (16-разрядные AN87C196CA и AS87C196CB), Motorola (8-разрядный 68HC08AZ0, 16-разрядный 68HC912BC32, 32-разрядный MC68F396), Philips (8-разрядный P8x59x, 16-разрядный 8051XA-C3), Infineon (8-разрядные C515C, 505C/CA и 16-разрядный C161), Texas Instruments (16-разрядные TMS320F241 и TMS320F243), а также NEC, Hitachi, Microchip, Mitsubishi, Toshiba, ST Microelectronics и др. В T89C51C01, первом представителе семейства микроконтроллеров с CAN шиной фирмы Atmel, реализовано 8-разрядное процессорное ядро на базе 8051. T89C51C01 может обслуживать 15 полностью независимых каналов с протоколом CAN шины. Кроме того, в состав T89C51C01 входят: восьмиканальный 10-разрядный АЦП; 32 кбайта флэш-памяти; полнодуплексный UART порт и другие периферийные контроллеры. Новый DS80C390 (Dallas Semiconductor) — высокоскоростной (тактовая частота 40 МГц, выполнение основных инструкций осуществляется за один такт) микроконтроллер на базе усовершенствованного процессорного ядра 8051 с двумя полнофункциональными контроллерами CAN шины. Объем адресуемой внешней памяти DS80C390 расширен до 8 Мбит (4 Мбит — память программ и 4 Мбит — память данных). CAN контроллер реализует скорость передачи данных до 1 Мбит/с, что обеспечивает взаимодействие множества устройств в масштабе реального времени.

Необходимо отметить новый класс цифровых сигнальных процессоров — DSP контроллеров, созданных для прямого цифрового управления электродвигателями почти всех типов и реализации высокоэффективных источников бесперебойного питания. Высокая производительность DSP контроллеров позволяет реализовать самые сложные алгоритмы управления работой электродвигателей практически всех типов. В 2000 г. фирма Texas Instruments анонсировала но-

вый DSP контроллер TMS320C28x, который выполнен на базе модифицированной 32-разрядной гарвардской архитектуры, имеющей ряд усовершенствований по сравнению с архитектурой DSP контроллеров подобного класса. В TMS320C28x реализовано: шесть встроенных шин; умножитель/накопитель 32x32-разряда, выполняющий операции в течение одного такта и обеспечивающий высокую точность вычислений; 64-разрядное устройство циклического сдвига; восьмиступенчатый конвейер; новые инструкции типа чтение/модификация/запись. Все это обеспечивает в 20 раз большую производительность по сравнению с существующими DSP контроллерами. Отличительная особенность процессорного ядра TMS320C28x — инструкции типа чтение/модификация/запись, выполняемые в течение одного такта (рис. 8) с содержимым любой ячейки памяти без использования вспомогательных регистров (в DSP контроллерах с традиционной архитектурой подобные операции выполняются за 2-3 такта). Время реакции на прерывания TMS320C28x составляет от 20 до 40 нс, что дает возможность повысить точность систем управления, работающих в реальном масштабе времени. Микросхемы TMS320C28x будут изготавливаться по КМОП технологии 0.1 мкм. Производительность модификаций TMS320C28x будет достигать 400 MIPS при тактовой частоте 400 МГц.

Для придания большей универсальности СБИС микропроцессоров фирмы-производители интегрируют на кристалле мощные средства ввода/вывода, реализующие интерфейсы PCI (Peripheral Component Interconnect) и ISA (Industry Standard Architecture) шин, которые применяются в персональных компьютерах. Первым сигнальным процессором со встроенным интерфейсом PCI шины стал TMS320C6205. До появления этого процессора для реализации в своих сигнальных процессорах обмена данными с PCI шиной фирма Texas Instruments выпускала специализированный мост PCI-DSP типа PCI2040. В 2000 г. фирма Analog Devices анонсировала сигнальный процессор с фиксированной точкой ADSP-2192, одной из отличительных особенностей которого является встроенный интерфейс ISA и PCI шины. Эти встроенные интерфейсы от-

крывают широкие возможности для простой и недорогой реализации встраиваемых в персональные компьютеры систем обработки данных и виртуальных измерительных приборов на базе TMS320C6205 и ADSP-2192.

Пытаясь реанимировать популярный микроконтроллер 8051, фирма Cybernetic Micro Systems представила его новую концепцию — P51 (Peripheral 8051) со встроенным интерфейсом (E)ISA и PC-104 шины. Обмен данными с (E)ISA шиной выполняется через двухпортовую RAM-память объемом 4 кбайта, а 8 кбайт RAM-памяти, загружаемой со стороны (E)ISA шины, предназначены для хранения программ. Структурная схема микроконтроллера P-51 приведена на рис. 9. В процессорном ядре P-51 реализованы также 256 байт RAM-памяти данных. P-51 полностью совместим на уровне кодов с 8051. В P-51 предусмотрена возможность обмена данными с микропроцессорами типа 8051, 386EX или Z80. В P-51 добавлены шесть новых регистров управления, отсутствующие в классическом микроконтроллере 8051. Максимальная тактовая частота 8051 составляет 60 МГц, что дает возможность увеличить его производительность по сравнению с аналогами 8051, выпускаемыми разными фирмами.

Возрастание потребности в увеличении производительности при обработке данных особенно в современных системах телекоммуникаций (многоканальные высокоскоростные модемы с уплотнением данных, Интернет-телефония, мобильные сотовые радиотелефонные системы) приводит к необходимости интеграции на одном кристалле нескольких независимых процессоров. Ярким примером подобной интеграции служат ADSP-2192 (Analog Devices), TMS320VC5421 и TMS320VC5441 (Texas Instruments). Современная технология, в усовершенствовании которой особенно преуспела фирма Texas Instruments, позволяет при достаточно низком энергопотреблении реализовать на одном кристалле не только от двух до четырех процессоров, но и большой объем памяти. ADSP-2192, структурная схема которого приведена на рис. 10, при тактовой частоте 160 МГц имеет производительность 320 MIPS, а общий объем встроенной памяти составляет 2.4 Мбайта.

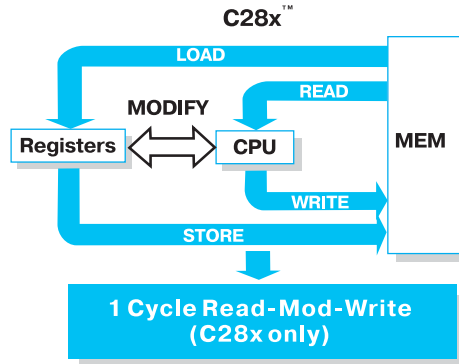


Рис. 8. Схема реализации инструкций чтения/модификации/записи

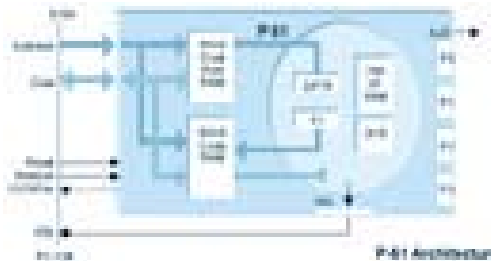


Рис. 9. Структурная схема P-51

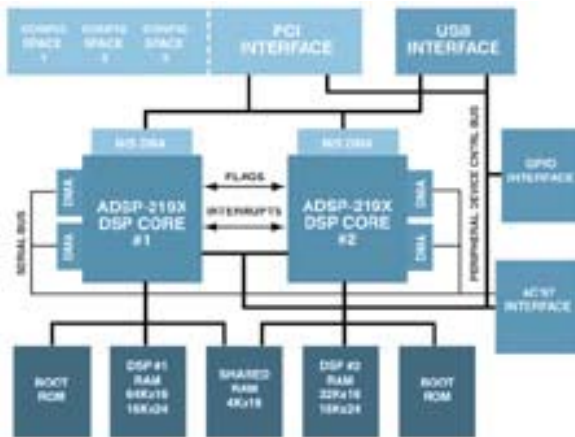


Рис. 10. Структурная схема ADSP-2192

Напряжение питания процессорного ядра ADSP-2192 — 2.5 В. TMS320VC5421 (два процессорных ядра) и TMS320VC5441 (четыре процессорных ядра) имеют соответственно производительность 200 и 532 MIPS. Общий объем встроенной памяти TMS320VC5421 составляет 256 К 16-разрядных слов, а TMS320VC5441 — 640 К 16-разрядных слов. Архитектура этих сигнальных процессоров, в первую очередь, ориентирована на реализацию систем для телекоммуникационных сетей [12]. К примеру, вычислительной мощности TMS320VC5441 достаточно для обработки двадцати четырех речевых или факсимильных каналов (вычислитель, обрабатывающий 96 каналов, размещается всего на одном квадратном дюйме печатной платы) [12].

Кроме того, сигнальные процессоры могут включать высокоточные АЦП с сигма-дельта модуляцией.

В новом 16-разрядном АЦП с сигма-дельта модуляцией AD7725 (Analog Devices) содержится специализированный сигнальный сопроцессор, выполненный на базе технологии SystolixPulse DSP и оптимизированный для реализации алгоритмов цифровой фильтрации. Уникальные возможности сопроцессора позволяют реализовать разные типы полиномиальных цифровых фильтров (до 108 коэффициентов) с любой амплитудно-частотной характеристикой (ФНЧ, ФВЧ, полосовые и заграждающие фильтры) в режиме реального времени.

В QUAD-SHARC сигнальных процессорах AD14x60 (Analog Devices), созданных на базе SHARC процессора ADSP-21060, предпринята попытка реализации законченной мультипроцессорной системы на одном кристалле. AD14x60 состоит из четырех полностью независимых сигнальных процессоров ADSP-21060, объединенных общей встроенной памятью и скоростными каналами передачи данных (4-разрядные Link и последовательные порты), что позволяет в четыре раза увеличить производительность системы.

Пиковая производительность AD14x60 составляет 480 MFLOPS (миллионов операций с плавающей точкой в секунду), а средняя — 320 MFLOPS. Максимальная скорость обмена данными через Link-порты составляет 640 Мбайт/с. Площадь, занимаемая AD14x60, на 60 % меньше той, которая потребовалась бы для реализации подобной системы на базе отдельных сигнальных процессоров типа ADSP-21060.

Еще один яркий пример мультипроцессорной системы на одном кристалле — семейство TMS320C8x (Texas Instruments), первый представитель которого — TMS320C80 — был создан еще в конце восьмидесятых годов прошлого столетия. TMS320C80 реализован на базе технологии 0.5 мкм. В состав TMS320C80 входят: основной управляющий RISC процессор производительностью 120 MFLOPS; четыре сигнальных специализированных процессора для параллельной обработки данных; память объемом 50 кбайт (пять блоков по 10 кбайт); контроллер ввода/вывода и специализированный видеоконтроллер. Общая производительность TMS320C80 составляет более 2 BOPS (миллиардов операций в секунду). Контроллер ввода/вывода обеспечивает высокую скорость обмена данными с внешней памятью (SRAM, VRAM, DRAM, SDRAM) в 8-, 16-, 32- и 64-разрядном формате. Общий объем адресуемой памяти составляет 4 Гбайта. Сигнальные процессоры работают с 64-разрядными инструкциями и 32-разрядными данными в формате с фиксированной точкой. Основные сферы применения TMS320C8x — высокоскоростные системы телекоммуникаций, обработка аудио- и видеосигналов в масштабе реального времени, анализ и обработка изображений, системы трехмерной графики. Максимальная тактовая частота составляет 60 МГц (TMS320C82).

Усовершенствование технологии изготовления энергонезависимой флэш-памяти, в чем особенно преуспели фирмы Motorola и Texas Instruments, привело к значительному сокращению времени записи и увеличению циклов стирания/перепрограммирования, а также к тому, что в последние годы подавляющее число фирм-производителей, кроме традиционной масочной ROM-, EPROM- или EEPROM-памяти, в своих микроконтроллерах и сигнальных процессорах размещают флэш-память, обладающую в ряде случаев несомненными преимуществами перед другими типами памяти. Не останавливаясь подробно на многочисленных достоинствах флэш-памяти, отметим ее основные преимущества — простоту программирования и перепрограммирования. Флэш-память, в отличие, к примеру, от масочной ROM, позволяет пользователю не зависеть от фирмы-производителя микросхем в случаях выявления ошибок в программе или желания модернизировать уже существующую систему или даже при необходимости перепрограммировать

микроконтроллер непосредственно в работающей системе (устройстве), не прерывая выполнения текущей программы.

Немаловажная отличительная особенность всех подобных микроконтроллеров, выпускаемых разными производителями, — совместимость по выводам.

Еще одна характерная особенность почти всех современных высокопроизводительных микроконтроллеров и сигнальных процессоров — встроенная система ФАПЧ, что дает возможность при сравнительно низкой частоте внешнего тактового сигнала или кварцевого резонатора обеспечить высокую тактовую частоту для работы процессорного ядра.

Несомненно, интерес представляет и процессорное ядро Nios, реализованное на базе программируемой логики семейства APEX фирмы Altera. Для реализации 32-разрядного процессорного ядра потребовалось примерно 2 % логических элементов, содержащихся в APEX (в зависимости от модификации используется от 950 до 1700 логических элементов). Поскольку Nios — программно реализуемое процессорное ядро, имеются 16- и 32-разрядные версии ALU, регистрового файла и интерфейса памяти. Структурная схема процессорного ядра на базе программируемой логики фирмы Altera приведена на рис. 11. В процессорном ядре Nios реализована конвейерная RISC по-

ма управления четырехступенчатым конвейером (выборка, декодирование, выполнение, загрузка) автоматически устраняет все возникающие на шине конфликты. Для Nios создан эффективный "дружественный" оптимизирующий транслятор, позволяющий использовать все особенности архитектуры процессорного ядра. Регистровый файл Nios содержит 512 регистров (сегменты по 32 регистра). В процессорном ядре Nios реализован блок целочисленного умножителя.

Интенсивное развитие архитектуры микропроцессоров и программируемой логики FPGA (Field Programmable Gate Arrays) привело к созданию новых изделий. Важный шаг в создании универсальных микросхем сделала фирма Atmel, которая в середине 2000 г. анонсировала новые микросхемы типа FPSLIC (Field Programmable System Level Integration Chip) — микросхемы, программируемые на системном уровне [13]. Фирма Atmel, основанная в 1984 г., на начальном этапе развития выпускала микроконтроллеры серии AT89 — аналоги 8051 (фирма Intel). В дальнейшем фирма Atmel освоила выпуск AVR-микроконтроллеров (серия AT-90) на базе усовершенствованной RISC архитектуры, которые в настоящее время получают все большее признание среди разработчиков. Фирма Atmel также хорошо известна своими достижениями в производстве программируемой логики (PLD, CPLD, FPGA) и микросхем флэш-памяти. На базе интеграции на одном кристалле фиксированного 8-разрядного процессорного ядра (AVR-микроконтроллер AT-90), быстрой статической памяти (SRAM) для хранения программ и данных и программируемой логики (FPGA) фирма Atmel предприняла попытку создать реконфигурируемую микропроцессорную систему. Программируемая логика предоставляет пользователю самостоятельно определять специализацию микросхемы для конкретной задачи. Неоценимое преимущество новых микросхем — это возможность динамической реконфигурации микропроцессорной системы. Так как конфигурация FPGA хранится в статической памяти, под

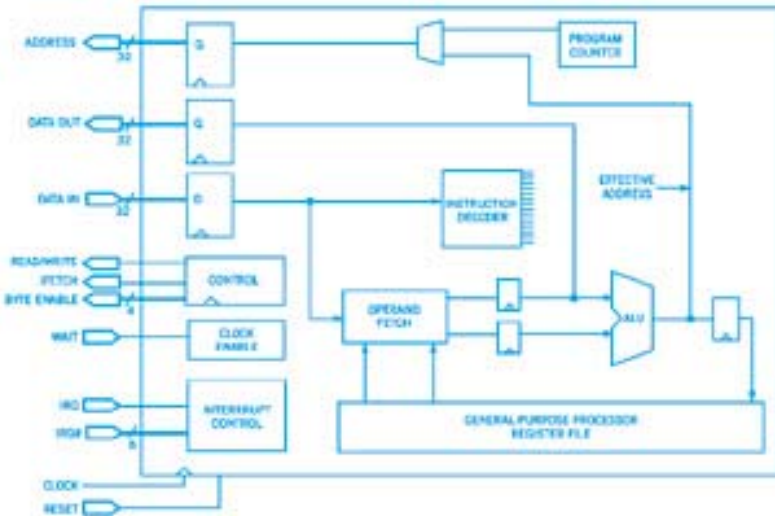


Рис. 11. Структурная схема процессорного ядра Nios (Altera)

добная архитектура с "дружественным" для пользователя набором инструкций. Основные команды выполняются в течение одного машинного такта. Тактовая частота ядра Nios составляет от 33 до 50 МГц. В 16- и 32-разрядных версиях ALU используются 16-разрядные инструкции. В Nios реализована мультиплексируемая шина программ/данных, поэтому выполнение инструкций типа load/store занимает два такта. Систе-

м управлением процессорного ядра AVR микроконтроллера FPGA может быть перепрограммирована непосредственно в процессе работы. Варианты конфигурации FPGA можно хранить во внешней энергонезависимой памяти типа ROM, Flash, EEPROM и, в случае необходимости, под управлением процессорного ядра AVR перезагружать их в FPGA. Такая особенность архитектуры является уникальной и позволит реализо-

вывать многофункциональные микропроцессорные системы на качественно новом уровне [14]. Структура FPSLIC приведена на рис. 12.

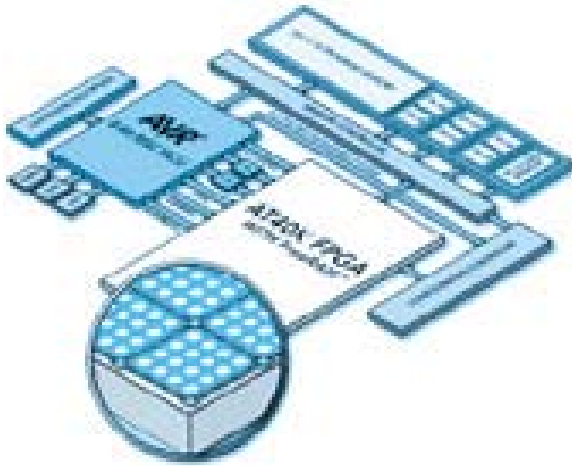


Рис. 12. Структура FPSLIC

Первое семейство микросхем FPSLIC представлено тремя микросхемами — AT94K40, AT94K20 и AT94K10 соответственно с 40, 20 и 10 тысячами эквивалентных вентилей, которые реализованы на базе AVR RISC-микроконтроллера с тактовой частотой 40 МГц и FPGA с архитектурой семейства AT40K.

Немаловажную роль в сокращении сроков разработки систем на базе FPSLIC, а, следовательно, и в быстрейшем продвижении на рынок новых микросхем FPSLIC, играют средства разработки. Фирма Atmel предлагает средства разработки System Designer, которые включают набор инструментальных средств и программных приложений для отладки AVR-микроконтроллера и FPGA. Кроме того, фирма Atmel гарантирует полную совместимость FPSLIC с уже существующим программным обеспечением для AVR-микроконтроллеров и программируемой логики FPGA, т. е. любой проект, уже существующий для AVR и FPGA может быть интегрирован в новый проект на базе FPSLIC.

В заключение автор хотел бы выразить признательность всем, кто обеспечивал поддержку при подготовке этой статьи, и надеется, что приведенный обзор поможет разработчикам сделать оптимальный выбор необходимого микроконтроллера, поскольку правильный выбор на начальном этапе разработки — залог успеха на завершающей стадии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.ti.com/corp/docs/kilbystr/kilbycenter.shtml>
2. Современный компьютер: Сб. научн. попул. статей; Пер. с англ./Под ред. В.М. Курочкина. — М.: Мир, 1986.
3. Федотов Я. Проблемы интегральной электроники//Электронные компоненты, 2000, № 3.
4. Литвинов Е. Четвертая инкарнация//CHIP, 2000, № 12 (<http://www.chip.com/ua>).
5. Technology Innovations. — Texas Instruments, Vol. 2, January 2000 (<http://www.ti.com/sc/tehinnoventions>).
6. Philips Extends 8051 Architecture to 16 Bits//Microprocessor Report, Vol. 8, No. 13, October 3, 1994.
7. MSP 430 Microcontrollers — The Solution for Battery-Powered Measurement. — Texas Instruments, 2000.
8. DSP Microcomputer ADSP-21160. Preliminary Technical Data. — Analog Devices, 1998.
9. Компьютеры на СБИС: в 2-х книгах. Пер. с япон./Мотоока Т., Томита С., Танака Х. и др. — М.: Мир, 1988.
10. Linda Geppert. High-flying DSP architecture. IEEE SPECTRUM, November 1998.
11. Choosing the right DSP for real time Data Acquisition and signal processing systems//B+BE May/June 2000.
12. Technology Innovations. — Texas Instruments, Vol. 5, 2000 (<http://www.ti.com/sc/techinnovations>).
13. Королев Н. Программируемая логика: Взгляд со стороны Atmel//CHIP NEWS, 2000, 7.
14. FPSLIC/ 10K-40K Gates of AT40K FPGA with 8-bit AVR Microcontroller and 36K Bytes of SRAM. Advance Information. — Atmel 12/99.

ЛУЧШИЕ ПРОЦЕССОРЫ 2000 г.*

В статье приведены краткие сведения о лучших процессорах 2000 г. (1958 г., Texas Instruments) ведущие производители посвятили себя только тому, чтобы на рубеже тысячелетий создать процессор с фантастической тактовой частотой 1 ГГц.

В. Охрименко

Создается впечатление, что в течение 42 лет с момента изобретения первой интегральной микросхемы

Ответ на вопрос: "Какая из фирм (Intel или AMD) продемонстрирует первый процессор с тактовой час-

* http://www.mdronline.com/awards2000/award_summary.html

той 1 ГГц?" — был получен 6 марта 2000 г. В этот день был представлен процессор Athlon (фирма AMD) с тактовой частотой 1 ГГц. Одновременно с этим процессором для увеличения эффективности его работы фирма AMD выпустила chipset 760, который поддерживает обмен с памятью типа DDR SDRAM, что позволило поднять частоту шины памяти с 200 до 266 МГц. Фирма AMD продемонстрировала также chipset 760MD, предназначенный для работы с двумя процессорами. Процессор Pentium III фирмы Intel с тактовой частотой 1.13 МГц оказался вторым. Для оценки реальной производительности микропроцессора Pentium 4 с гиперконвейерной архитектурой, который был представлен 20 ноября 2000 г., требуются дополнительные тестовые испытания. Процессоры Duron (AMD) на базе процессорного ядра Athlon работают на тактовой частоте 800 МГц. Лучшим процессором 2000 г. для ПК, на роль которого претендовали Pentium 4 (Intel), Athlon (AMD), Duron (AMD), PowerPC 750 CX (IBM), признан Athlon — первый процессор, в котором была достигнута тактовая частота 1 ГГц. Этот процессор стал базовым для следующих модификаций с тактовой частотой 1.2 ГГц.

На звание лучшего процессора для компьютеров в мобильных системах претендовали: Crusoe, Mobil Pentium III, K6-2+, Cyrix III. В начале 2000 г. лидерство держали K6-2+ и Cyrix III. Однако, поскольку технология 0.25 мкм K6-2+ не обеспечивает тактовую частоту более 550 МГц, этот процессор уступил первенство процессору Mobil Pentium III. Предполагается, что на замену K6-2+ могут прийти Athlon и Duron фирмы AMD. Суперскалярный процессор Crusoe (фирма Transmeta) предназначен для мобильных компьютерных систем и Интернет приложений. Crusoe — уникальный x86 подобный процессор, в котором реализована VLIW архитектура. В Crusoe предпринята попытка уменьшения энергопотребления за счет управления тактовой частотой процессорного ядра и напряжением питания в зависимости от скорости вычислений. Однако предло-

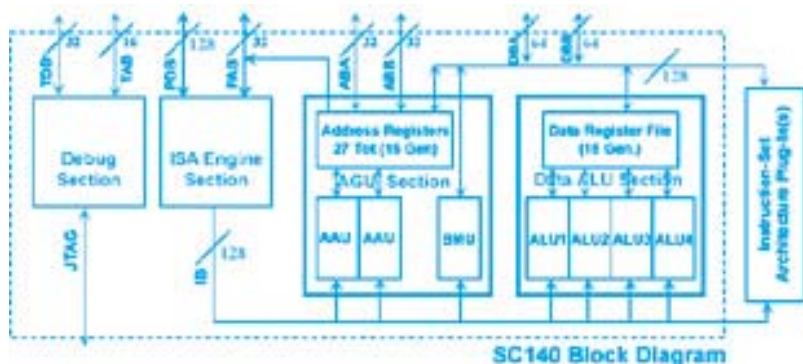
женная архитектура с эмуляцией кодов x86 достаточно эффективна только при работе с DVD дисками. При выполнении других прикладных программ Crusoe не подтвердил ожидаемого быстродействия. Процессор Mobil Pentium III, в котором фирма Intel реализовала технологию SpeedStep, позволяющую управлять энергопотреблением, отличается также высоким быстродействием. Поэтому были приняты во внимание не только габаритные размеры процессора, а, прежде всего, минимальное энергопотребление и высокое быстродействие при выполнении разных прикладных программ, в связи с чем Mobil Pentium III SpeedStep признан лучшим процессором 2000 г. для мобильных систем.

В 2000 г. сохранилась тенденция роста производства сигнальных процессоров, в том числе и специализированных процессоров для применения в Интернет-телефонии, системе телекоммуникаций 3 G, DSL-модемах, в цифровых системах управления электродвигателями, фотокамерах, системах MP3 и т. п. В 2000 г. появились сигнальные процессоры на базе новых архитектур и усовершенствованных технологий — Carmel2000 (Infineon), SC140 (StarCore), VectaDSP (Tensilica), TMS320C55x и TMS320C64x (Texas Instruments). Лучшим сигнальным процессором 2000 г. признан TMS320C55x с тактовой частотой 300 МГц, в котором достигнуто беспрецедентное снижение энергопотребления (0.05 мВт/MIPS при напряжении питания 0.9 В) по сравнению с предыдущим TMS320C54x (0.32 мВт/MIPS при тактовой частоте 120 МГц и напряжении питания 1.8 В).

Нельзя не упомянуть более подробно о новых сигнальных процессорах фирмы Motorola — MSC8101 и MSC8102 (последний был анонсирован в ноябре 2000 г.), созданных на базе процессорного ядра StarCore SC140 — совместной разработки двух ведущих фирм Motorola и Lucent Technologies. Архитектура процессорного ядра SC140 — результат более чем двухлетней работы лучших специалистов этих фирм.

MSC8101 — первый сигнальный процессор, на кристалле которого интегрированы процессорное ядро StarCore, внешняя 64-разрядная шина Power PC и коммуникационный процессорный модуль (CPM — Communications Processor Module). Структурная схема процессорного ядра SC140 приведена на рисунке.

Процессорное ядро SC140 (анонсировано в апреле 1999 г., а в октябре 2000 г. были изготовлены первые образцы процессоров MSC8101 на базе SC140) — 16-разрядное DSP-ядро на базе VLIW архи-



Структурная схема процессорного ядра SC140

тектуры. Процессорное ядро содержит четыре арифметико-логических устройства (ALU), в составе которых реализованы умножитель/накопитель (MAC) и 40-разрядное устройство сдвига. Такой мощный набор вычислительных устройств обеспечивает производительность 1200 MIPS при тактовой частоте 300 МГц. Кроме того, в процессорном ядре реализованы два адресных генератора (32-разрядная адресная шина) и две 64-разрядные шины данных. Таким образом, 128-разрядная шина данных позволяет в течение одного цикла выбирать восемь 16-разрядных инструкций (процессорное ядро может выполнять только шесть инструкций, но некоторые инструкции могут содержать од-

но и два дополнительных 16-разрядных слова, используемых в качестве префикса). В сигнальном процессоре MSC8101 (на базе ядра StarCore) интегрирована память (RAM) объемом 512 кбайт. Напряжение питания составляет 1.5 В (процессорное ядро) и 3.3 В (устройства ввода/вывода).

Новый MSC8102, первые образцы которого ожидаются в конце 2001 г., будет работать на частоте 300 МГц и обеспечит производительность 4800 MIPS. Такая высокая производительность достигается за счет интеграции на одном кристалле четырех процессорных ядер Star Core.

ПОИСК И ЗАКАЗ ПРОДУКЦИИ НА WEB-САЙТЕ НПФ VD MAIS

Вам срочно нужны материалы, покупные комплектующие изделия или запасные части для ремонта электронной техники? Посетите Web-сайт НПФ VD MAIS! Здесь Вы сможете быстро получить информацию о наличии товара на складе, текущих ценах, а также сделать заказ. На страницах Web-сайта содержится исчерпывающая информация о поставляемых НПФ VD MAIS товарах и предоставляемых услугах:

- электронных компонентах
- электрических соединителях
- корпусах, шкафах и конструктивах
- материалах для печатных плат
- оборудовании и материалах для монтажа печатных плат
- электрокоммутационных изделиях и устройствах промавтоматики
- медицинских диагностических приборах
- запасных частях к офисной технике фирмы Hewlett-Packard
- компьютерах (офисных и промышленных) и комплектующих изделиях к ним
- исходных данных для оформления заказа на проектирование и изготовление печатных плат.

Чтобы войти в систему поиска и заказа, на главной странице (Homepage) Web-сайта НПФ VD MAIS выберите любую из трех опций поиска и заказа.

1. На экране откроется страница поиска и заказа, в которой реализованы алгоритмы быстрого и углубленного поиска. Для реализации быстрого (одноступенчатого) поиска необходимо заполнить строку наименования товара (например, AD73360ASU) или строку его точного описания (например, DISPLAY-DSTL-ST) и нажать кнопку **НАЙТИ**. Если не известно точное наименование или описание товара, необходимо воспользоваться углубленным поиском. Для этого курсор манипулятора "мышь" установите на пункте **Товары** меню в верхней части страницы поиска и заказа (это меню доступно на любом этапе поиска). Затем в системе открывающихся подменю выберите курсором нужную категорию товара (например, "Электронные компоненты", "Пассивные компоненты", "Резисторы", "Постоянные резисторы"), нажмите левую клавишу манипулятора "мышь" и перейдите на страницу критериев углубленного поиска.

2. На странице критериев углубленного поиска выберите фирму-производителя из предлагаемого перечня (например, "Все производители") и, если необходимо, новые критерии поиска, затем нажмите кнопку **ПОИСК**.

3. На открывшейся странице результатов поиска найдите нужное наименование товара и нажмите надпись **Заказать**.

Примечание: Если товар отсутствует в таблице (и соответственно на складе), система поиска сообщит об этом. В таком случае можно воспользоваться запросом на поставку, ответ на запрос Вы получите в течение трех дней.

- На странице заказа на поставку можно продолжить поиск (чтобы найти следующий необходимый товар), либо (если все необходимые товары найдены) оформить заказ, нажав кнопку **ЗАКАЗАТЬ**.

- Если Вы уже делали закупки в НПФ VD MAIS через сеть Интернет, для регистрации нового заказа введите свой идентификатор и пароль, затем нажмите кнопку **ОК**. В противном случае нажмите кнопку **Регистрация нового клиента**.

- На странице регистрации введите свои реквизиты (обязательно заполните строки: "ФИО", "Организация", "Код страны, города", "Телефон", "Факс" или "E-mail"). Проверьте правильность ввода реквизитов и нажмите кнопку **ОК**.

4. Ваш заказ зарегистрирован, страница заказа отображается на экране, а счет будет выставлен в течение одного банковского дня. Чтобы отслеживать прохождение заказа, а также сохранить свой идентификатор и пароль, распечатайте эту страницу средствами Web-браузера.

- Чтобы отследить прохождение сделанных заказов, активизируйте пункт **Просмотр заказов** меню в верхней части страницы поиска и введите свой идентификатор и пароль.

При заказе продукции фирмы Analog Devices через Интернет действует система скидок. Подробности – на Web-сайте.



Высокоскоростные микросхемы для обработки сигналов

Февраль 2001

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

**ВЫГОДНОЕ
ДЕЛО!**
Подробности
в тексте

В этом выпуске ...

	Стр.
Промышленный АЦП поразрядного уравнивания с частотой преобразования 500 кГц	18
RxGA усилитель нормализует выходной сигнал ПЗС матрицы	20
Семейство быстродействующих аналоговых интерфейсов, отличающихся низким потреблением	20
Аналоговый сигнальный процессор для ПЗС матриц	21
Широкополосные быстродействующие преобразователи с минимальным уровнем шумов	22
Квадратурные АЦП и ЦАП с высокими техническими характеристиками	23
Высокоинтегрированные аналоговые интерфейсы для HDSL линий связи	23
Таблица параметров ЦАП, АЦП и усилителей	24
ИМС узкополосных цифровых приемников промежуточной частоты	26
Аналого-цифровые интерфейсы, отличающиеся низкой стоимостью и высокими динамическими параметрами	27
Новые матричные коммутаторы, отличающиеся минимальным потреблением	28
Прямые цифровые синтезаторы с высоким разрешением и минимальной фазовой погрешностью	30

Три года назад фирма Analog Devices в своем бюллетене представляла множество новых электронных компонентов для создания конкурентоспособных изделий в области телекоммуникаций, обработки изображений, промышленной автоматики и вычислительной техники.

В этом бюллетене представлены быстродействующие средства обработки сигналов. Что же понимается под высоким быстродействием? Десять лет назад 6-разрядный АЦП с частотой преобразования 1 МГц считался быстродействующим. Сейчас к классу быстродействующих относятся АЦП с частотой преобразования 100 МГц. Одна из последних разработок Analog Devices представляет собой 10-разрядный АЦП с частотой преобразования 210 МГц. Этот преобразователь открывает новый класс сверхбыстродействующих устройств. Разработчики фирмы Analog Devices наряду с увеличением быстродействия и разрешающей способности своих АЦП за счет новых архитектурных решений уменьшают потребляемую мощность этих ИМС. Всего несколько лет назад потребление усилителя с полосой 300 МГц составляло более 10 мА. Сегодня потребление такого же усилителя не более 1 мА и он может работать при напряжении питания 3 В. Уровень искажений современного быстродействующего ОУ на порядок ниже ранее выпускавшихся аналогов.

Как утверждают специалисты на основе изучения 35-летней деятельности полупроводниковых компаний в области производства преобразователей, усилителей и других ИМС, повышение скорости, точности, расширение частотного диапазона, снижение потребляемой мощности микросхем не всегда приводит к желаемому результату. Для того, чтобы создать конкурентоспособную ИМС, необходимо учитывать специфические требования, стоящие перед разработчиками различных изделий. Приходится принимать во внимание тот факт, что нет абсолютно одинаковых разработок. Поэтому Analog Devices стремится не только улучшить параметры новых микросхем, но и учитывает особенности их применения. Это позволяет упростить разработку и максимизировать параметры конечного изделия.

Объединение двух взаимосвязанных направлений при проектировании ИМС дает возможность не только повысить эффективность и производительность конечных разработок, но и в полной мере преодолеть все трудности, стоящие перед разработчиками конечного изделия. Такой подход к проектированию ИМС позволяет фирме Analog Devices в течение длительного времени занимать лидирующее положение в области производства быстродействующих усилителей и преобразователей.



В контуре управления волоконно-оптических линий связи необходимы прецизионные преобразователи с широким динамическим диапазоном и большим быстродействием

В волоконно-оптических системах связи обеспечивается высокая скорость передачи данных и выполнения таких функций, как усиление и коммутация. В связи с затуханием светового или оптического сигнала в волоконно-оптической линии связи его необходимо усиливать. Эту операцию выполняют с помощью лазера накачки, который непосредственно усиливает световой сигнал в волоконно-оптической линии связи, выполненной с использованием примеси эрбия (ранее в таких системах световой сигнал предварительно преобразовывался в электрический, затем усиливался и после усиления опять преобразовывался в световой сигнал). Мощный лазер накачки с длиной волны 1.48 мкм обеспечивает усиление оптического сигнала (длина волны 1.55 мкм) с коэффициентом усиления 30 дБ. Динамический диапазон такого лазера должен составлять 16 разрядов. Изолятор предотвращает уход сигнала лазера накачки с длиной волны 1480 мкм из канала усиления. При таком усилении необходим быстродействующий контур управления, который должен коррелировать уровень усиленного сигнала с выходным сигналом лазера накачки. В состав контура должны входить АЦП, контроллер, ЦАП с минимально допустимой задержкой. АЦП для контура управления строятся по поразрядной архитектуре. Однако 16-разрядные АЦП поразрядного уравнивания имеют ограничения по скорости преобразования. Поэтому разработчики таких систем управления предпочитают использовать вместо 16-разрядных менее точные 14-разрядные АЦП, отличающиеся более высоким быстродействием.

AD7664 — самый быстродействующий 16-разрядный АЦП поразрядного уравнивания

Solution → AD7664 — поразрядный АЦП с частотой преобразования 570 кГц. Это первый промышленный 16-разрядный АЦП, преодолевший пятисоткилогерцовый барьер. В серийном производстве этот преобразователь появился в сентябре прошлого года. AD7664 применяются в контуре управления волоконно-оптической линии связи. Как показано на рисунке, 1 % светового сигнала ответвляется в контур управления. Световой сигнал преобразуется в электрический с помощью фотодиода, а затем в цифровой код с помощью AD7664. В результате обработки цифрового кода определяется необходимый коэффициент усиления сигнала в цепи передачи данных. Соответствующий этому коэффициенту сигнал формируется с помощью ЦАП и поступает на управляющий вход лазера накачки. С помощью такого же контура управления поддерживается необходимая точность лазера накачки.

В связи с тем, что данный АЦП используется в контуре управления, из-за задержки в цикле преобразования он не может быть выполнен по конвейерной архитектуре. Метод поразрядного уравнивания наилучшим образом соответствует поставленной задаче. Еще одним важным достоинством AD7664 является высокая точность — не менее 16 разрядов. При этом стоимость АЦП составляет всего \$ 18 *, что гораздо ниже, чем стоимость аналогов меньшей точности.

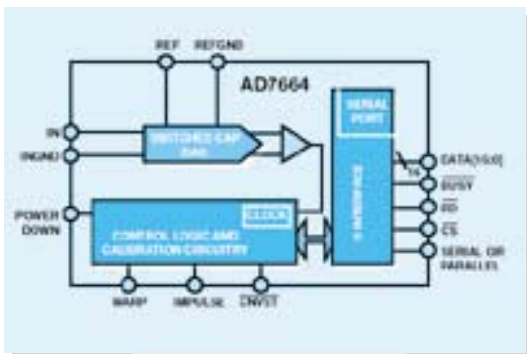
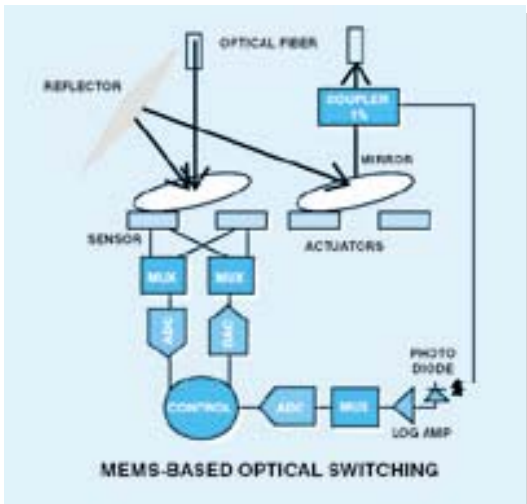


Преобразователь AD7664 обеспечивает входной диапазон 2.5 В при однополярном напряжении питания 5 В. Интегральная и дифференциальная нелинейность находятся в пределах 1.5 ЕМР, обеспечивая идеальные параметры по постоянному току. Отношение сигнал/шум плюс искажения составляет 90 дБ, нелинейные искажения -100 дБ, что гарантирует высокие параметры АЦП по переменному току. Особо следует отметить низкую потребляемую мощность AD7664, составляющую всего 97 мВт, что важно для систем, в составе которых используется несколько подобных преобразователей.

Еще одной удачной разработкой Analog Devices является поразрядный АЦП AD7671, серийный выпуск которого осуществляется с начала 2001 года. AD7671 имеет частоту преобразования 1.3 МГц и является первым 16-разрядным АЦП поразрядного уравнивания, преодолевшим мегагерцовый барьер. Параметры преобразователя AD7671, за исключением частоты преобразования (1.3 МГц против 570 кГц) и входного диапазона, в целом совпадают с параметрами АЦП AD7664.

Оптический коммутатор выполнен по MEMS-технологии на основе кремниевых микрзеркал, управляемых электростатическим приводом. Как показано на рисунке, падающий луч света отражается в направлении соответствующей волоконно-оптической линии связи путем поворота шарнира зеркала. Привод содержит АЦП, контроллер и ЦАП. АЦП используется для определения положения зеркала с помощью сенсоров в цепи обратной связи и определения направления отклонения луча с целью передачи светового сигнала в волоконно-оптическую линию связи соответствующего канала. Преобразователь AD7671 может быть использован в составе цепи управления по тем же причинам, по которым AD7664 применяется в составе

усилителя оптических сигналов. Отметим, что преобразователь AD7671 отличается более высоким быстродействием по сравнению с AD7664, при этом входные цепи AD7671 выполнены по биполярной технологии. В связи с тем, что привод, управляющий положением зеркал по нескольким каналам, должен иметь высокую точность и быстродействие, в его составе следует использовать высокоскоростной 16-разрядный АЦП поразрядного уравнивания. Применение более быстродействующего преобразователя AD7671 вместо AD7664 позволяет коммутировать большее число каналов. Скорость преобразования AD7671 в четыре раза выше скорости любого из аналогов (без учета параметров AD7664). Преобразователь AD7671 превосходит AD7664 по интегральной нелинейности, которая для AD7671 составляет не более 2 ЕМР. Дифференциальная нелинейность AD7671 находится в пределах 1.5 ЕМР, типовая мощность потребления составляет не более 150 мВт. На переменном токе отношение сигнал/шум плюс нелинейные искажения составляют 90 дБ, уровень нелинейных искажений -96 дБ. С учетом высокого быстродействия стоимость AD7671 невысока и составляет \$ 27 в партии 1000 шт.



ПРИМЕНЕНИЕ

- цепи управления в оптических системах передачи данных
- системы управления технологическими процессами
- промышленное оборудование
- тестовое и измерительное оборудование
- медицинская аппаратура

AD7664
AD7671

\$ 18.65
\$ 27.00

- Основные особенности новых поразрядных АЦП:
- скорость преобразования свыше 570 кГц
- мощность потребления 21 мВт при скорости преобразования 100 Гц
- точность 16 разрядов
- однополярное напряжение питания 5 В, параллельный и последовательный интерфейсы
- возможны поставки преобразователей с однополярным и двухполярным входом

* Цена FOB USA в партии 1000 шт.

Проблемы регулировки выходного диапазона ПЗС матриц

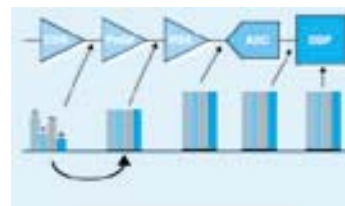
Пиксели ПЗС матрицы не обеспечивают точное распознавание цветов. Для того, чтобы разложить световой поток на отдельные составляющие, поверх каждого пиксела ПЗС матрицы устанавливаются цветные фильтры в виде мозаичного шаблона. Эти фильтры могут иметь различное сочетание цветов и конфигурацию шаблона в зависимости от фирмы-производителя. Как правило, одноканальные ПЗС матрицы выдают данные в виде последовательного кода. Последовательность, в которой информация о цвете выдается ПЗС матрицей, зависит от конфигурации шаблона цветного фильтра и типа устройства сканирования. Например, ПЗС сканер с Bayer фильтром выдает данные в порядке, соответствующем приведенному ниже рисунку.

Величина отклика ПЗС матрицы на каждый цвет может быть различной. При сканировании белого цвета зеленые пиксели отличаются более мощным откликом по сравнению с красными или голубыми. Для того, чтобы полностью использовать динамический диапазон АЦП для каждого типа пиксела, необходимо включить на вход АЦП усилитель с изменяемым коэффициентом усиления (VGA). За счет изменения коэффициента усиления может быть установлена необходимая величина отклика для каждого пиксела независимо от его цвета. При максимальной величине отклика пиксела устанавливается максимально допустимый коэффициент усиления VGA усилителя и таким образом нормализуется входной диапазон АЦП. В этом случае, если величина отклика красных и голубых пикселей будет меньше, то динамический диапазон АЦП для этих пикселей будет уже и отношение сигнал/шум будет меньше.



RxGA усилитель нормализует выходные сигналы пикселей ПЗС матрицы

Solution → Фирма Analog Devices разработала усилитель, нормализующий сигналы пикселей — pixel-rate-gain amplifier (RxGA). ИМС AD9841 и AD9842 представляют собой широкополосные аналоговые интерфейсы с полосой до 20 МГц и разрядностью 10 и 12 бит соответственно. В составе интерфейсов RxGA усилители, нормализующие выходные диапазоны пикселей с различной величиной отклика. Так, например, в ПЗС сканере с Bayer фильтром для каждого пиксела (красного, зеленого или голубого) используется свой коэффициент усиления. Таким образом, после прохождения через RxGA усилитель сигналы пикселей имеют нормализованный динамический диапазон, что позволяет полностью использовать входной динамический диапазон АЦП и максимизировать отношение сигнал/шум независимо от цвета пиксела. Кроме того, в этом случае в процессе обработки в одинаковой степени уменьшается влияние нелинейности преобразователя в аналоговом тракте интерфейса, потому что сигналы каждого пиксела имеют одинаковую амплитуду на входе АЦП.



ПРИМЕНЕНИЕ

- цифровые видеокамеры
- портативные видеокамеры

Семейство аналоговых интерфейсов AD984x

Solution → Семейство ИМС AD984x — это быстродействующие, экономичные КМОП аналоговые интерфейсы, предназначенные для видеоаппаратуры на основе ПЗС матриц изображения. Эти ИМС обладают низким уровнем шумов, высокой линейностью, малым потреблением и частотным диапазоном до 36 МГц. Семейство AD984x предназначено для использования в низковольтной быстродействующей портативной видеоаппаратуре, такой, как цифровые видеокамеры, включая портативные. AD984x, кроме того, могут применяться в других системах обработки изображений, таких, как сканеры на основе ПЗС матриц, системы машинного зрения, охранные системы, аппаратура для спектроскопии, видеоконференций, копировальная техника и т. п.

10-разрядные интерфейсы AD9840, AD9841 и AD9843 имеют исключительно низкий уровень шумов (среднеквадратическое значение шума составляет приблизительно 0.2 ЕМР, отношение сигнал/шум 74 дБ) и работают на частотах до 36 МГц. Эти интерфейсы предназначены для сканеров на основе ПЗС матриц и другой видеоаппаратуры. 12-разрядные интерфейсы AD9842 и AD9844 имеют отношение сигнал/шум 77 дБ и предназначены для использования в видеоаппаратуре с высоким разрешением. В портативных приборах



рекомендуется использовать интерфейс AD9840, отличающийся минимальным потреблением — 75 мВт на частоте 20 МГц и 140 мВт на частоте 36 МГц. Все аналоговые интерфейсы семейства AD984x выполнены в одноканальном варианте, однако наличие третьего состояния по выходу позволяет соединять параллельно несколько интерфейсов для реализации многоканального режима. Параметры аналоговых интерфейсов для видеокамер приведены в таблице.

Аналоговые интерфейсы для цифровых видеокамер

Тип	Разрешение, бит	Частота преобразования, МГц	Дифф. нелинейн., EMP	Отношение сигнал/шум, дБ	Мощность потребления, мВт	$U_{вх (p-p)}$, В	Кэфф. усиления PGA, дБ	Наличие PхGA	Управление PGA	Регулировка уровня черного, EMP	Дополн. входы	Цена, \$
AD9840	10	36	± 0.5	74	140	1.0	0 - 34	-	цифровое	0 - 64	2	5.66
AD9841	10	20	± 0.4	74	75	1.0	0 - 34	+	цифровое	0 - 64	2	4.94
AD9843	10	20	± 0.4	74	75	1.0	0 - 34	-	цифровое	0 - 64	2	4.28
AD9842	10	20	± 0.5	77	75	1.0	0 - 34	+	цифровое	0 - 255	2	7.25
AD9844	10	20	± 0.5	77	75	1.0	0 - 34	-	цифровое	0 - 255	2	6.59

Минимальные размеры видеокамер в составе ПК привели к необходимости аналоговой обработки сигналов

Аналоговый интерфейс для видеокамер в составе ПК (PC camera) содержит датчик изображения и ряд аналоговых узлов, включающих устройство восстановления постоянной составляющей, устройство фиксации уровня черного, устройство двойной коррелированной выборки, усилитель с управляемым коэффициентом усиления и АЦП. Перечисленные узлы выполняют аналоговую обработку, которая предшествует цифровой обработке видеосигналов. Видеокамеры в составе ПК существенно ограничены в размерах, поэтому предпочтение должно отдаваться обработке сигналов в аналоговой форме. При этом должны быть сохранены пользовательские параметры таких видеокамер.



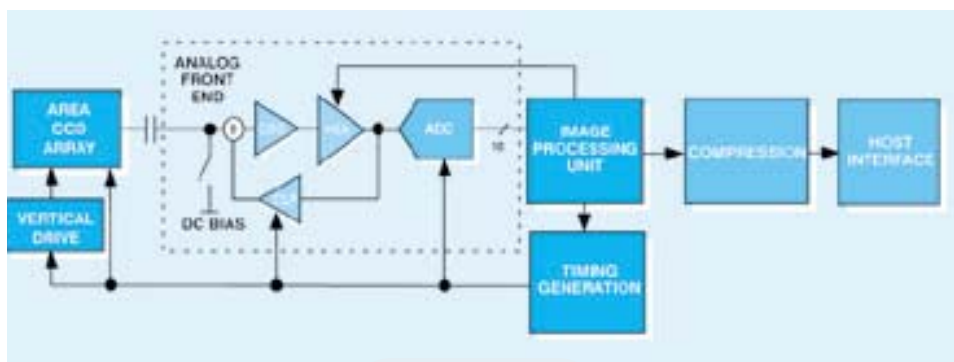
ИМС AD9804 представляет собой одноканальный аналоговый сигнальный процессор, ориентированный на применение в видеокамерах. Полоса частот AD9804 составляет 18 МГц. Источником сигналов такого процессора является ПЗС матрица. В составе AD9804 имеются все узлы, необходимые для обработки аналоговых сигналов. Процессор выполнен в корпусе 48-LQFP.

Аналоговый сигнальный процессор AD9804 — лучшее в своем классе устройство как по уровню шумов (менее 0.5 EMP при минимальном усилении), нелинейности (менее 0.5 EMP), так и по потребляемой мощности (менее 80 мВт). Все это позволяет создавать камеры непревзойденного качества в составе ПК.

Используя новое компактное ядро, аналоговый процессор AD9804 обеспечивает качество изображения видеокамеры в составе ПК на уровне дорогих цифровых камер, что повышает конкурентоспособность видеокамер в составе ПК.

Особенности аналогового процессора AD9804:

- частота коррелированной двойной выборки 18 МГц
- коэффициент усиления VGA усилителя от 6 до 40 дБ
- низкий уровень шумов схемы фиксации
- наличие функции гашения



AD9804

ПРИМЕНЕНИЕ

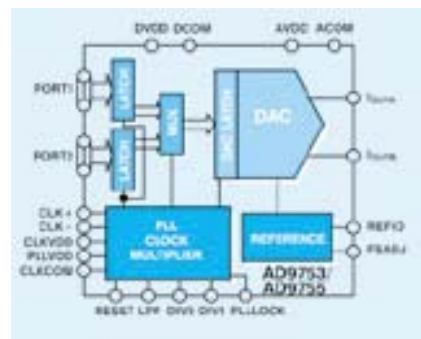
- камеры в составе ПК
- цифровые камеры

\$ 3.95

Высокие требования к обеспечению широкой полосы пропускания

Е-коммерция внесла существенные изменения в организацию бизнеса. Наличие быстрого доступа в сеть Интернет является основой Е-коммерции. Широкополосный канал необходим для быстрой загрузки и выборки информации в реальном масштабе времени, что важно для ежедневных деловых операций. В связи с тем, что волоконно-оптические линии связи не могут быть развернуты достаточно быстро, весомым дополнением оптических каналов для удовлетворения растущих требований Е-коммерции являются беспроводные системы связи. Для того, чтобы обеспечить требуемую скорость передачи данных в стандартах ОС12, ОС48 или ОС192, необходимо максимальным образом использовать полосу каждого канала. Даже при использовании таких прогрессивных методов передачи данных, как метод квадратурной амплитудной модуляции (QAM) или метод частотного уплотнения (OFDM), для обеспечения необходимой скорости передачи данных в заданном частотном диапазоне требуется приложить определенные усилия.

Частотный диапазон должен соответствовать требуемой скорости передачи данных. Если использовать фазовую манипуляцию или квадратурную амплитудную модуляцию, или метод частотного уплотнения, можно улучшить частотную эффективность использования канала, однако при этом следует иметь в виду, что с увеличением сложности модуляции падает отношение сигнал/шум канала. При передаче данных в стандартах ОС12 (622 МГц), ОС48 (2.48832 ГГц) или ОС192 (9.95 ГГц) необходимы широкополосные высокоскоростные преобразователи данных.



Сверхскоростные преобразователи фирмы Analog Devices



Фирма Analog Devices освоила серийное производство быстродействующих АЦП и ЦАП, позволяющих обеспечить требуемую скорость передачи данных в беспроводных каналах связи. АЦП типа AD9054 F (8 бит, 200 МГц), AD9410 (10 бит, 210 МГц), AD9432 (12 бит, 105 МГц) и AD9433 (12 бит, 125 МГц) предназначены для преобразования сигналов в полосе частот до 50 МГц (по критерию Найквиста). ЦАП типа AD9751 (10 бит, 300 МГц), AD9753 (12 бит, 300 МГц) и AD9755 (14 бит, 300 МГц) предназначены для восстановления аналоговых сигналов в полосе частот до 100 МГц и отличаются при этом минимальным уровнем шумов.

AD9751
AD9753
AD9755

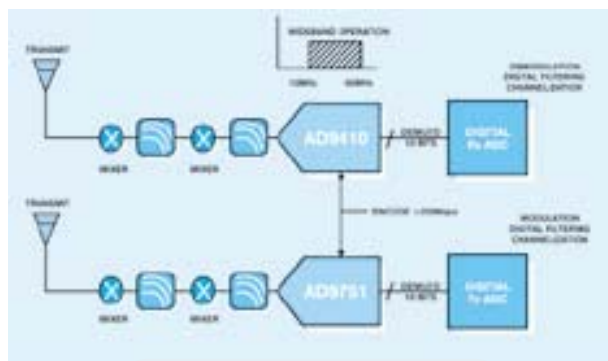
ПРИМЕНЕНИЕ

- широкополосные беспроводные системы передачи данных
- комплексная аппаратура передачи данных
- двухточечные ВЧ системы связи
- спутниковые системы связи
- кабельные системы связи

\$ 17.85
\$ 28.73
\$ 35.49

Преобразователи с низким уровнем шумов

Широкополосные высокоскоростные преобразователи фирмы Analog Devices отличаются низким уровнем шумов. Шумовые характеристики преобразователей являются определяющими при передаче данных с высокой степенью точности в широкополосных каналах связи. АЦП AD9432 обеспечивает отношение сигнал/шум 67 дБ на частоте 47 МГц, АЦП AD9410 — 54 дБ на частоте 100 МГц. ЦАП AD9755 имеет спектральную плотность шума, равную 152 дБн/Гц на частоте свыше 100 МГц.



ПРИМЕНЕНИЕ

AD9410
AD9432
AD9433

- широкополосные беспроводные системы передачи данных
- комплексная аппаратура передачи данных
- двухточечные ВЧ системы связи
- спутниковые системы связи
- кабельные системы связи

\$ 53.10
\$ 49.95
\$ 64.60



АЦП и ЦАП для цифровых приемопередатчиков



Фирма Analog Devices разработала набор широкополосных АЦП и ЦАП для квадратурных цифровых приемопередатчиков систем связи новых поколений таких, как спутниковые базовые станции, беспроводные локальные системы связи, высокоскоростные модемы. Данные АЦП и ЦАП спроектированы с учетом возрастающих требований к современным системам передачи данных. Преобразователи обладают более широким динамическим диапазоном, имеют более высокую частоту выборки, сниженную мощность потребления. В преобразователях увеличено

Параметры АЦП и ЦАП

Тип АЦП	Основные параметры
AD9281	8 бит, 28 МГц, 28-SSOP
AD9201	10 бит, 20 МГц, 28-SSOP, совместим по выводам с AD9281
AD9288	8 бит, 40 ... 105 МГц, 48-LQFP
AD9218	10 бит, 65 ... 105 МГц, 48-LQFP, совместим по выводам с AD9288
Тип ЦАП	Основные параметры
AD9709, AD9763, AD9765, AD9767	8, 10, 12 и 14 бит, 125 МГц
AD9761	10 бит, 40 МГц

число каналов, повышена степень изоляции и плотность интеграции. Все АЦП и ЦАП этого семейства выполнены в корпусах минимальных размеров.



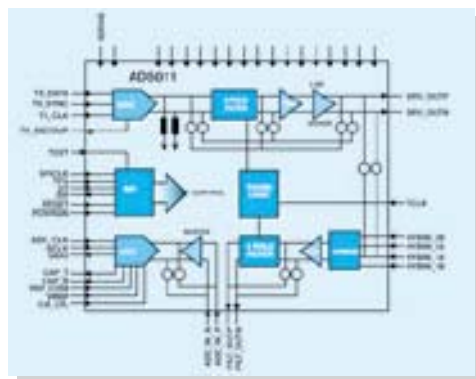
ПРИМЕНЕНИЕ

- AD9066 • аналоговые интерфейсы квадратурных радиоприемников и передатчиков \$ 3.23
- AD9201 • аналоговые интерфейсы квадратурных радиоприемников и передатчиков \$ 4.94
- AD9218 • аналоговые интерфейсы квадратурных радиоприемников и передатчиков \$ 15.11
- AD9281 • аналоговые интерфейсы квадратурных радиоприемников и передатчиков \$ 3.86
- AD9288 • беспроводные локальные системы связи \$ 5.40
- AD9709 • линейризаторы для систем оповещения \$ 5.74
- AD9761 • линейризаторы для систем оповещения \$ 8.70
- AD9763 • недорогие спутниковые базовые станции третьего поколения \$ 11.28
- AD9765 • недорогие спутниковые базовые станции третьего поколения \$ 21.99
- AD9767 • ультразвуковые системы \$ 27.71

Высокоинтегрированные аналоговые интерфейсы с потреблением не более 100 мВт

ИМС AD5011 представляет собой аналоговый интерфейс, включающий: 14-разрядный ЦАП и 12-разрядный АЦП, усилитель с программируемым коэффициентом усиления, фильтры и драйверы линий. AD5011 применяется в системах, в которых требуется обработка аналоговых сигналов и, кроме того, может использоваться во всех HDSL линиях связи в соответствии с требованиями ETSI стандартов. AD5011 может прямо подключаться к трансформатору линии, что позволяет уменьшить число дополнительных компонентов в линии связи. Выполненные в кристалле фильтры приемников и передатчиков с программируемыми параметрами имеют широкий набор частот среза в диапазоне от 49 до 580 кГц, что позволяет использовать AD5011 в адаптивных HDSL системах связи. Усилитель с программируемым коэффициентом усиления позволяет установить коэффициент усиления в диапазоне от -6 до 9 дБ с точностью ± 1 дБ.

Трехпроводной последовательный интерфейс, минимальных размеров корпус типа 48-LQFP, мощность потребления не более 100 мВт в сочетании с высокими техническими характеристиками делают этот интерфейс наиболее предпочтительным при согласовании входов/выходов в системах передачи данных различного назначения.



Основные параметры аналогового интерфейса AD5011

Наименование параметра	Значение параметра
Разрешение АЦП	12 разрядов
Частота выборки АЦП	от 2 до 32 МГц
Разрешение ЦАП	14 разрядов
Частота смены кодов ЦАП	1.168 МГц
Диапазон программирования фильтра	от 49 до 580 кГц
Выходная мощность драйвера линии	13.5 дБм
Диапазон программирования коэффициента усиления усилителя	от -6 до 9 дБ с шагом ± 0.25 дБ
Тип интерфейса	последовательный
Тип корпуса	48-LQFP
Ток потребления	32 мА
Цена	\$ 7.45

Быстродействующие ЦАП (частота преобразования более 30 МГц) с высоким разрешением и параллельным интерфейсом									
Тип ЦАП	Кол-во ЦАП	Разрядность	Частота преобраз., МГц	Динамич. диа пазон неискаженного сигнала / $f_{в.к.}$, дБ/МГц	Напряжение питания, В	Мощн. рассеивания, мВт на ЦАП	Основные особенности		
AD9708	1	8	100	68/1.0	2.7...5.0	180	Низкая стоимость, передающий ЦАП		
AD9731	1	10	170	55/40.0	-5.2...5	439	Высокое быстродействие		
AD9732	1	10	200	55/40.0	5	325	Высокое быстродействие		
AD9750	1	10	125	70/1.0	5	220	Низкая стоимость, передающий ЦАП		
AD9760	1	10	125/50	68/1.0	2.7...5.0	180	Низкая стоимость, передающий ЦАП		
AD9752	1	12	125	73/1.0	5, 2.7...5	220	Передающий ЦАП		
AD9762	1	12	125	70/1.0	2.7...5	180	Передающий ЦАП		
AD9754	1	14	125	76/1.0	5, 2.7...5	220	Передающий ЦАП		
AD9764	1	14	100	73/1.0	2.7...5.0	180	Передающий ЦАП		
AD9709	2	8	125	69/1.0	3...5	365	Сдвоенный, согласованный с точностью 0.1 % ЦАП		
AD9751	1	10	150/300	74/1	3.3	210	Сверхскоростной, сдвоенный, передающий ЦАП		
AD9763	2	10	125	70/1.0	2.7...5.0	365	Сдвоенный, согласованный с точностью 0.1 % ЦАП		
AD9753	1	12	150/300	78/1.0	3.3	210	Сверхскоростной, передающий ЦАП		
AD9765	2	12	125	73/1.0	2.7...5.0	365	Сдвоенный, согласованный с точностью 0.1 % ЦАП		
AD9755	1	14	150/300	80/1.0	3.3	210	Сверхскоростной передающий ЦАП		
AD9767	2	14	125	76/1.0	2.7...5.0	365	Сдвоенный, согласованный с точностью 0.1 % ЦАП		
Быстродействующие интерполирующие ЦАП (частота преобразования 40 МГц) с параллельным интерфейсом									
AD9772	1	14	150	80/5.0	3 или 3.3	205	Коэффициент интерполяции 2x		
AD9772A	1	14	160	85/5	3.3	215	Коэффициент интерполяции 2x		
AD9774	1	14	128	76/5.0	3, 3.3 или 5	945	Коэффициент интерполяции 4x		
AD9761	2	10	40	65/5.0	3, 3.3 или 5	125	Коэффициент интерполяции 2x, двухканальный		
Прямые цифровые синтезаторы									
Основные особенности									
AD9831	Базовая такт. частота, МГц		Напряжение питания, В		Мощность рассеив., мВт (макс)		Основные особенности		
AD9832	25	3.3 или 5	120	3 или 3.3	205	Недорогой, экономичный			
AD9830	50	3.3 или 5	120	3.3	215	Недорогой, параллельный интерфейс			
AD9835	50	5	200	3, 3.3 или 5	945	Недорогой, корпус минимальных размеров			
AD9850	125	5	480	3, 3.3 или 5	125	Содержит компаратор			
AD9853	165	3.3 или 5	1150	3, 3.3 или 5	1200	Цифровой квадратурный модулятор с амплитудной модуляцией			
AD9851	180	3, 3.3 или 5	650	3, 3.3 или 5	1200	Содержит компаратор и умножитель тактовой частоты			
AD9856	200	3	1590	3	1200	Содержит цифровой повышающий преобразователь			
AD9852	300	3.3	1200	3.3	1200	Содержит 12-разрядный ЦАП, компаратор, умножитель тактовой частоты			
AD9854	300	3.3	1200	3.3	1200	Содержит квадратурный 12-разрядный ЦАП, компаратор, умножитель тактовой частоты			
Высокоскоростные АЦП									
AD9066	6	8	60	2	5	400	Эталон внутр./внешн.	Основные особенности	
AD9280/81	8	8	32/28	1/2	2.7...5.5	110/260	+/+	Двухканальный	
AD9057/59	8	14	80/60/40	1/2	5	505/281	+/+	Одно/двухканальный	
AD9283/88	8	8	100/80/50/40	1/2	3	120/180	+/+	Одно/двухканальный	
AD9483	8	8	140/100	3	5	1300	+/+	Трехканальный	
AD9054A	8	8	200/135	1	5	725	+/+	8-разрядный	
AD9200/01	10	10	20	1/2	2.7...5.5	100/245	+/+	Одно/двухканальный	
AD9203	10	10	40	1	2.7...3.6	75	+/+	Низкое потребление	
AD9071/51	10	10	100/60	1	5	620/315	+/+	10 разрядов, 100 МГц	
AD9214	10	10	105/85/65	1	3	285/250/190	+/+	10 разрядов, 105 МГц	
AD9218	10	10	105/80/65	2	5	300/350/400	+/+	Двухканальный	
AD9410	10	10	210	1	5	2200	+/+	Широкополосный	
AD9220/23/21	12	12	10/3/1.5	1	5	310/130/70	+/+	Семейство совместимых по выводам АЦП	
AD9226/24/25	12	12	65/40/25	1	5	500/410/310	+/+	Семейство совместимых по выводам АЦП	
AD6640	12	12	65	1	5	865	+/+	АЦП с выборкой	
AD9432/3	12	12	105/80/125	1	5	950/850/1200	+/+	12 разрядов, 125 МГц	
AD9240/43/41	14	14	10/3/1.5	1	5	330/145/65	+/+	14 разрядов, 10 МГц	
AD6644	14	14	65/40	1	5	1300	+/+	14 разрядов, 65 МГц	

Быстродействующие усилители (полоса частот более 10 МГц)

Одinarный	Тип		Архитектура			Напряжение питания, В		Rail-to-rail		К _y	Полоса частот	Скорость нарастания частот	Диапазон неискаженного сигнала		Шум	Напр. смещ. "0"	I _{см}	I _{п/ОУ}	I _н	FOB цена в парт. 100 шт.
	Сдвоенный	Строенный	VF	CF	V	Откл.	3	5	±5				±15	Вх.						
AD8051	AD8052		•				•	•	•	1	110	140	5	2 k	16	10	2.5	4.8	45	1.00/1.88/3.35
AD8057	AD8058		•				•	•	•	1	325	1150	5	1 k	7	5	2	6	40	1.00/1.88
AD8014				•			•	•	•	1	400	4000	5	1 k	3.5	5	15	1.1	50	1.36
AD8012				•			•	•	•	1	350	2250	5	1 k	2.5	5	15	1.7	125	2.46
AD8072	AD8073			•			•	•	•	1	200	500	5	150	3	6	12	3.5	30	1.76/2.29
Быстродействующие Current Feedback ОУ																				
AD8001	AD8002			•			•	•	•	1	600	1200	5	100	2	5.5	25	5	70	3.25/2.94
AD8009		AD8004		•			•	•	•	1	250	3000	5	1 k	1.5	3.5	90	3.5	50	4.65
AD8013				•			•	•	•	1	1000	5500	54	100	1.9	7	150	14	175	1.87
AD8023				•			•	•	•	1	140	1000	80	1 k	3.5	5	15	4	30	4.41
AD8005				•			•	•	•	1	270	1500	53	1 k	4	30	10	0.4	10	1.47
AD8031	AD8032		•				2.7	•	•	1	80	32	62	1 k	1.5	1.5	1.2	0.8	28	1.48/2.29
Быстродействующие ОУ с низким уровнем шумов																				
AD829				•			•	•	•	20	120	230	62	1	250	1.7	1	7	5	32
AD8022				•			•	•	•	1	75	100	94	1	1 k	2.5	5	2.5	3.5	20
ОУ с малым уровнем искажений																				
AD9631				•			•	•	•	1	320	1300	64	20	100	7	10	7	17	70
Драйверы с большим током нагрузки																				
AD811				•			•	•	•	1	140	2500	60	5	100	1.9	5	30	16.5	100
AD815	ADSL			•			•	•	•	1	120	900	66	1	200	1.85	30	150	30	750
AD8016	ADSL			•			•	•	•	1	320	1000	86	1	100	6.5	4	10	12.5	420
AD8017	ADSL-CPE			•			•	•	•	1	160	1500	76	1	100	1.9	8	10	7	220
AD8010	Видеоусилитель			•			•	•	•	1	280	800	58	5	19	2	12	135	15.5	160
Дифференциальные усилители																				
AD8131	Драйвер			•			•	•	•	2	400	2000	80	5	150	13	5	6	8	50
AD8132				•			•	•	•	1	350	1300	78	20	800	8	6.5	5	12	50
AD8138				•			•	•	•	1	310	1150	94	5	800	5	2.5	5	20	95
AD830	Приемник			•			•	•	•	1	100	530	74	4	150	27	3	10	14.5	50
Быстродействующие ОУ с напряжением питания ±15 В																				
AD817	AD826			•			•	•	•	1	50	350	78	1	2 k	15	2	6.6	7	50
AD818	AD828			•			•	•	•	2	130	450	78	1	2 k	10	2	6.6	7	50
Быстродействующие ОУ с входным каналом на полевых транзисторах																				
AD823				•			3.3	•	•	1	16	22	72	0.1	600	16	0.8	25	пА	5.2
AD825				•			•	•	•	1	45	135	73	2	1 k	12	2	20	пА	6.6

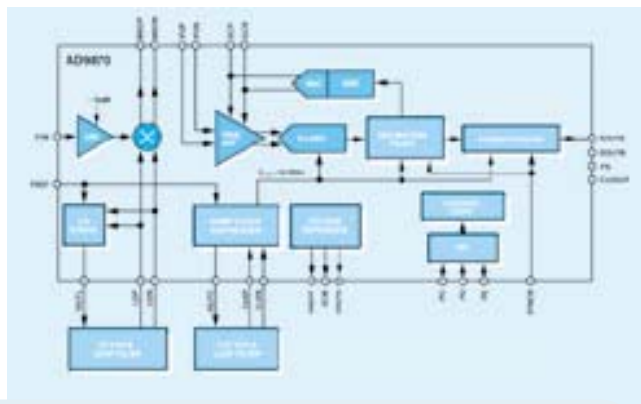
Декомпозиция модемов и цифровых приемников на модули позволяет улучшить их параметры в процессе проектирования, оптимизировать потребляемую мощность, уменьшить размеры и снизить стоимость

Разработчики базовых станций, мобильных терминалов стремятся повысить уровень параметров и снизить стоимость проектируемых устройств. Приемники и передатчики этих устройств имеют существенные ограничения по рассеиваемой мощности вследствие жестких требований к отводу тепла и ресурсу батарейного питания. Для выполнения этих требований в рамках одной СБИС необходимо использовать самые современные микроэлектронные технологии, которые применяются при создании цифровых ИМС. Однако эти технологии пока еще не пригодны для создания аналого-цифровых СБИС. Декомпозиция устройства на цифровую СБИС и аналого-цифровые ИМС позволила фирме Analog Devices создать набор радиочастотных микросхем для широкополосных модемов и узкополосных мультисигментных цифровых приемников.

Аналого-цифровая СБИС AD9870 — высокоинтегрированный узкополосный цифровой приемник, преобразующий сигнал ПЧ в цифровой код

AD9870 представляет собой высокоинтегрированную подсистему, предназначенную для построения цифровых узкополосных приемников ПЧ и отличающуюся высокими характеристиками и низкой мощностью потребления. Микросхема включает малошумящий усилитель (Low-Noise Amplifier — LNA), смеситель, усилитель с изменяемым коэффициентом усиления (VGA), фильтр защиты от наложения спектров, широкополосный сигма-дельта АЦП, программируемый фильтр-дециматор, а также цепи АРУ, гетеродина и синтезатора тактовой частоты. На вход ИМС поступает сигнал частотой 300 МГц. После смесителя частота понижается до промежуточной. Сигнал ПЧ кодируется с помощью сигма-дельта АЦП и преобразуется в цифровые I/Q сигналы, отфильтрованные с помощью фильтра-дециматора.

Микросхема AD9870 предназначена для использования в стационарных базовых станциях, мобильных цифровых приемниках и портативных радиотелефонах и терминалах. Таким образом, данная ИМС, с одной стороны, находит применение в стационарной аппаратуре, а с другой стороны, обладает потреблением, характерным для портативных устройств. Коэффициент шума AD9870 в области одной боковой полосы (ОБП) составляет 12 дБм, динамический диапазон — более 100 дБ при рассеиваемой мощности в пределах 120 мВт. Микросхема имеет программируемый частотный диапазон от 10 до 150 кГц и не требует для этого внешних преобразователей.



ПРИМЕНЕНИЕ

- базовые станции, портативные и мобильные средства:
 - для радиосвязи с мобильными объектами типа ARCO 25, TETRA, Tetrapol
 - для узкополосной связи с мобильными объектами
 - для цифровой связи
 - для узкополосных модемов

Отличительные особенности AD9870:

- аналоговый вход, цифровой выход сигналов ПЧ
- коэффициент шума ОБП 12 дБм, -5 дБм ИИРЗ
- мощность рассеивания 120 мВт
- состав ИМС: малошумящий усилитель, смеситель, усилитель с программно изменяемым коэффициентом усиления, фильтр защиты от наложения спектров, АЦП, цепи АРУ, синтезаторы, I/Q-преобразователь
- тип корпуса 48-LQFP
- программируемые параметры: мощность потребления, выходной частотный диапазон, тактовая частота
- частотный диапазон от 10 до 150 кГц
- АРУ с плавной регулировкой в диапазоне 25 дБ и ступенчатой регулировкой с шагом 16 дБ

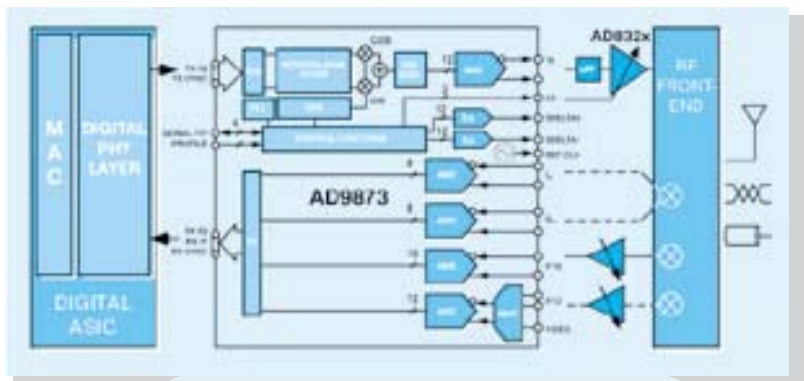
AD9873 — ИМС аналого-цифрового ВЧ тракта для широкополосных модемов

ИМС AD9873 предназначена для построения аналого-цифровых ВЧ трактов широкополосных средств телекоммуникаций. В составе ИМС: 12-разрядный цифровой повышающий преобразователь частоты производительностью $232 \cdot 10^6$ выборок в секунду, 12- и 10-разрядный АЦП, два 8-разрядных АЦП и два сигма-дельта ЦАП. Микросхема обладает отличными техническими и стоимостными показателями и предназначена для широкополосных средств телекоммуникаций, таких как адаптеры для кабельного и беспроводного телевидения, кабельные и беспроводные модемы, модемы для передачи данных по шинам электропередачи (power line modems). AD9873 содержит цепи ВЧ приемников и передатчиков и сопрягается с цифровыми модемами, выполненными в виде заказных СБИС и включающими физический уровень сетевого протокола (PHY) и протокол управления доступом (MAC). В широкополосных модемах и адаптерах 12- и 10-разрядные АЦП могут быть использованы для кодирования сигналов в основном канале, в то время как цифровой повышающий преобразователь применяется для увеличения скорости передачи данных. 12-разрядный АЦП может быть использован в дополнительных каналах (второй телевизионный канал, внешний канал или видеоканал данных), в то время как два 8-разрядных АЦП могут быть применены для формирования I/Q цифровых сигналов. Два дополнительных ЦАП можно использовать для управления коэффициентом усиления VGA усилителя.

ИМС AD9873 обладает оптимальными параметрами для обработки аналого-цифровых сигналов и предназначена для различных видов модуляции — FSK, QPSK, 16/32/64/256 QAM, OFDM и т. п. Наилучшее применение эта ИМС находит в системах, в которых имеет место разделение цифровых и аналого-цифровых функций. Цифровые заказные СБИС наиболее эффективны и созданы с применением современных технологий. В них, в отличие от AD9873, формируется код модулирующих сигналов. Применяя заказную СБИС собственной разработки, можно оптимальным образом использовать алгоритмические и системные особенности такой схемы. Однако современные субмикронные технологии не обеспечивают требуемые уровни напряжений для построения высокоточных АЦП и ЦАП. Проникновение шумов в аналоговые цепи АЦП и ЦАП вследствие совместной работы аналого-цифровых и цифровых устройств приводит к потере точности преобразования сигналов в аналоговых каналах СБИС. В AD9873 выполняется только аналого-цифровая обработка сигналов, что позволяет обеспечить высокие параметры и оптимальную стоимость системы, выполненной на базе этой ИМС и заказной цифровой СБИС.

Отличительные особенности AD9873:

- цифровой квадратурный повышающий преобразователь с частотой преобразования 232 МГц:
 - выходной диапазон от 0 до 65 МГц
 - прямой цифровой синтезатор
 - интерполятор и фильтр с характеристикой $\sin x/x$
- АЦП с разрешением 12 разрядов и частотой преобразования 33 МГц для ПЧ сигналов
- АЦП с разрешением 10 разрядов и частотой преобразования 33 МГц для ПЧ сигналов
- два 8-разрядных АЦП с частотой преобразования 16.5 МГц для I/Q сигналов
- два 12-разрядных управляющих сигма-дельта ЦАП
- видеовход с ограничением по уровню
- интерфейс для сопряжения с драйвером AD8321/3 кабельной линии связи
- программируемый умножитель частоты тактовых импульсов на основе ФАПЧ
- напряжение питания 3.3 В
- режим с пониженным энергопотреблением
- тип корпуса 100-MQFP



ПРИМЕНЕНИЕ

- системы цифровой связи
- модемы для передачи данных и видеосигналов
- кабельные модемы
- адаптеры для кабельного и беспроводного телевидения
- модемы для передачи данных по линиям электропередачи
- спутниковые системы связи
- мультимедийные системы
- широкополосные беспроводные системы связи

Новые достижения в области быстродействующих матричных коммутаторов

Уменьшение потребляемой мощности — одна из общих проблем, возникающих при проектировании многофункционального оборудования на основе ИМС в корпусах минимальных размеров, особенно если разработчики ограничены в применении радиаторов, вентиляторов и мощных источников питания.

Управление объединительной платой часто вызывает трудности из-за возникновения паразитных наводок вследствие передачи высокочастотных сигналов на достаточно большие расстояния. С целью предотвращения проникания паразитных сигналов в цепи объединительной платы используются специальные оконечные схемы.

Новые микросхемы кросс-коммутаторов фирмы Analog Devices семейства **X stream™**

Фирма Analog Devices разработала цифровой кросс-коммутатор AD8151 производительностью 3.2 Гбит/с. Коммутатор предназначен для различных сетей передачи данных, включая оптоволоконные (в том числе гигабитовые Ethernet сети типа OC-48). Данный коммутатор имеет меньшую мощность потребления по сравнению с ближайшими аналогами и может непосредственно управлять объединительной платой. Выходной ток AD8151 программируется в диапазоне от 5 до 30 мА. Кроме того, коммутатор может формировать различные уровни напряжений в зависимости от требований оконечных схем.

Почему мы рекомендуем применять кросс-коммутаторы фирмы Analog Devices?

При проектировании трактов передачи данных следует обращаться к специалистам, способным решать эти проблемы. Цифровые сигналы современных устройств отличаются высокими временными характеристиками — время спада и время нарастания этих сигналов составляет единицы пикосекунд, скорость передачи превосходит 3.2 Гбит/с. Высокая степень интеграции кросс-коммутаторов может привести к возникновению перекрестной помехи, что, в свою очередь, вызывает дрожание фронтов цифровых сигналов. Фирма Analog Devices имеет многолетний опыт в области создания быстродействующих коммутаторов, в том числе и кросс-коммутаторов для сверхскоростных сигналов. Поэтому Analog Devices может предложить наилучшие решения для построения высокочастотных трактов систем передачи данных.

Преимущества кросс-коммутатора AD8151

Микросхема AD8151 позволяет проектировать коммутаторы и другое оборудование высокочастотных трактов как для скорости передачи данных 622 Мбит/с, так и для скорости 3.2 Гбит/с. Это позволяет исключить замену блоков при изменении требований к скорости передачи данных. Ни один производитель, кроме фирмы Analog Devices, не может предложить кросс-коммутаторы с производительностью от 1 до 3.2 Гбит/с.

Минимальная для одного порта коммутатора AD8151 скорость передачи данных составляет 3.2 Гбит/с, что превосходит требования стандарта OC-48 (2.5 Гбит/с) и позволяет осуществить такую операцию, как прямое исправление ошибок (forward error correction — FEC). Использование в AD8151 новых схемотехнических решений (запатентованных фирмой Analog Devices) обеспечивает значительно меньшее потребление мощности по сравнению с аналогичными коммутаторами других производителей (как следует из приведенной ниже таблицы, мощность потребления ядра коммутатора AD8151 в 25 раз меньше мощности потребления ближайших аналогов). Это позволяет использовать для коммутатора AD8151 корпус типа 184-LQFP. Кроме того, при построении систем на основе AD8151 не требуется радиатор. Таким образом, используя кросс-коммутатор AD8151 вместо аналогичных изделий других производителей, разработчики могут либо увеличить число каналов при той же мощности рассеивания, либо уменьшить габариты проектируемого устройства за счет отказа от радиаторов и вентиляторов.



Сравнительные параметры AD8151 и ближайших аналогов других производителей

Тип параметра	AD8151	Аналог А	Аналог В
Число каналов	33×17	34×34	64×64
Ток потребления, А	0.03	2.25	5.4
Мощность потребления ядра, Вт	0.1	7.4	17.8
Мощность потребления в пересчете на ключ, мВт/ключ	0.18	6.4	4.4

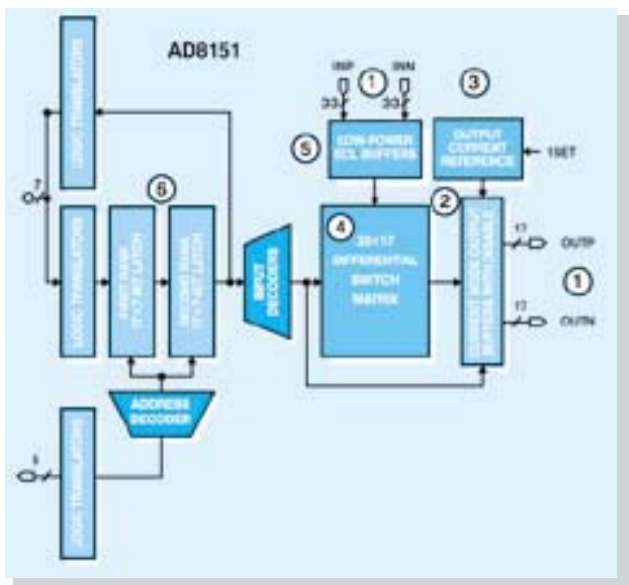
Кросс-коммутатор AD8151 выполнен на основе BiCMOS технологии. Дальнейшее снижение мощности потребления возможно за счет выполнения логических элементов коммутатора по CMOS технологии. Другие производители используют схемы на основе арсенида галлия, отличающиеся высокой мощностью потребления.

Особенности и преимущества AD8151

Особенности	Преимущества	Способы обеспечения преимуществ
Низкая мощность потребления	Стандартный корпус, низкая стоимость, не требуется радиатор, увеличено число каналов в одной ИМС	Новые схемотехнические решения, BiCMOS технология
Тип корпуса LQFP	Стандартный, недорогой, облегчает проектирование ВЧ тракта	Низкая мощность потребления, корпус с теплоотводом
Нарастаемая архитектура	Увеличено число каналов, повышена скорость переключения	Новые схемотехнические решения
Низкая стоимость	Может быть использован для скорости передачи данных меньше 2.5 Гбит/с	BiCMOS технология, стандартный корпус

Структурные особенности кросс-коммутатора AD8151

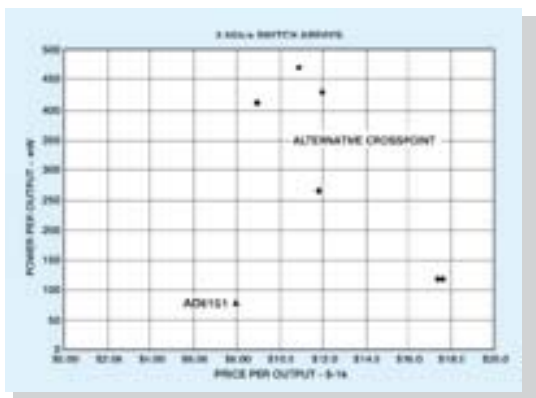
1. Дифференциальные входы/выходы с целью уменьшения перекрестной помехи.
2. Выходной каскад с выходом по току. Это позволяет обеспечить высокое быстродействие и легко осуществить операцию отключения выхода, если необходимо перейти на режим с пониженным энергопотреблением. Кроме того, достоинством такого выходного каскада является симметричность выходного сигнала и возможность управления от внешнего источника.
3. Программируемый выходной ток. Это позволяет изменять размах выходного сигнала в зависимости от величины импеданса линии связи и схемы оконечного каскада.



4. Ядро коммутатора выполнено по BiCMOS технологии, что обеспечивает высокую плотность компоновки, низкое потребление, малую задержку распространения и минимальное дрожание фронта цифрового сигнала.

5. Входные буферы отличаются низкой входной емкостью, величина которой зависит от состояния матрицы.

6. Двухранговая фиксация кода позволяет предварительно установить конфигурацию матрицы по состоянию фиксатора первого ранга и полностью загрузить матрицу коммутатора, когда код из фиксатора первого ранга переписывается в фиксатор второго ранга. Состояние фиксатора второго ранга может быть считано с целью контроля конфигурации матрицы. Дальнейшее уменьшение мощности потребления коммутатора может быть достигнуто при переводе на CMOS технологию всех узлов микросхемы.



Тип корпуса и стоимость AD8151

Кросс-коммутатор AD8151 выпускается в корпусе 184-LQFP и предназначен для работы в расширенном диапазоне температур от -25 до 85 °C. FOB цена в партии 1000 шт. \$ 135.

Недостатки аналоговых синтезаторов частоты и пути их преодоления

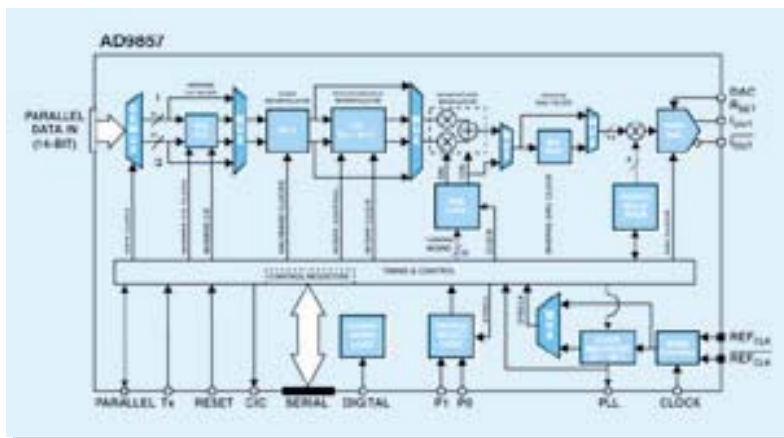
При построении синтезаторов частоты аналоговые устройства до настоящего времени обеспечивали минимальное дрожание фронта синтезирующих сигналов и низкий уровень фазовых помех. В то же время аналоговым синтезаторам присуща высокая чувствительность к временному и температурному дрейфу параметров компонентов, разбросу этих параметров, времени установления электрических сигналов и т. п.

Появление прямых цифровых синтезаторов с высоким разрешением, таких как AD9857, обеспечивает высокую стабильность параметров, минимальное время установления, высокую степень повторяемости синтезируемых сигналов, программируемость основных параметров. Кроме того, этот синтезатор позволяет получить минимальное дрожание выходного сигнала и низкий уровень фазовых помех. ИМС AD9857 представляет собой 14-разрядный цифровой модулятор с частотой выборки 200 МГц, высоким динамическим диапазоном неискаженного сигнала, минимальным дрожанием фронта и низким уровнем фазовых помех. ИМС предназначена для построения прямых цифровых синтезаторов.

ИМС AD9857 включает повышающий преобразователь и цифровой модулятор, отличающиеся высокими характеристиками. Уровень этих характеристик обеспечивается высоким разрешением ЦАП (14 разрядов) в составе AD9857.

Несмотря на то, что AD9857 представляет собой цифровой модулятор в составе синтезатора, эта ИМС, в случае необходимости, может быть использована автономно для построения однотональных синтезаторов. При этом AD9857 обеспечивает высокий динамический диапазон неискаженного сигнала, низкую фазовую помеху, минимальное дрожание фронта, быстрое изменение синтезируемой частоты.

Максимальная рабочая частота модулятора AD9857 составляет 200 МГц, при этом выходная несущая частота достигает 80 МГц. Типовой динамический диапазон неискаженного сигнала составляет 86 дБн при отстройке 10 кГц и 85 дБн при отстройке 1 МГц. Если несущая частота модулятора 10 МГц, динамический диапазон неискаженного сигнала составляет 94 дБн при отстройке 10 кГц.



Уровень фазового шума AD9857 составляет -145 дБн/Гц при несущей частоте 40 МГц и отстройке 1 кГц. Умножитель внутренней тактовой частоты при этом отключен (при включенном множителе помеха увеличивается незначительно). Дрожание фронта синтезируемого сигнала и уровень фазового шума зависят от параметров внешнего генератора тактовой частоты. Внешний источник фиксированной тактовой частоты должен быть согласован с ИМС модулятора. Дрожание фронта может быть обеспечено в пределах 1 пс.

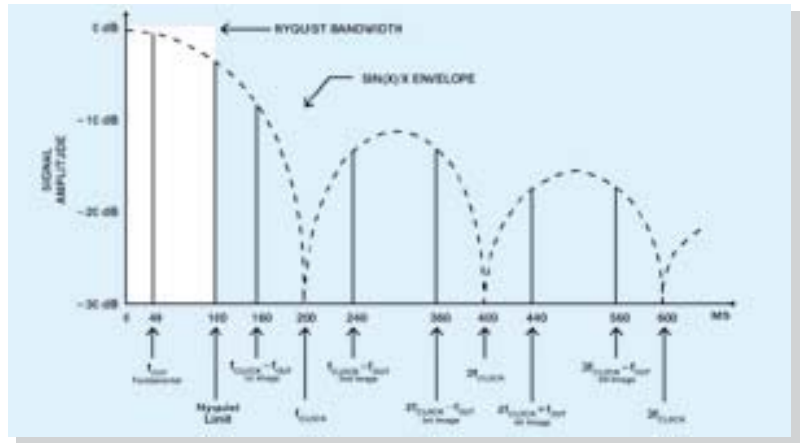
Разрешение, с которым подстраивается частота модулятора, программируется с помощью 32-разрядного кода. При системной тактовой частоте 200 МГц разрешение составляет 0.047 Гц.

Тактовая частота последовательной управляющей шины составляет 10 МГц, что позволяет быстро изменить код подстройки частоты и обеспечивает, в свою очередь, быстрое изменение синтезируемой частоты.

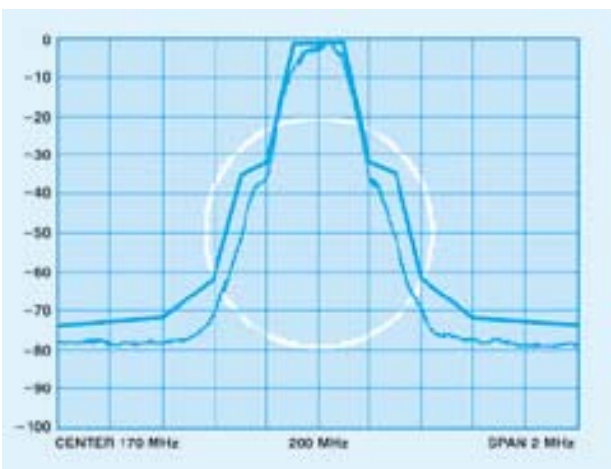
Использование модулятора AD9857 имеет смысл даже при построении однотональных цифровых синтезаторов. В этом случае возможности AD9857 используются частично, но при этом обеспечивается эквивалентная 14-разрядная точность выходного сигнала, что оправдывает такое применение ИМС модулятора.

Использование зеркальной боковой полосы частот для повышения частоты выходного сигнала модулятора AD9857

ИМС AD9857 имеет максимальную частоту выборки 200 МГц. Это означает, что выходная синтезируемая частота выбирается, исходя из теоремы Найквиста, и составляет не более половины частоты выборки. Однако характеристика фильтра защиты от наложения частот, как правило, далека от прямоугольной, поэтому выходная частота синтезатора на практике не превышает 40 % частоты выборки, что составляет 80 МГц для AD9857. Повысить выходную частоту можно путем использования внешнего смесителя и гетеродина с последующим выделением с помощью фильтра требуемого значения частоты выходного сигнала. В некоторых случаях формирование частоты выходного сигнала, превышающей частоту Найквиста, может быть обеспечено путем выделения необходимой частоты из зеркальной боковой полосы частот. Каким образом это происходит, продемонстрировано на диаграмме спектральных характеристик основной и боковых частот (рисунок справа).



В общем случае сигналы в полосе боковых частот в большей степени зашумлены, чем сигналы в полосе базовой частоты. Однако, благодаря высокой линейности 14-разрядного ЦАП в составе AD9857, первая и вторая полоса боковых частот характеризуются достаточно высоким отношением сигнал/шум. Для использования полосы боковых частот с целью формирования частоты выходного сигнала необходимо выбрать частоту выборки и базовую частоту. Формирование выходного сигнала обеспечивается полосовым фильтром на выходе AD9857. Отметим, если используются нечетные гармоники, спектр выходного сигнала инвертируется. В AD9857 предусмотрена коррекция выходного сигнала путем использования специального разряда (spectral invert bit).



На рисунке слева показана первая боковая частота промодулированного сигнала в стандарте GSM, полученная с помощью ИМС AD9857. Частота выборки составляет 195 МГц, базовая несущая — 25 МГц, первая боковая полоса (сформированная с помощью AD9857) — 170 МГц. Как видно из рисунка, наложение маски GSM спектра на сформированный спектральный образ GSM сигнала демонстрирует соответствие этого сигнала требованиям GSM стандарта.

Центральный офис

One Technology Way
P.O. Box 9106
Norwood,
MA 02062-9106
U.S.A.
Тел.: +1 781 329 4700
(1 800 262 5643,
только для США)
Факс: +1 781 326 8703
Интернет:
<http://www.analog.com>

Офис в Германии

Am Westpark 1 - 3
D-81373 München
Germany
Тел.: +89 76903-0
Факс: +89 76903-157
Интернет:
<http://www.analog.com>

Офис в Австрии

Breitenfurter Strabe 415
1230 Wien
Austria
Тел.: +43-1-8885504-76
Факс: +43-1-8885504-85
Интернет:
<http://www.analog.com>

**Дистрибьютор
в Украине VD MAIS**

а/я 942, Киев, 01033
Украина
Тел.: +380 44-227-2262
Факс: +380 44-227-3668
E-mail:
info@vdm.kiev.ua
Интернет:
<http://www.vdm.kiev.ua>



www.analog.com/bulletins/hssp

Информационные бюллетени фирмы Analog Devices

- АЦП • ЦАП • Усилители • ИМС для телекоммуникаций • ИМС для управления электропитанием • Быстродействующие аналоговые ИМС •

Во всех отделениях связи Украины и Российской Федерации

продолжается подписка на 2001 год
на журнал «**ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ**»

Подписной индекс 40633 в каталоге периодических изданий Украины
и каталоге "Подписка 2001" России.

В марте 2001 г. среди подписчиков ЭКиС была проведена очередная лотерея.

Призы: мониторы, CD-ROM, каталоги продукции всемирно известных фирм-производителей
электронных компонентов и систем и мн. др.

Для участия в следующей лотерее

необходимо прислать в редакцию копию квитанции о подписке.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

НПФ VD MAIS принимает заказы на проектирование и изготовление печатных плат в количествах от единичных образцов до массового производства.

Проектирование односторонних, двухсторонних и многослойных печатных плат выполняется в САПР на базе программных средств PCAD или ACCEL EDA и может включать разработку топологии проводников, а также графики слоев маркировки, паяльной маски, трафарета для нанесения паяльной маски. При проектировании комплексно решаются вопросы обеспечения электрических, механических и тепловых характеристик платы. В составе платы могут применяться компоненты в любых типах корпусов с произвольным шагом выводов. Размещение компонентов выполняется с одной или двух сторон платы.

Изготовление печатных плат производится в соответствии со стандартом IPC-A-600F (сертификат безопасности UL, производство сертифицировано по ISO 9002) или ГОСТ 23752-79. Основные технические данные печатных плат, ориентировочная стоимость технологической подготовки производства и изготовления плат (включая транспортные расходы, таможенную пошлину и НДС) приведены в таблицах.

Исходные данные для изготовления плат (.GBR или .PCB файл, подготовленный в PCAD 4.5, 8.5 или ACCEL EDA 14.0, 15.0) предоставляются на дискете или пересылаются электронной почтой (zinchenko@vdmαι.kiev.ua).

Оплата производится в гривнях по курсу НБУ на день оплаты.

Основные технические данные печатных плат, изготавливаемых НПФ VD MAIS

Технические данные плат	Стандарт IPC-A-600F	ГОСТ 23752-79
Количество слоев	1-20	1-12
Макс. размеры / толщина, мм	(600×450) / (0.25-3.5)	(550×400) / (0.25-3.5)
Мин. ширина проводника или зазора, мм	0.05	0.25
Мин. диаметр отверстия / контактной площадки, мм	0.25 / 0.5	0.4 / 0.8
Типы стеклоэпоксидных материалов	CEM-1, FR-4	
Тип защитной маски	LPI, цвет зеленый или черный	SM0045 или XV-501T
Покрывание контактов под монтаж	никель 4 мкм, золото 0.07 мкм	ПОС-61 оплавленный
Покрывание ламельных контактов	золото 0.5-0.7 мкм	палладий 3.5 мкм
Электрическое тестирование	100 %	нет

Ориентировочная стоимость технологической подготовки производства одного вида печатных плат

Вариант исполнения	Стоимость, доллары США, при числе слоев:				
	1	2	4	6	8
Стандарт IPC-A-600F с электрическим тестированием	430*	720*	1100*	1270*	1420*
Стандарт IPC-A-600F без электрического тестирования	150*	220*	290*	540*	680*
ГОСТ 23752-79 с защитной паяльной маской и маркировкой	15×N+15	20×N+20	30×N+20	40×N+20	50×N+20
ГОСТ 23752-79 с защитной паяльной маской, без маркировки	15×N	20×N	30×N	40×N	50×N
ГОСТ 23752-79 без защитной паяльной маски и маркировки	10×N	15×N	-	-	-

* Стоимость не зависит от площади платы

N — площадь платы, дм² (если площадь менее 1 дм², то N=1). При N>5 скидка от 10 до 50 %.

Ориентировочная стоимость изготовления некоторых типов печатных плат

Тип платы	Объем заказа, дм ²	Срок выполнения, дни	Стоимость, долл. США/дм ² *	
			IPC-A-600F	ГОСТ 23752-79
Двухсторонняя/4-слойная прямоугольная плата толщиной 1.5 мм размерами до 600×450 мм, материал FR-4 с толщиной слоя меди 17 или 35 мкм, мин. ширина проводника или зазора: • IPC-A-600F — 0.15 мм • ГОСТ 23752-79 — 0.25 мм, тип покрытия контактов под монтаж: • IPC-A-600F — GOLD FLASH (никель 4 мкм, золото 0.07 мкм) • ГОСТ 23752-79 — ПОС-61 оплавленный, защитная паяльная маска, маркировка, фрезерование по контуру, IPC-A-600F — поставка в вакуумной упаковке	от 2	20 / 20	договорная	7-3.5 / 21-11
	от 20	20 / 30	15-7.5 / 19-15	3.5-3.2 / 11
	от 100	30 / 35	7.5-4.5 / 15-14	3.2-3.0 / 10
	от 200	35 / 45	4.5-2.4 / 14-5	3.0 / 10
	от 1000	35 / 45	2.4-2.3 / 7-4	2.8 / 9
	от 2000	35 / 45	2.3-2.1 / 6-3	2.7 / 8

* Расценки приведены по состоянию на апрель 2001 г.

16-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

В статье приведен обзор завоевавших популярность 16-разрядных микроконтроллеров фирм Infineon, Intel, Philips и новых экономичных высокопроизводительных 16-разрядных микроконтроллеров фирм Motorola и Texas Instruments. Особое внимание, как наиболее перспективным, уделяется микроконтроллерам со встроенной флэш-памятью.

В. Охрименко

Основные параметры популярных 16-разрядных микроконтроллеров, выпускаемых ведущими фирмами мира, приведены в таблице [1].

Микроконтроллеры фирмы Infineon. Фон-неймановская архитектура микроконтроллера C166 является базовой для всего семейства универсальных высокопроизводительных микроконтроллеров C16x, которые представлены микроконтроллерами C161, C163, C164, C165, 80C166 и C167 [2-4]. Все микроконтроллеры семейства C16x предназначены для применения в разных системах управления/контроля, работающих в реальном масштабе времени, чему способствует малое время реакции на прерывание и расширенный набор инструкций, поддерживающих операции с отдельными битами. Тактовая частота ($F_{\text{ТАКТ}}$) процессорного ядра большинства микроконтроллеров семейства C16x составляет 20-25 МГц, а время выполнения большинства инструкций $2/F_{\text{ТАКТ}}$. Новые микроконтроллеры имеют повышенную тактовую частоту 33 МГц (C167CR-L33M), 36 МГц (C165UTAH-LF) и 40 МГц (C165H-LF). Процессорное ядро семейства C16x содержит: четырехступенчатый конвейер (выборка, декодирование, выполнение, запись), одноктактное устройство циклического сдвига, аппаратный блок быстрого умножения/деления. Инструкции имеют длину 2 или 4 байта. Четырехбайтовые инструкции выбираются из встроенной памяти программ (OTP или ROM) в течение одного машинного такта (32-разрядная встроенная шина), однако выборка четырехбайтовых инструкций из внешней памяти требует двух циклов обращения к внешней 16-разрядной шине.

Микроконтроллеры C16x в зависимости от модификации содержат встроенную память программ типа OTP, ROM или флэш-ПЗУ объемом от 32 до 256 кбайт и память данных (RAM) объемом от 1 до 11 кбайт. Объем адресуемой внешней памяти составляет от 256 кбайт (8xC166) до 16 Мбайт (C167). В микроконтроллерах

C16x реализована возможность гибкого реконfigurирования внешней шины адреса и данных (мультиплексируемая/немультимплексируемая, 8- или 16-разрядная, кроме того, имеется возможность добавлять такты ожидания в цикл шины). В зависимости

от модификации микроконтроллеры C16x могут иметь от 59 до 111 программируемых входов/выходов.

Широкий спектр периферийных устройств позволяет гибко использовать микроконтроллеры C16x в разных системах управления/контроля. К периферийным устройствам относятся:

- многоканальные (от 8 до 24) 10-разрядные АЦП
- модули 16-разрядных таймеров/счетчиков общего назначения, реализующих подсчет числа внешних событий, измерение периода внешнего сигнала, генерацию сигналов, умножение частоты и т. п.
- "сторожевой" таймер и часы реального времени
- 16-канальные модули, реализующие функции захвата/сравнения
- контроллер прерываний (от 20 до 59 векторов прерываний)
- контроллеры последовательных интерфейсов (UART, USART, I²C, CAN).

Микроконтроллеры C167 — самые мощные микроконтроллеры семейства C16x — имеют увеличенный

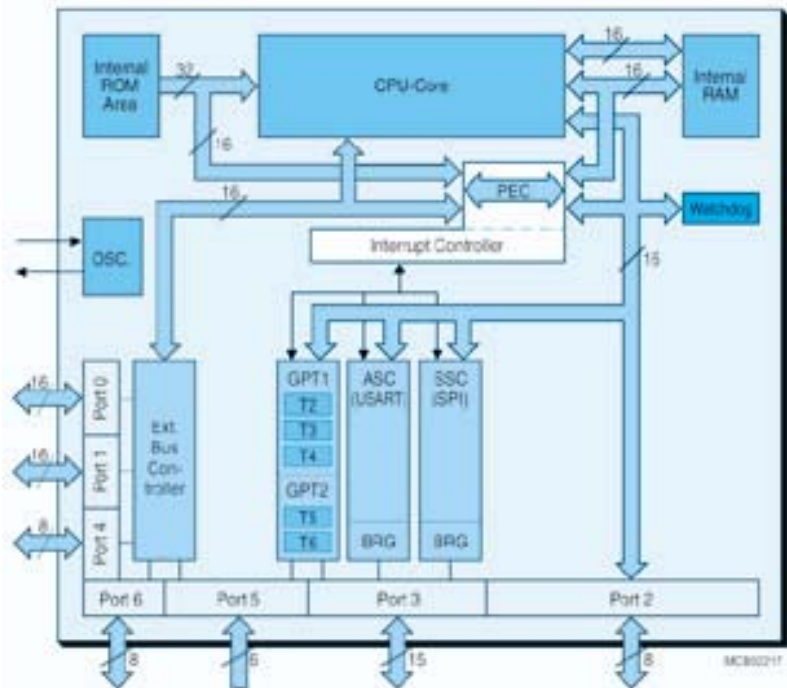


Рис. 1. Архитектура микроконтроллера C165-L

Основные параметры 16-разрядных микроконтроллеров

Тип	Тактовая частота, МГц	Встроенная память		Напряжение питания, В	Аппаратн. умножитель	Таймеры	АЦП, ЦАП	Последовательные интерфейсы	Стоимость (в партии 10 000 шт.) \$
		OTP (ROM), Flash, кбайт	RAM, кбайт						
AMD Am186CC Am186CH Am186CU	25, 40, 50	-	-	3.3	-	3	-	HDLC (2-4) UART (2), USB, синхронный	5 ... 15
Am186EM Am186ES Am186ED	20, 25, 33, 40	-	-	3.3/5	-	3	-	UART, USART	
Am186ER	25, 33, 42, 50	-	32	3.3	-	3	-	UART, USART	
Atmel T80C251	0 ... 24	ROM/OTP, 16 ... 32	1	2.7 ... 5.5	8x8	4 (16-разрядн.)	-	UART, SPI, I ² C	3 ... 6
T83C251		Flash, 256	4.5					ISO7816 smart-card interface, SPI	6 ... 10
Hitachi H8/3007	16	-	4	2.7 ... 5.5		модуль 16-разрядн. таймеров (5 каналов, ШИМ), "сторожевой"	10-разрядн. (8.4 мкс)	асинхронный, синхронный	5 ... 10
H8/3052	20	Flash, 512	16				10-разрядн. (6.7 мкс) ЦАП (8 разрядов)	15 ... 25	
H8S/2238	16	Flash, 256	16				10-разрядн. (6.7 мкс), ЦАП (8-разрядн.)	10 ... 25	
Infineon C16x	16 ... 40	OTP/ROM 32 ... 256	1 ... 11	2.7 ... 5.5	16x16, 32x16	3 ... 16 (16-разрядн.)	10-разрядн. (8 ... 36 каналов)	UART, SPI, ASC, I ² C, CAN, USB	3.5 ... 15
Motorola MC68HC912B32	8	Flash, 32	1	3.3/5		модуль 16-разрядн. таймеров (8 каналов, ШИМ)	10-разрядн. (8 каналов)	SCI, SPI, J1850	
XC68HC912D60		Flash, 128	8				10-разрядн. (8 или 16 каналов)	SCI, SPI, CAN	
MC68HC916R1	16	Flash, 50	2			МНОГОФУНКЦИОН. МОДУЛЬ таймеров	10-разрядн. (8 каналов)	SCI, SPI	
MC68HC916Y3		Flash, 100	4						
NEC K4	16	Flash	2 ... 12	1.8 ... 5.5	8x16	3 ... 6 (8- и 16-разрядн.)	АЦП, ЦАП	3 ... 5 каналов	3 ... 15
Philips XA-G30	30	-	0.5	2.7 ... 5.5	16x16	3 (16-разрядн.)	-	UARTs	5.25
XA-G49		Flash, 64	2	5					
XA-S7		OTP, 32	1	2.7 ... 5.5		4 (16-разрядн.), "сторожевой"	8-разрядн.	ISO7816 smart- card interface, SPI	7.5
Texas Instruments MSP430	1 ... 8	Flash, 1 ... 60 OTP, 4 ... 32 ROM, 2 ... 32	до 2	1.8 ... 5.5	16x16	2 ... 4 (16-разрядн.)	12-разрядн. (6 ... 8 каналов, 200 кГц)	UARTs, SPI, I ² C	0.99 ... 5.95

объем встроенной памяти, большое адресное пространство внешней памяти, широкий набор периферийных устройств. Микроконтроллеры C165 — недорогие, с пониженным энергопотреблением, что достигается отсутствием некоторых периферийных устройств. Архитектура C165-L приведена на рис. 1 [4].

Во всех микроконтроллерах C16x реализованы стандартные режимы работы со сниженным энергопотреблением (idle и power down). В новых модификациях C16x реализован режим работы, в котором снижение энергопотребления достигается за счет уменьшения тактовой частоты.

Микроконтроллеры C16x выпускаются в корпусах типа 80-MQFP, 100-MQFP, 144-MQFP, 100-TQFP, 128-TQFP.

Микроконтроллеры фирмы Motorola. Фирма Motorola продолжает интенсивно наращивать выпуск 16-разрядных микроконтроллеров со встроенной флэш-памятью — семейство микроконтроллеров 68HC912 на базе 8-разрядных микроконтроллеров 68HC11, имеющих по сравнению с последними улучшенные характеристики и расширенный набор инструкций, и семейство микроконтроллеров 68HC916, которое отличается усовершенствованным процессорным ядром, увеличенной производительностью (тактовая частота 16 МГц) и периферийными устройствами с расширенными функциями [5-7].

68HC912. Все микроконтроллеры семейства 68HC912 совместимы между собой на уровне кодов инструкций и отличаются объемом встроенной памяти программ (флэш-память) и данных (RAM-память), а также набором и специализацией периферийных устройств. Архитектура процессорного ядра 68HC912 полностью соответствует базовой архитектуре 68HC12. Это 16-разрядные микроконтроллеры, выполняющие обработку 8- или 16-разрядных операндов. Регистровая структура 68HC12 аналогична регистровой структуре 68HC11 и содержит семь программно доступных регистров (три 8-разрядных и четыре 16-разрядных): два 8-разрядных — аккумуляторы (A и B); 16-разрядные — программный счетчик (PC), указатель стека (SP), два индексных регистра (X, Y); 8-разрядный регистр условий (CCR). Инструкции имеют длину от одного до шести байт. Большинство инструкций выполняется в течение от 2 до 6 машинных тактов, инструкции умножения — 11-12 тактов, переход на обработку прерываний осуществляется в течение от 8 до 11 тактов после поступления сигнала прерывания. Процессорное ядро 68HC12 выполняет более 200 инструкций над операндами, расположенными в регистрах, или ячейках памяти. Набор инструкций 68HC12 представляет собой расширенный набор инструкций 68HC11. На уровне исходного текста программный код для 68HC12 снизу вверх совместим с кодом 68HC11, что позволяет без больших проблем осуществить переход от 8-разрядных микроконтроллеров семейства 68HC11 к 16-разрядным микроконтроллерам 68HC12.

В микроконтроллерах 68HC12 реализованы два основных режима работы: автономный (Single-Chip Mode) и расширенный (Expanded Mode). Кроме того, предусмотрены четыре специальных режима работы, которые используются при отладке программ и тестировании микросхем на предприятии-изготовителе. В автономном режиме работы доступна только встроенная память программ и данных. В расширенном режиме можно использовать внешнюю память, обмен с которой выполняется по 8- или 16-разрядной шине данных. Эта шина мультиплексируется с шиной адреса. В расширенном режиме значительно сокращается количество программируемых входов/выходов, которые можно использовать для непосредственного обмена данными с внешними устройствами.

Переход в энергосберегающие режимы работы, а это режим ожидания (Wait Mode), в котором прекращается работа процессорного ядра, но продолжается работа периферийных устройств, и режим останова (Stop Mode), в котором приостанавливается работа всех устройств микроконтроллера, осуществляется после выполнения инструкций WAIT и STOP соответственно. Выход из энергосберегающих режимов работы происходит после сигнала внешнего сброса (Reset) или по прерываниям. В режиме ожидания потребляемая микроконтроллером мощность снижается на 50 % относительно мощности потребления в активном режиме.

Реализованная в микроконтроллерах 68HC12 схема ФАПЧ дает возможность применять низкочастотный кварцевый резонатор и программно изменять тактовую частоту микроконтроллера.

Широкий набор интеллектуальных периферийных устройств позволяет сократить количество внешних компонентов в системе на базе микроконтроллера 68HC912, а, следовательно, снизить стоимость системы. К периферийным устройствам 68HC912 относятся модули параллельного и последовательного ввода/вывода данных, модуль таймеров, многоканальные АЦП, модули формирования ШИМ-сигнала. Все периферийные устройства имеют регистры управления/контроля, которые после сброса располагаются в первых 512 ячейках адресуемой памяти.

Параллельные порты ввода/вывода предназначены для непосредственного обмена данными с внешними устройствами или служат в качестве внешних мультиплексируемых шин адреса/данных. К линиям портов, которые используются в качестве входов, можно программно подключать резисторы между входом и источником питания.

Модуль последовательного ввода/вывода включает контроллеры стандартных асинхронных или синхронных портов (SCI, SPI), а также контроллеры, реализующие обмен согласно протоколам I²C, CAN или j1850.

8- или 10-разрядный АЦП поразрядного уравнивания (8 или 16 каналов) имеет восемь режимов преобразования, один из которых (режим сканирова-

ния) обеспечивает преобразование сигнала поочередно по каждому каналу.

Кроме многоканальных 16-разрядных программируемых таймеров/счетчиков с регистрами захвата/сравнения, которые формируют ШИМ-сигнал, в некоторых модификациях семейства 68HC12 предусмотрен отдельный специальный модуль для формирования ШИМ-сигнала, предназначенный для управления электродвигателями. В каждом из каналов специализированного модуля таймеров можно программно изменять частоту и длительность выходного ШИМ-сигнала.

В модификациях 68HC912 объем встроенной флэш-памяти программ составляет от 32 до 128 кбайт, объем RAM-памяти данных — от 1 до 8 кбайт, в некоторых микроконтроллерах 68HC912 реализована память типа EEPROM (от 768 байт до 2 кбайт).

Напряжение питания микроконтроллеров 3 или 5 В. Максимальная тактовая частота 8 МГц. Микросхемы 68HC912 выпускаются в корпусах типа 80-QFP и 112-LQFP и предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до 85 °С.

68HC916. Архитектура микроконтроллеров 68HC916 со встроенной флэш-памятью полностью соответствует базовой архитектуре 68HC16. Регистровая структура 68HC16 отличается расширенным количеством регистров. Введены два новых 16-разрядных индексных регистра. 16-разрядный программный счетчик (PC) и указатель стека (SP) имеют 4-разрядные регистры расширения, обеспечивающие адресацию к памяти объемом 1 Мбайт (20-разрядная шина адреса). Регистр состояния имеет длину 16 разрядов. Вместо двух 8-разрядных аккумуляторов (микроконтроллеры 68HC11 и 68HC12) в 68HC16 реализовано два 16-разрядных аккумулятора общего назначения. Кроме того, для поддержки операций умножения с накоплением в 68HC16 реализован блок MAC, содержащий 36-разрядный аккумулятор и пять специальных вспомогательных регистров. При внешней тактовой частоте 25 МГц (68HC16Z3) операции умножения с накоплением выполняются в течение 480 нс.

Набор инструкций микроконтроллера 68HC16 включает все инструкции 68HC11. Для увеличения производительности при цифровой обработке в 68HC16 реализованы инструкции умножения и деления целых и дробных чисел, новые инструкции пересылок, умножения с накоплением, сдвига и другие. Все инструкции имеют фиксированную длину 2, 4, 6 байт и в большинстве своем выполняются в течение от 2 до 8 машинных тактов. Сложные инструкции типа умножение и деление целых и дробных чисел, умножение с накоплением требуют для выполнения от 10 до 36 тактов. Набор инструкций 68HC16 состоит из 261 инструкции.

В микроконтроллерах 68HC16 предусмотрены режимы работы, в которых можно адресоваться к расширенной внешней памяти программ и данных объемом до 2 Мбайт.

В микроконтроллерах 68HC16, по сравнению с микроконтроллерами других семейств (68HC08/11/12), реализованы более интеллектуальные периферийные устройства, предназначенные для решения самого широкого спектра задач управления и контроля.

Все микроконтроллеры 68HC916 имеют встроенные 10-разрядные АЦП (6 или 8 каналов).

Блок таймеров в зависимости от модификации может быть реализован на базе модулей GPT, TPU, STM, которые обеспечивают разные многоканальные режимы работы таймеров. Самый интегрированный модуль — специализированный таймерный процессор (TPU или TPU 2) содержит: блоки управления и внешнего интерфейса; два 16-разрядных таймера; 16 независимых входных каналов, каждый из которых имеет регистры захвата/сравнения и управления; программируемый контроллер прерываний, определяющий порядок обслуживания запросов, поступающих по входным каналам в соответствии с установленным приоритетом. В модификациях 68HC16 предусмотрен набор разных модулей таймеров.

Связь с "внешним миром" осуществляется через последовательные порты (интерфейс SCI или SPI).

Модуль системной интеграции (SIM) обеспечивает управление обменом данными по внешней шине и контроль некоторых внутренних ресурсов ("сторожевой" таймер, контроллер внешних прерываний, 12 программируемых внешних выходов CS, программируемый таймер прерываний — PIT и ФАПЧ). Схема ФАПЧ позволяет использовать внешние кварцевые резонаторы с частотой от 32 768 Гц до 4.2 МГц.

Все микроконтроллеры со встроенной памятью имеют встроенные средства контроля хода выполнения программы в режиме отладки и программирования флэш-памяти.

В настоящее время фирма Motorola предлагает четыре модификации микроконтроллеров со встроенной флэш-памятью с максимальной тактовой частотой 16 МГц — MC68HC916R1, MC68HC916Y3, 68HC916X1, 68HC916Y1 [5], которые отличаются объемом флэш- и RAM-памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса (68HC916X1 выполнен в корпусе 120-QFP, MC68HC916R1 — в корпусе 132-QFP, 68HC916Y1 и MC68HC916Y3 — в корпусе типа 160-QFP). Все микроконтроллеры с флэш-памятью предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до 85 °С.

Высокая производительность и широкий набор специализированных периферийных устройств микроконтроллеров 68HC916 удовлетворяют самым высоким требованиям при создании систем управления/контроля, работающих в реальном масштабе времени.

Микроконтроллеры фирмы Philips. Следуя пожеланиям потребителей увеличить производительность популярного микроконтроллера 8051, фирма Philips в начале девяностых годов прошлого столетия разработала на базе этого микроконтроллера 16-разрядные

микроконтроллеры 51XA (eXtended Architecture). 51XA по сравнению с микроконтроллером 8051 имеет повышенное быстродействие, а реализованный в микроконтроллере 51XA набор инструкций сохраняет преимущество с инструкциями микроконтроллера 8051. Одно из важных достоинств архитектуры микроконтроллера 51XA заключается в поддержке многозадачных приложений (до 255 задач) [8]. В дополнение к указателю стека, реализованному в 8051, в 51XA имеется дополнительный указатель стека, который используется пользователем. Для каждой задачи в памяти данных может быть выделена отдельная область объемом 64 кбайта.

Каждый из двадцати одного 16-разрядных регистров общего назначения, образующих регистровый файл 51XA, можно использовать в качестве аккумулятора или индексного регистра. В операциях сдвига, умножения, деления предусмотрена возможность адресоваться к парам 16-разрядных регистров как к двойному слову. В микроконтроллере 51XA, в отличие от 8051, реализованы новые инструкции — это инструкции целочисленного умножения и деления, которые могут использовать 8-, 16- или 32-разрядные операнды, а результат операции может содержать до 32 разрядов. Выполнение большинства инструкций типа регистр-регистр составляет три машинных такта (в четыре раза быстрее, чем в 8051), что при тактовой частоте 30 МГц составляет 100 нс. Для увеличения быстродействия в микроконтроллере 51XA используется очередность команд (семь байт). Многие из модификаций микроконтроллеров семейства 51XA имеют 24-разрядный программируемый счетчик, что позволяет адресоваться к памяти объемом 16 Мбайт (256 сегментов объемом 64 кбайта). К числу периферийных устройств микроконтроллеров семейства 51XA относятся: 8-разрядный восьмиканальный АЦП (серия G3); четыре 16-разрядных таймера/счетчика; "сторожевой" таймер; контроллеры последовательных портов

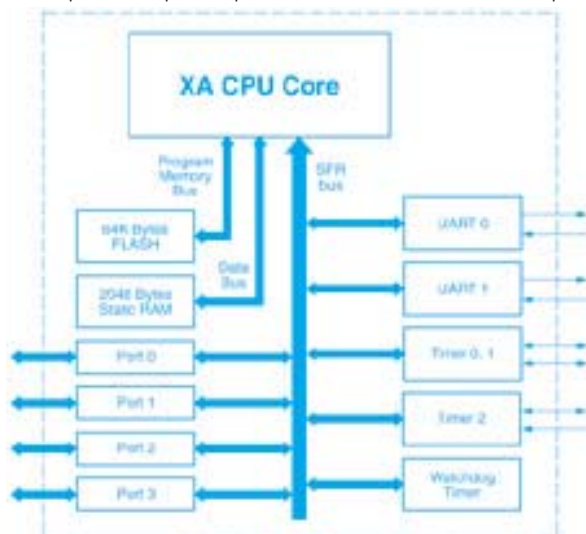


Рис. 2. Архитектура микроконтроллера 51XA-G49

(UART, CAN, I²C) и другие. Микроконтроллеры 51XA могут работать в двух режимах: расширенном, в котором используются все возможности 51XA (новые инструкции, многозадачная обработка и другие); режиме совместимости, в котором обеспечивается максимальная эмуляция работы микроконтроллера 8051.

В последнее время фирма Philips выпустила новые микроконтроллеры (рис. 2) с флэш-памятью объемом 64 кбайта — 51XA-G49 [9]. Основные параметры этого микроконтроллера приведены ниже:

- тактовая частота 30 МГц (5 В)
- 64 кбайта встроенной флэш-памяти программ (три блока по 16 кбайт, два блока по 8 кбайт) с возможностью внутрисхемного программирования
- 2 кбайта RAM-памяти
- адресуемая внешняя память объемом 1 Мбайт
- семь внешних прерываний
- "сторожевой" таймер
- три улучшенных таймера/счетчика (аналогичные используемым в микроконтроллере 51XA-G3)
- четыре 8-разрядных порта
- два последовательных UART-порта с возможностью независимой установки скорости обмена
- два энергосберегающих режима работы (idle и power down)
- напряжение питания от 4.5 до 5.5 В
- диапазон рабочих температур от 0 до 70 °C и от -40 до 85°C
- тип корпуса 44-PLCC или 44-LQFP.

Микроконтроллеры фирмы Texas Instruments. Как и другие ведущие фирмы, Texas Instruments в 2000 г. начала выпуск 16-разрядных микроконтроллеров с флэш-памятью (MSP430F11x). В конце 2000 г. фирма Texas Instruments анонсировала новые перспективные 16-разрядные микроконтроллеры с флэш-памятью MSP430F13x/14x, полномасштабный серийный выпуск которых планируется освоить в течение 2001 г. Все микроконтроллеры семейства MSP430, включая MSP430F, отличаются уникальными характеристиками по энергопотреблению. MSP430F предназначен для таких измерительных систем, как встраиваемые счетчики расхода воды и электроэнергии, имплантируемые медицинские приборы (интеллектуальные стимуляторы и микрокардиографы), встраиваемые термостаты, системы безопасности и многие другие, в которых требуется обеспечить высокую точность и длительный срок службы элементов питания. Напряжение питания MSP430F от 1.8 до 3.6 В. Ток потребления микроконтроллеров MSP430F13x/14x в активном режиме составляет 250 мкА (тактовая частота 1 МГц, напряжение питания 2.2 В) или 7 мкА (32 кГц, 2.2 В), а в "спящем" режиме — 1.3 мкА (время перехода из "спящего" режима в активный составляет 6 мкс). Предусмотрен также режим работы с сохранением данных, записанных в RAM-память, в котором ток потребления составляет всего 0.1 мкА.

В MSP430F13x/14x интегрированы все достоинства выпущенных ранее микроконтроллеров семейства

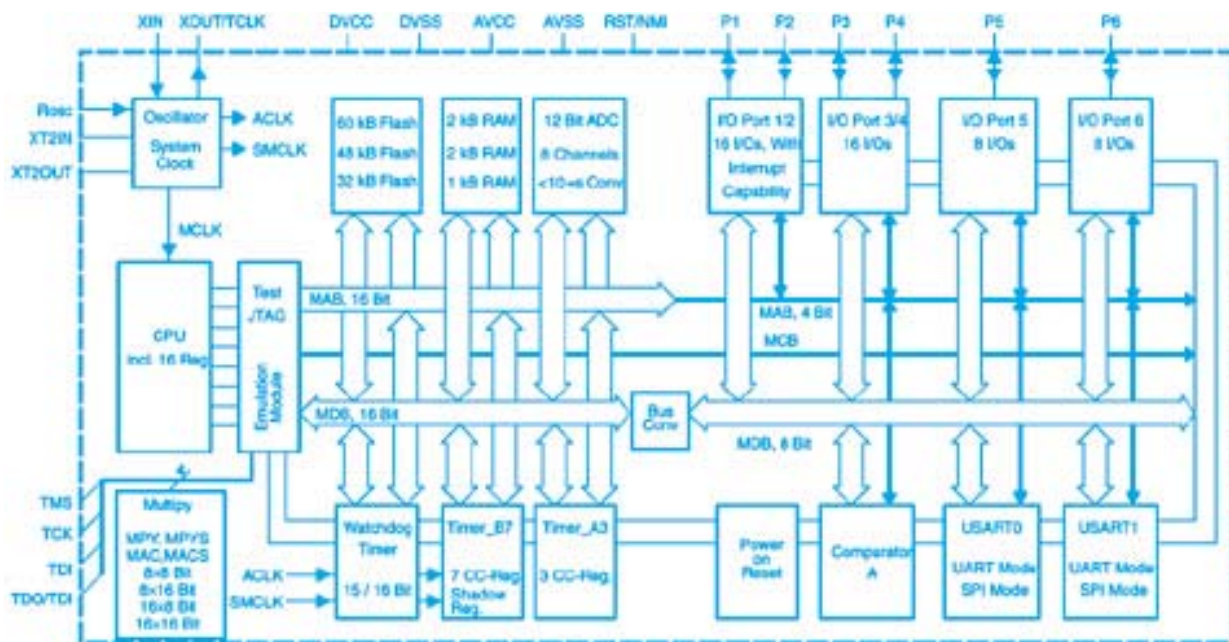


Рис. 3. Архитектура микроконтроллера MSP430F14x

MSP430. RISC-подобное фон-неймановское процессорное ядро содержит шестнадцать 16-разрядных регистров, из которых четыре: программный счетчик, указатель стека, регистр слова состояния и регистр формирования констант. Остальные регистры можно использовать в качестве регистров общего назначения как аккумуляторы, адресные регистры, реализующие косвенную индексную адресацию, регистры для хранения операндов. Процессорное ядро выполняет набор ортогональных (симметричных) инструкций (27 базовых RISC-подобных и 24 дополнительных), совместимых с инструкциями, реализованными в других микроконтроллерах семейства MSP430. Во всех инструкциях могут быть реализованы семь способов адресации. Длина инструкций в зависимости от способа адресации может быть 2, 4 или 6 байт.

Новые микроконтроллеры MSP430F13x/14x (корпус типа 64-QFP) отличаются от микроконтроллеров MSP430F11x расширенным набором периферийных устройств, большим объемом встроенной памяти программ (флэш) и данных (RAM). Архитектура MSP430F14x — самых интегрированных микроконтроллеров семейства MSP430F — приведена на рис. 3 [10, 11]. Модификации MSP430F13x/14x отличаются объемом флэш-памяти (от 8 кбайт в MSP430F133 до 60 кбайт в MSP430F149) и RAM-памяти данных (от 256 байт в MSP430F133 до 2 кбайт в MSP430F149), а также набором периферийных устройств.

Микроконтроллеры MSP430F14x имеют встроенный аппаратный умножитель, выполняющий знаковые и беззнаковые операции умножения (16×16, 16×8, 8×16 или 8×8 разрядов), а также умножения с накоплением.

Суперэкономичная флэш-память этих микроконтроллеров включает основной блок, состоящий из сегментов по 512 байт, и дополнительную (информационную) память, которая состоит из сегментов А и В по 128 байт. Стирание и запись основной памяти может выполняться одновременно или отдельно для каждого сегмента. В MSP430F для выполнения операции стирания/записи предусмотрен встроенный источник напряжением 12 В. Если в процессе стирания/записи флэш-памяти необходимо продолжить выполнение программы, программный код должен быть размещен в памяти типа RAM или Boot-ROM. Если программный счетчик при выполнении программы будет содержать адрес области флэш-памяти, инициируется выполнение холостых циклов до тех пор, пока не завершатся операции стирания/записи флэш-памяти.

Обмен данными с внешними устройствами осуществляется через шесть программируемых 8-разрядных портов ввода/вывода. Входы двух портов (P1, P2) можно использовать для подключения внешних сигналов прерывания.

Прецизионный аналоговый компаратор (Comparator A) можно использовать для контроля заряда элементов питания и контроля внешнего аналогового сигнала. В составе компаратора имеется входной мультиплексор, источник эталонного напряжения и программно настраиваемый RC-фильтр.

В восьмиканальном 12-разрядном АЦП последовательного приближения содержится схема управления, позволяющая производить последовательный опрос входных каналов. При этом данные преобразования автоматически пересылаются в специальную буферную память (16 слов), освобождая, тем самым, процессорное ядро от необходимости опроса каждо-

го канала. Время преобразования АЦП составляет 10 мкс. В АЦП имеются: источник эталонного напряжения 1.5/2.5 В, температурный датчик, предусмотрена возможность программной настройки схемы выборки/хранения.

Для обмена данными с "внешним" миром в последовательном формате в состав MSP430F13x/14x включены один или два универсальных последовательных USART-порта.

Два 16-разрядных универсальных таймера и 6 (MSP430F13x) или 9 (MSP430F14x) регистров захвата/сравнения позволяют формировать ШИМ сигнал с возможностью программирования частоты и длительности импульсов.

Универсальный встроенный тактовый генератор дает возможность использовать кварцевые резонаторы с разными частотами (от 32 кГц).

Все микроконтроллеры семейства MSP430F содержат 16-разрядный "сторожевой" таймер.

При напряжении питания 1.8 В максимальная тактовая частота составляет 4 МГц, при напряжении питания 3.6 В — 8 МГц. Диапазон рабочих температур MSP430F13x/14x от -40 до 85 °С.

Появление суперэкономичных MSP430F13x/14x с уникальными возможностями по производительности и средствам аналогового и цифрового ввода/вывода открывает новые возможности при создании разнообразных портативных измерительных систем с батарейным питанием.

В заключение приведем краткий обзор микроконтроллеров других фирм-производителей 16-разрядных микроконтроллеров.

AMD. На базе архитектуры производимого уже на протяжении многих лет микропроцессора 80186 фирма AMD выпускает 16-разрядные микроконтроллеры семейства Am186. Как и все микропроцессоры 80186, микроконтроллеры семейства Am186 имеют средства для реализации мультипроцессорных структур (сигналы HOLD/HOLDA), а, кроме того, отличительной особенностью некоторых модификаций Am186 является немультимплексируемая внешняя шина и специфический набор периферийных устройств. Am186ED имеет встроенную память данных (RAM) объемом 32 кбайта. В Am186ED реализован контроллер внешней DRAM-памяти. В новом Am186CC интегрированы четыре контроллера HDLC (High-level Data Link Controller), каждый из которых поддерживает скорость передачи данных до 10 Мбит/с, и контроллер USB-шины (скорость передачи 12 Мбит/с).

Hitachi. Фирма Hitachi выпускает самые скоростные (время выполнения инструкций 30 нс) среди 16-разрядных микроконтроллеров — семейство H8/300H, программно совместимое с 8-разрядными H8/300 и H8S/2000, с расширенным набором инструкций и увеличенным втрое по сравнению с H8/300 быстродействием. Микроконтроллеры H8/300H содержат масочную ROM-память (от 16 до 128 кбайт) и RAM-память объемом от 512 байт до 4 кбайт. Объем

памяти программ, интегрированной в H8S/2000, может составлять 256 кбайт (в новых микроконтроллерах планируется разместить флэш-память объемом 512 кбайт), а память данных (RAM) до 8 кбайт. Последние модификации H8S/2000 (H8S/2678) имеют тактовую частоту 33 МГц и выполняют операции умножения 16x16 разрядов в течение 90 нс. Микроконтроллеры H8S/2000 имеют широкий набор периферийных устройств, среди которых контроллеры последовательных интерфейсов, обеспечивающие скорость передачи данных 781 кбит/с (синхронный режим), а также контроллеры CAN, I²C, IrDA интерфейсов. Напряжение питания микроконтроллеров H8S/2000 3 или 5 В (микроконтроллеры с пониженным энергопотреблением имеют напряжение питания 2.2 В).

Mitsubishi. Семейство микроконтроллеров MELPS7700 имеет более 100 модификаций, которые широко применяются в разных отраслях промышленности. Набор инструкций MELPS7700 содержит 103 инструкции, большинство из которых выполняется за время менее 1 мкс. Объем адресуемой памяти составляет 16 Мбайт. Обращение к внешней памяти в стандартном режиме осуществляется по немультимплексируемой шине (6-разрядная шина адреса и 8-разрядная шина данных). Обращение к расширенной памяти (16 Мбайт) выполняется по мультимплексируемой внешней шине. Выпускается несколько модификаций микроконтроллеров MELPS7700: с низким энергопотреблением (напряжение питания 2.7 В), расширенным набором инструкций и повышенным быстродействием (тактовая частота 40 МГц), для управления электродвигателями переменного тока, применения в системах телекоммуникаций, в офисном оборудовании.

NEC. Микроконтроллеры K4 представляют собой развитие 8-разрядных микроконтроллеров семейства K0 и K0S. В настоящее время выпускается более 30 основных модификаций микроконтроллеров семейства K4. Набор инструкций, реализованных в K4, включает 103 основные инструкции, которые позволяют выполнять операции с 8-, 16-, 24-разрядными операндами. При тактовой частоте 16 МГц (машинный такт 62.5 нс) выполнение основных инструкций происходит в течение от 125 до 1000 нс. Микроконтроллеры семейства K4 имеют от 48 до 60 программируемых входов/выходов. В состав периферийных устройств входят: 8-разрядный АЦП (8 каналов) с временем преобразования 10 мкс и 8-разрядный ЦАП; модули таймеров (8- и 16-разрядные таймеры/счетчики с регистрами захвата/сравнения); последовательные порты (UART, I²C, SIO, SBI). В зависимости от модификаций минимальное напряжение питания составляет от 1.8 до 2.7 В. Микро-схемы выпускаются в корпусах типа 80/100-QFP.

OKi. Микроконтроллеры MSM665xx, реализованные на базе гарвардской архитектуры, имеют много общего с микроконтроллерами K4 фирмы NEC. Набор инструкций (более 100 инструкций) подразделяется на базовые и составные. В базовых, которые имеют длину от 1 до 4 байт, используется минимальный на-



бор способов адресации. Составные инструкции имеют длину от 1 до 6 байт, используют расширенный набор способов адресации и выполняются за большее количество машинных тактов, чем основные. Максимальный объем памяти программ и данных составляет 16 Мбайт. Объем встроенной памяти программ (флэш-ПЗУ) составляет от 32 до 128 кбайт, а объем памяти данных (RAM) — от 1 до 4 кбайт. Все микроконтроллеры MSM665xx имеют встроенный 10-разрядный АЦП (от 4 до 16 каналов), в некоторых имеется ЦАП. В состав периферийных устройств включены: "сторожевой" таймер; модули универсальных 8- и 16-разрядных таймеров/счетчиков; 15-разрядный таймер реального времени; в некоторых модификациях реализован специализированный таймер (16 разрядов, 6 каналов) для управления электродвигателями постоянного и переменного тока. Микросхемы микроконтроллеров MSM665xx выпускаются в корпусах типа 64/84/100/128-QFP.

Panasonic. Микроконтроллеры семейства MN10200 (несколько десятков модификаций) имеют встроенную память программ (OTP, ROM или флэш-ПЗУ) объемом от 16 до 256 кбайт и память данных (RAM) от 1 до 10 кбайт. Для обмена с внешней памятью применяется 24-разрядная шина адреса и 8- или 16-разрядная шина данных. Встроенный контроллер DRAM-памяти формирует все необходимые сигналы управления. Основные периферийные устройства: 8-разрядный АЦП (8 каналов) с временем преобразования 4 мкс при тактовой частоте 20 МГц; модули 8-, 16- и 24-разрядных таймеров/счетчиков; последовательные порты (UART, USART, I²C); контроллер прерываний с малым временем реакции на прерывания. Минимальное напряжение питания некоторых модификаций составляет от 2 до 2.7 В. Тип корпуса 84/100/128-QFP или 64-SDIP.

Toshiba. Архитектура микроконтроллеров TLCS-900/L, TLCS-900/L1, TLCS-900H и TLCS-900/H2 основана на базовой 16-разрядной CISC архитектуре микроконтроллера TLCS-900, которая представляет собой дальнейшее развитие архитектуры TLCS-90. Процессорное ядро TLCS-900 выполняет от 300 до 400 основных инструкций, совместимых снизу вверх с набором инструкций 8-разрядного TLCS-90. Микроконтроллеры TLCS-900 работают с тактовой частотой 20 МГц (новые TLCS-900/H с частотой 25 МГц). Экономичные модификации (TLCS-900/L1) имеют диапазон рабочих напряжений от 1.8 до 5 В. Самые экономичные при тактовой частоте 16 МГц потребляют ток 3 мА при напряжении питания 3 В. К периферийным устройствам микроконтроллеров TLCS-900 относятся: многоканальный 10-разрядный АЦП; модули 8- и 16-разрядных таймеров с расширенными функциональными возможностями; "сторожевой" таймер; UART-порт. Дополнительные периферийные устройства для специализированных применений — контроллеры I²C или CAN-интерфейсов, контроллеры управления шаговыми двигателями, светодиодными и жидкокристалличес-

кими индикаторами. Обмен данными с внешними устройствами осуществляется через программируемые параллельные порты ввода/вывода (от 37 до 94 входов/выходов). Микросхемы TLCS-900 выпускаются в корпусах типа QFP (от 64 до 160 выводов).

Zilog. 16-разрядные микроконтроллеры фирмы Zilog представлены тремя совместимыми снизу вверх семействами — Z80, Z80180, Z80380. В микроконтроллере Z80 реализованы 150 инструкций, в большинстве из которых используются разные способы адресации. В Z80, Z80180, Z80380 реализована раздельная адресация к памяти и портам ввода/вывода. Z80 может адресоваться к 64 кбайтам внешней памяти и 256 портам ввода/вывода. Z80/180 содержит встроенный блок управления памятью (MMU), который позволяет расширить объем адресуемой памяти до 1 Мбайта. Объем адресуемой памяти Z80380 определяется 32-разрядной шиной адреса. К периферийным устройствам самого мощного Z80382 относятся: четыре порта ввода/вывода общего назначения, два последовательных порта (UART), два таймера, три скоростных канала для обмена данными, контроллеры PCMCIA и ISA-интерфейсов.

Более подробную информацию о 16-разрядных микроконтроллерах перечисленных фирм можно найти в CHIP NEWS [12, 13].

ЛИТЕРАТУРА:

1. EDN. The Design Magazine of the Electronics Industry. September 14, 2000. (<http://www.ednmag.com>).
2. <http://www.ednmag/ednmag/reg/2000/09142000/19cs.htm>
3. C166 Family. — Infineon, 2001 (<http://www.infineon.com>).
4. C165-L. Processor Oriented Microcontroller with up to 25 MHz CPU Clock. — Infineon, 2000 (<http://www.infineon.com>).
5. Microcontroller Selector Guide. — Digital DNA, Quarter 1, 2001 (<http://www.mcu.motsps.com>).
6. 68HC912B32: Microcontroller. CD ROM. 16&32-bit Microcontrollers. — Digital DNA, 2000.
7. 68HC16 CPU and Peripherals Overview. CD-ROM. 16&32-bit Microcontrollers. — Digital DNA, 2000.
8. Philips Extends 8051 Architecture to 16 Bits//Microprocessor report, Vol. 8, No 13. October 3, 1994.
9. XA-G49; XA 16-bit microprocessor family. — Philips, 2001 (<http://www.philips.com>).
10. MSP430x13x, MSP430x14x MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER. — Texas Instruments, 2000 (<http://www.ti.com>).
11. MSP430 Microcontrollers — The Solution Battery — Powered Measurement. — Texas Instruments, 2000 (<http://www.ti.com>).
12. 16-разрядные микроконтроллеры HITACHI, MITSUBISHI, MOTOROLA, NEC, TOSHIBA//CHIP NEWS, № 5, 2000.
13. 16-разрядные микроконтроллеры PHILIPS, INFINEON, PANASONIC, OKI, TI//CHIP NEWS, № 7, 2000.

СИГНАЛЬНЫЕ ЛАМПЫ ДЛЯ СВЕТОФОРОВ

Описываются сигнальные лампы для дорожных светофоров, выпускаемые всемирно известными фирмами *Dialight Corporation* и *LumiLeds Lighting*.

В. Голуб

На страницах ЭКиС регулярно публикуется информация о светодиодах и оптоэлектронных устройствах, в которых они используются (ЭКиС №№ 5/98, 3/99, 9/99, 9/00 и 12/00). В настоящей статье рассматриваются оптоэлектронные источники на светодиодах — сигнальные лампы фирм *Dialight* и *LumiLeds* [1-4] для светофоров, предназначенных для регулирования дорожного движения (дорожных светофоров, подразделяемых на транспортные и пешеходные). Кроме того, приводятся данные о специальных лампах, выпускаемых фирмой *Dialight* для использования в качестве огней ограждения [5].

Сигнальные лампы для светофоров. На рис. 1 показаны две основные конструкции сигнальных ламп, предназначенных для транспортных светофоров [1]. В лампе, показанной на рис. 1, а, используются пяти-миллиметровые светодиоды, располагаемые на обычной печатной плате, а на рис. 1, б — более мощные светодиоды типа *High-Flux*, смонтированные на теплоотводящей плате. В первой из ламп светодиоды располагаются в непосредственной близости от защитного стекла, заполняя все поле свечения лампы. Используемые во второй лампе светодиоды типа *High-Flux* имеют широкую диаграмму направленности $2\theta_{1/2} = 120^\circ$, занимают меньшую площадь и располагаются в глубине корпуса. Между светодиодами и защитным стеклом располагается линза Френеля, обеспечивающая равномерное свечение сигнальной лампы. Обе сигнальные лампы снабжены драйверами (вторичными источниками) для питания светодиодов. Лампы имеют два вывода с наконечниками для подключения к внешнему источнику питания. В зависимости от используемого

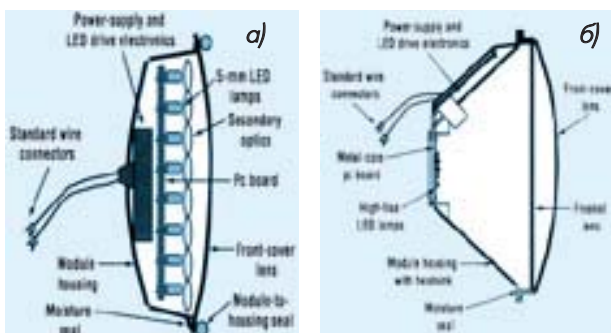


Рис. 1. Конструкция сигнальных ламп с пяти-миллиметровыми светодиодами (а) и типа *High-Flux* (б)

драйвера питание может быть от источников постоянного (например, 12 В) или переменного (например, 120 В) тока. Управление лампой осуществляется включением/выключением внешнего питания.

На рис. 2 показаны печатная плата с расположенными на ней 18 светодиодами типа *High-Flux* (а) и в разобранном виде сигнальная лампа (б) [2]. На рис. 3 показан внешний вид светодиодов типа *High-Flux* [1]. В отличие от светодиодов "автомобильных" серий типа *Super Flux* и *SnapLED* [6], светодиоды типа *High-Flux* снабжены, подобно мощным транзисторам, медным теплоотводом, а пластиковая линза имеет максимальный диаметр, определяющий внешние размеры корпуса светодиода. Чип светодиода располо-

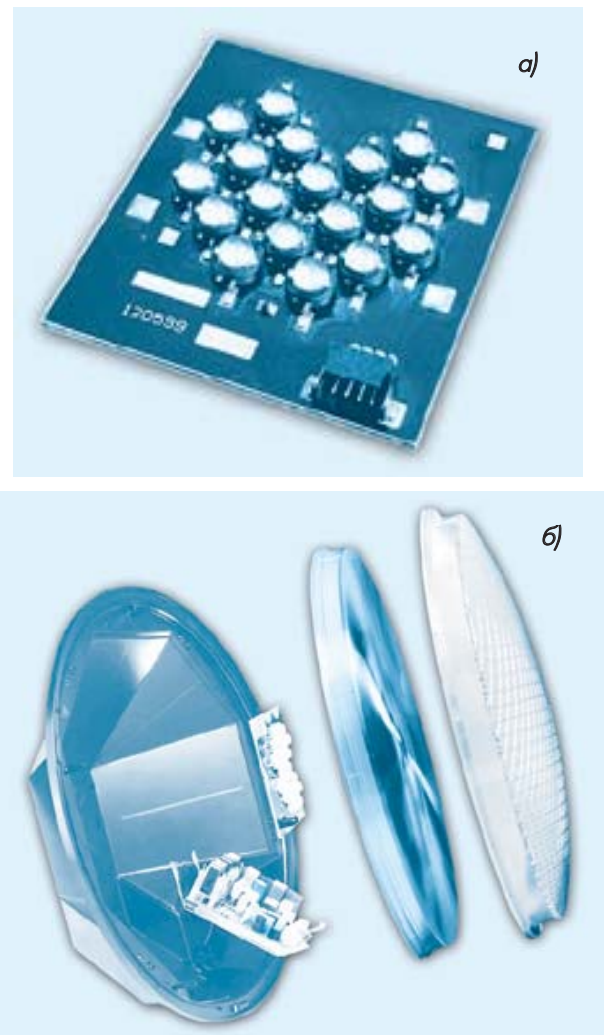


Рис. 2. Печатная плата со светодиодами типа *High-Flux* (а) и сигнальная лампа (б)

жен на теплоотводе, а его внешние выводы, не являющиеся теплоотводящими, предназначены, в отличие от Super Flux и SnapLED, для пайки на поверхность печатной платы. Светодиоды типа High-Flux, смонтированные на печатной плате, имеют тепловой контакт с общим теплоотводом.

Отметим следующую особенность применения светодиодов в светофорах. В новых светофорах (в отличие от светофоров с лампами накаливания) цвет свечения определяется, в основном, светодиодами, а используемые цветные линзы являются только цветокорректирующими (применяются также и бесцветные линзы). Функции цветокорректирующей (подцветивающей) линзы выполняет защитное стекло. Светодиоды по сравнению с лампами накаливания имеют более низкое потребление, отличаются значительно большей надежностью и длительным сроком службы.

И еще одна особенность. В отличие от светофоров прежней конструкции, которые содержат "россыпь" лампы накаливания, патроны к ним, рефлекторы и светофильтры, рассматриваемые сигнальные лампы являются законченными конструктивно-функциональными устройствами, входящими в состав светофора или его секции.

Фирма Dialight Corporation. Фирма Dialight является ведущей в области производства сигнальных ламп для светофоров дорожного движения. Она имеет шестидесятилетний опыт производства излучающих приборов, в том числе с использованием светодиодов — в течение последних 25 лет. В составе фирмы имеются:

- подразделение Status Communication Group, производящее различные индикаторы и другие устройства с использованием не только светодиодов, но и ламп накаливания и неоновых источников
- подразделение Transportation Products Group, производящее различные оптоэлектронные источники для знаков дорожного движения, оснащения грузовых автомашин и автобусов
- подразделение Aviation Lighting, производящее, в частности, лампы, предназначенные для использования в качестве огней ограждения.



Рис. 3. Внешний вид светодиодов типа High-Flux

Особенностью продукции фирмы является то, что она представляет собой не дискретные компоненты, а сборочные единицы (например, сигнальные лампы и пр.), предназначенные для непосредственного монтажа в различных несущих конструкциях.

На рис. 4, а показаны сигнальные лампы, выпускаемые фирмой Dialight [3]. Цвета свечения красный, желтый и зеленый. Диаметр 8 и 12 дюймов (около 200 и 300 мм). Напряжение источников питания 12 В (от 9 до 15 В) постоянного тока или 120 В (от 80 до 135 В) переменного тока. Диапазон рабочих температур от -40 до 74 °С. Срок службы 5 лет (в 10 раз больше, чем для источников с лампами накаливания). Перечень выпускаемых сигнальных ламп и их основ-



Рис. 4. Сигнальные лампы (а) и лампы-стрелки (б) диаметром 300 и 200 мм фирмы Dialight

В Украине в соответствии с Указателем межгосударственных стандартов [8] действуют ГОСТ 25695-91 и ГОСТ 23457-86 (раздел 4) [9, 10] на дорожные светофоры (транспортные и пешеходные) и их применение. Диаметр цветных сигналов транспортных светофоров — 200, 300 мм (соответствует размерам рассмотренных сигнальных ламп), цвет — красный, желтый и зеленый (для трамваев — 100 мм, лунно-белый). Наряду с сигналами, имеющими одноцветное равномерное свечение, стандартом предусмотрены также сигналы-стрелки, определяющие направление движения транспортных средств. Среди различных сигналов-стрелок отметим сигналы, имеющие светящиеся стрелки красного, желтого и зеленого цвета на темном фоне. При выборе сигнальных ламп следует руководствоваться требованиями стандартов и техническими данными фирм-изготовителей.

В настоящее время на дорожные светофоры разрабатывается стандарт Украины.

ные параметры приведены в табл. 1. На рис. 4, б показаны сигнальные лампы-стрелки [3], отличающиеся тем, что на них изображена стрелка, обозначающая направление движения. Цвета свечения — красный, желтый и зеленый (цветные стрелки на темном фоне). Напряжение источника питания, диапазон температур и срок службы — те же. Перечень выпускаемых ламп-стрелок и их параметры также приведены в табл. 1.

Помимо рассмотренных сигнальных ламп круглой формы выпускаются несколько вариантов сигнальных ламп прямоугольной формы для пешеходных светофоров, а также носимые виды светофоров (например, для дорожных рабочих) с изображением предупредительных знаков оранжевого и белого цвета.

Сигнальные лампы и светофоры являются продукцией Transportation Products Group. На рис. 5 показан источник света другого типа — лампа для огней ограждения, производимая Aviation Lighting [5]. В указанной лампе используются светодиоды типа High-Flux. Лампы выпускаются в нескольких вариантах, в том числе в виде двух расположенных рядом ламп.

Питание лампы — от источников переменного (120 или 240 В) или постоянного (от 12 до 24 В) тока. Конструкция лампы запатентована фирмой.

Продукция фирмы Dialight соответствует международным стандартам, а лампы для огней ограждения, кроме того, еще и военному стандарту MIL-C-7989.

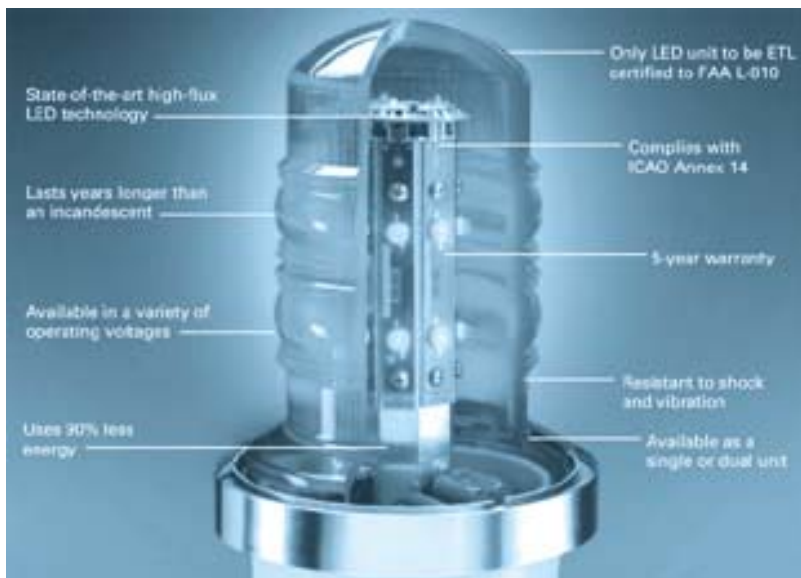


Рис. 5. Лампа фирмы Dialight для огней ограждения

Таблица 1. Сигнальные лампы для светофоров фирмы Dialight

Обозначение лампы	Диаметр, мм	Цвет свечения	Длина волны, нм	Сила света, кд	Цвет линзы	Напряжение питания, В	Потребляемая мощность, Вт	
Сигнальные лампы								
433-1110-003	200	красный	622	133	красный	120 (перем.)	7.0	
433-3130-001		желтый	590	266	желтый		15.0	
432-2170-001		зеленый	505	267	прозр.		6.0	
430-2170-001				314		7.5		
431-1110-005		12 (пост.)	красный	622	127	красный	9.1	
431-3130-005			желтый	590	251	желтый	13.2	
431-2171-005			зеленый	505	267	прозр.	4.0	
433-1210-003		300	красный	622	339	красный	120 (перем.)	10.5
433-3230-001			желтый	590	510	желтый		15.0
432-2270-001	зеленый		505	678	прозр.	11.8		
430-2270-001				798		14.9		
431-1210-005	12 (пост.)		красный	622	319	красный	18.0	
431-3230-005			желтый	590	639	желтый	25.4	
431-2271-005			зеленый	505	678	прозр.	10.3	
Сигнальные лампы-стрелки								
432-1314-001	300		красный	622	-	красный	120 (перем.)	9.3
430-1314-001		желтый				9		
430-3334-001		зеленый	590	желтый		9		
430-2374-001				прозр.		8.5		

Таблица 2. Сигнальные лампы для светофоров фирмы Lumileds

Обозначение лампы	Диаметр, мм	Цвет свечения	Длина волны, нм	Сила света, кд	Напряжение питания, В	Потребление, мА/Вт
Модули сигнальных ламп						
76-0090	200	красный	615-631.5	250/800	11.7-17.9	750/-
76-0050		желтый	585-597	250/800	11.6-17.8	
76-0060		зеленый	498.5-508	286/800	16.5-22.5	700/-
76-0000	300	красный	615-631.5	250/800	11.7-17.9	750/-
76-0070		желтый	585-597	250/800	11.6-17.8	
76-0080		зеленый	498.5-508	286/800	16.5-22.5	700/-
Сигнальные лампы						
75-0240	200	красный	620	133	120 (перем.)	-/7.0
75-0210	300			339		-/10.5

Фирма Lumileds Lighting. Фирма Lumileds является совместным предприятием двух фирм — Philips Lighting и Agilent Technologies [2]. Philips Lighting является "законодателем" в области новых технических решений, а Agilent Technologies — преемница фирмы Hewlett-Packard.

Фирма выпускает модули сигнальных ламп трех цветов — красного, желтого и зеленого, соответствующие стандарту EN 12368, класс F2/1, тип W [4]. Модули не содержат вторичного источника питания и характеризуются напряжением, необходимым для непосредственного питания устройства, содержащего светодиоды. Устройства с красным и желтым свечением содержат 18 светодиодов типа High-Flux, а также термокомпенсирующий резистор, как показано на рис. 6 [6]. Устройство с зеленым свечением содержит 12 светодиодов.

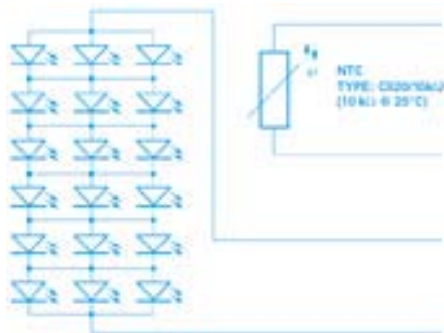


Рис. 6. Схема включения светодиодов типа High-Flux в сигнальной лампе

Фирма выпускает также сигнальные лампы двух типоразмеров (200 и 300 мм) красного цвета свечения. Лампы, в отличие от модулей, содержат вторичный источник питания (драйвер) и питаются от источника переменного тока 120 В (от 80 до 135 В). Рассматриваемые лампы аналогичны лампам HPWL-SDA1 и HPWL-SDB1 фирмы Hewlett-Packard. Сигнальные лампы по своим параметрам и условиям применения соответ-

вуют международным стандартам, в том числе и военному стандарту MIL-STD-883.

Перечень выпускаемых модулей и сигнальных ламп и их основные параметры приведены в табл. 2. Отметим, что лампы 75-0240 и 75-0210 (табл. 2) имеют параметры, аналогичные параметрам ламп 433-1110-003 и 433-1210-003 фирмы Dialight (табл. 1).

Фирма Lumileds выпускает также светодиоды типа Super Flux, SnapLED 70 и SnapLED 150 [7], аналогичные одноименным светодиодам фирмы Hewlett-Packard, рассмотренным в ЭКиС № 9/2000 (фактически это те же светодиоды).

Более подробную информацию о продукции фирм можно получить в сети Интернет: фирмы Dialight Corp. — по адресу www.dialight.com; фирмы Lumileds Lighting — www.lumileds.com

ЛИТЕРАТУРА:

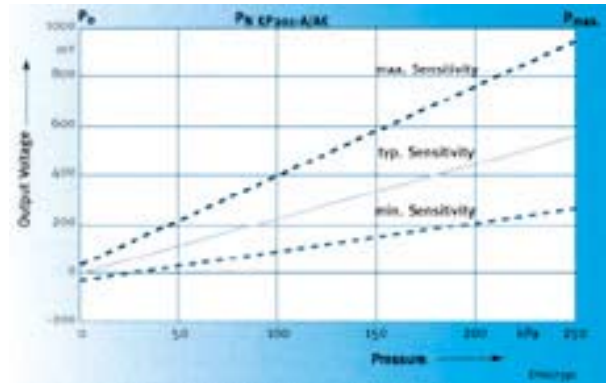
- Morrison D., Brighter. LEDs Signal Longer Life And Lower Power For Lighting Applications//Electronic Design, December 18, 2000.
- Building on Strength and Innovation (www.lumileds.com).
- Dialight Data Sheets: LED Traffic Signals; LED Arrows.
- LumiLeds' Technical Data: Low Voltage DC Traffic Signal Module; 110 Volt LED Traffic Signal.
- Dialight Data Sheet: 860 Series LED Obstruction Light.
- Hewlett-Packard's Technical Data: HPWL-Bxxx High-Flux LED; HPWL-Mxxx LED Light Source.
- LumiLeds' Technical Data: HPWA/HPWT-xxxx Super Flux LEDs; HPWT-xxxx SnapLED 70 LEDs; HPWS-xxxx SnapLED 150 LEDs.
- Міждержавні стандарти. Нумераційний покажчик. — Київ, 2001.
- ГОСТ 25695-91. Светофоры дорожные. Типы. Основные параметры.
- ГОСТ 23457-86. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. Раздел 4.

Надежные и недорогие датчики давления *

Фирма Infineon Technologies освоила в производстве семейство миниатюрных датчиков давления KP20x. Датчики обладают надежностью полупроводникового кристалла и отличаются невысокой стоимостью. Они предназначены для измерения как абсолютного, так и дифференциального давления. Датчики семейства KP20x выполнены в некомпенсированном варианте, однако при необходимости они могут быть дополнены внешней цепью компенсации. Размеры корпуса, предназначенного для монтажа на поверхность, составляют 7x7 мм. Датчики обладают высокой линейностью и чувствительностью и могут быть использованы в бытовых и медицинских приборах, автомобилях и промышленных установках.

Подробную информацию об этих датчиках можно получить в сети Интернет по адресу: www.infineon.com

* Design Link. — Infineon Technologies. October, 2000.



Зависимость выходного напряжения датчика от величины измеряемого давления

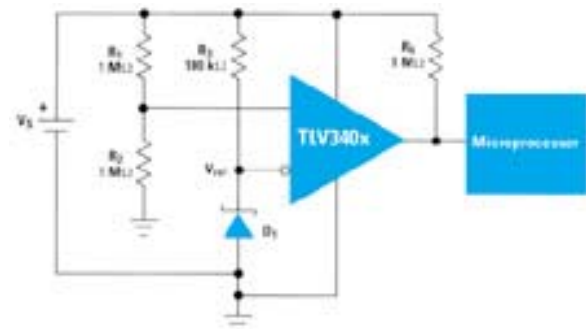
Параметры датчиков давления

Тип	Диапазон, кПа	Напряжение питания, В	Погрешность линейности, %	Температурный диапазон, °С
KP201R	0-10	12	± 0.3	-40 ... 125
KP202A/R	0-60	12	± 0.3	-40 ... 125
KP203A/R	0-160	12	± 0.3	-40 ... 125

Микромощные компараторы позволяют увеличить ресурс батарейного питания *

Микромощные компараторы фирмы Texas Instruments TLV340x и TLV370x предназначены для использования в портативных устройствах с батарейным питанием. Низкий ток потребления (560 нА на компаратор) позволяет применять данные компараторы в схемах мониторов напряжения (см. рисунок), при этом компараторы могут все время находиться в активном режиме, практически не снижая ресурс батарейного питания портативного прибора. Компараторы обеспечивают защиту прибора от превышения напряжения питания, а также предохраняют батарею от разряда обратным током.

Одинарные (TLV3401/3701), двойные (TLV3402/3702) и четверные (TLV3404/3704) компараторы являются rail-to-rail по входу. В компараторах семейства TLV370x использован двухтактный выход, а в компараторах семейства TLV340x — схема с открытым коллектором. Типы корпусов: 5-SOT23 для одинарных, 8-MSOP для двойных и 14-TSSOP для четверных компараторов. Кроме того, эти компараторы могут быть вы-



Монитор батарейного питания на основе компаратора TLV340x

полнены в корпусах типа PDIP или SOIC. Основные параметры компараторов приведены в таблице.

Параметры компараторов

Тип семейства	Напряжение питания, В	Ток потребления на компаратор, нА	Напряжение смещения нуля, мкВ	Входной ток, пА	Время нарастания вых. напряжения, мкс
TLV340x	2.5...16	560	250	80	55/30
TLV370x	2.5...16	560	250	80	55/30

* Nanopower comparators increase battery life with low supply current consumption. — Technology Innovations, February, 2001, volume 7.

Совмещенный дисковод

Продолжая публикации о продукции фирмы Portwell, (ЭКиС №№ 1, 4 /2001) помещаем информацию об интеллектуальном комплекте совмещенного дисковода EZDRV-300/200N, содержащего в стандартном 5.25" конструктиве дисководы CD-ROM, FDD и HDD для компьютеров типа «ноутбук».

EZDRV-300/200N представляет собой рассчитанное на жесткие условия эксплуатации автономное устройство, отличающееся компактностью и продуманностью дизайна. Его можно гибко встраивать в системные блоки современных компьютеров при необходимости расширения дискового пространства.

Основные эксплуатационные характеристики EZDRV-300/200N:

- на лицевой панели установлены:
 - светодиодные индикаторы включения питания и индикации работы HDD
 - выключатель питания и кнопка повторного запуска (только для EZDRV-300)
- габариты: 149(Ш)×185(Г)×43(В) мм
- масса 1.5 кг
- диапазон температур:
 - рабочих от 0 до 55 °С
 - хранения от 0 до 70 °С.

Модификации дисковода приведены на рисунках.



EZDRV-300CF
(CD-ROM, FDD и 3.5" HDD) **EZDRV-300NCF**
(CD-ROM, FDD и 2.5" HDD)



EZDRV-200NC
(CD-ROM и 3.5" HDD) **EZDRV-200NF**
(FDD и 3.5" HDD)

Дополнительную информацию о продукции фирмы Portwell можно найти в сети Интернет по адресу: <http://www.portwell.com>

e|com
Ukraine 2001

Выставка лидеров промышленных технологий

17-20 апреля 2001 г. в НВЦ "Экспоцентр Украины" прошла пятая международная выставка "Элком Украина — Энергетика, Электротехника, Электроника" — наибольшая в Украине выставка промышленных технологий. Выставка продемонстрировала достижения индустрии к началу XXI столетия в сфере производства, передачи и распределения электроэнергии; энергосбережения; радиоэлектронной и электротехнической промышленности; приборостроения; промышленных систем автоматизированного управления и осветительной аппаратуры. Всего в выставке приняли участие 130 компаний из 11 стран мира, из которых 102 участника представляли украинские предприятия (среди них более сорока — производители). Цель выставки — обеспечение деловых контактов руководителей предприятий, получение достоверной информации для принятия взвешенных решений по техническому переоснащению предприятий, созданию современной электротехнической и электронной аппаратуры — достигнута. Это подтверждается интересом, проявленным к выставке ее посетителями, число которых превысило 13 000, из них специалисты в области энергетики и электротехнической промышленности составили почти 50%. Вполне оправданным оказалось выделение в специальном павильоне сорока трех участников, представлявших поставщиков электронных компонентов. Сомнения в целесообразности такого разделения участников оказались необоснованными, т. к. поток посетителей этого павильона был не меньшим, чем в других. Повышенное внимание к разделу компонентов подтверждается и результатами анкетирования, проведенного среди 265 посетителей стенда фирмы VD MAIS, на котором были представлены электронные компоненты более 20 всемирно известных фирм. Участниками анкетирования оказались специалисты из 44 городов Украины, причем киевлян среди них было около 50%. Побывали на стенде VD MAIS и представители России, Латвии и Молдовы. Эти результаты подтверждают, что роль выставок в ознакомлении специалистов с новейшими достижениями далеко не исчерпана и особенно это справедливо для регионов, поток информации в которые пока не столь велик, а доступ в Интернет не всегда возможен. Остается надеяться, что выставка стала мощным импульсом развития украинских предприятий и создания ими конкурентоспособной продукции.



ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ДРАЙВЕР С МИНИМАЛЬНЫМ УРОВНЕМ ИСКАЖЕНИЙ

Микросхема AD8138 представляет собой дифференциальный усилитель, отличающийся высокими динамическими характеристиками и минимальным уровнем искажений. Ниже рассмотрены особенности ИМС AD8138 и представлены основные параметры усилителя.

Новый дифференциальный усилитель AD8138 фирмы Analog Devices предназначен для использования в качестве драйвера АЦП, выходного усилителя ЦАП, драйвера линии связи, преобразователя линейного сигнала в дифференциальный.

Основные параметры AD8138:

- диапазон входных напряжений ± 3.8 В
- диапазон выходных напряжений 7.5 В от пика к пику
- напряжение смещения нуля ± 1 мВ
- температурный дрейф напряжения смещения нуля ± 1 мкВ/°С
- входной ток смещения 3.5 мкА
- ширина полосы пропускания малого сигнала 320 МГц
- скорость нарастания выходного сигнала 1150 В/мкс
- время установления выходного сигнала с точностью 0.01 % составляет 16 нс
- нелинейные искажения по второй гармонике -94 дБн, по третьей гармонике -87 дБн
- спектральная плотность шума 5 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$
- напряжение питания от однополярного источника 3 В или двухполярного ± 5 В
- ток потребления 20 мА
- диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С
- тип корпуса 8-SOIC или 8- μSOIC .

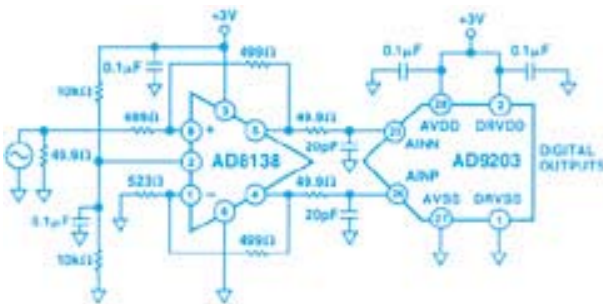


Рис. 1.

Схема включения усилителя AD8138 и АЦП AD9203

Работа дифференциального усилителя AD8138 мало чем отличается от работы стандартного voltage feedback ОУ. AD8138 выполняет преобразование линейного входного сигнала в дифференциальный, усиливает и, если необходимо, осуществляет синфазный сдвиг входного сигнала. Подобно обычному ОУ AD8138 обладает высоким входным и низким выход-

ным импедансом. В AD8138 имеются две цепи обратной связи (ОС) — внешняя и внутренняя. Внешняя ОС, образованная с помощью внешних резисторов, отвечает за величину выходного дифференциального сигнала, внутренняя ОС — за величину синфазной составляющей. Такая структура позволяет достаточно просто устанавливать необходимый уровень синфазной составляющей выходного сигнала. Уровень синфазной составляющей эквивалентен напряжению, подаваемому на

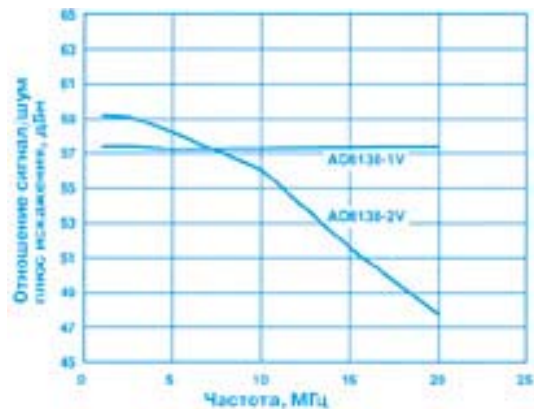


Рис. 2. Зависимость отношения сигнал/шум плюс искажения усилителя AD8138 и АЦП AD9203 от частоты входного сигнала

специальный $V_{\text{ОСМ}}$ вход AD8138. Типовая схема включения AD8138 приведена на рис. 1. AD8138 используется в качестве драйвера 10-разрядного АЦП AD9203, частота преобразования которого составляет 40 МГц, а напряжение питания 3 В. Выходы усилителя соединены с соответствующими входами АЦП через НЧ фильтры. Эти фильтры позволяют улучшить отношение сигнал/шум. На рис. 2 приведены характеристики отношения сигнал/шум плюс искажения в зависимости от частоты входного сигнала. Драйвер на основе AD8138 имеет коэффициент усиления, равный единице, и осуществляет преобразование линейного входного в дифференциальный выходной сигнал. Несмотря на то, что в усилителе и АЦП используется однополярное положительное напряжение питания, на его выходе формируется дифференциальный сигнал со сдвигом за счет подачи положительного смещения на вход $V_{\text{ОСМ}}$ (вывод 2 ИМС AD8138).

Таким образом, АЦП может работать с дифференциальным сигналом, что способствует повышению точности преобразования, при этом используется только один источник питания.