

# Новые микроконтроллеры серии 8051

## с интегрированными АЦП и ЦАП высокого разрешения

### для высокоскоростных приложений

**Огромное множество сложных систем контроля нуждается в высокоскоростной прецизионной цифровой и аналоговой периферии. Для этих задач компания Signal Integrated Products создала две новые линейки микроконтроллеров серии 8051.**

**Алексей Бизюков**

leon@atos.ru

#### **I. Микроконтроллеры C8051F120/121/122/123**

Эти устройства обладают уникальной для контроллеров серии 8051 производительностью 100 MIPS и содержат 8- и 12-битные АЦП и два 12-битных ЦАП с улучшенными шумовыми характеристиками и малыми искажениями. Кроме того, микроконтроллер C8051F120 CMOS обладает и другими высококачественными аналоговыми функциями. Например, на данный момент доступны версии, содержащие аналоговый мультиплексор, усилитель с программируемым коэффициентом усиления, два компаратора, прецизионный источник опорного напряжения, датчик температуры, программируемый осциллятор и прецизионный VDD монитор — детектор кратковременного провала напряжения (рис. 1). Развитие продукции Signal происходит по принципу размещения на одном кристалле качественной аналоговой периферии, устройств смешанного сигнала, 8- и 16-битных микропроцессорных ядер и памяти. Это позволяет уменьшить размер, стоимость и потребляемую энергию систем контроля. Устройства также содержат флэш-память для достижения максимальной гибкости и программируемости «в системе». Предыдущие поколения 8051 микроконтроллеров других производителей также имели встроенные аналоговые функции с высокими характеристиками, но эти характеристики достигались за счет ухудшения свойств цифровой периферии. Используя последнее поколение микроконтроллеров компании Signal, разработчики могут размещать высокоуровневую прецизионную аналоговую периферию в 100-мегагерцовые цифровые приложения. Компания тщательно подбирает значения частот для аналоговой и цифровой периферии с целью минимизации воздействия на аналоговую часть помех, возникающих при работе цифровой части. Это позволяет изолировать аналоговую периферию от наиболее шумящих компонент цифровой периферии (таких как флэш-память и статическая память), насколько это возможно. Кроме того, проводники аналогового сигнала полностью изолированы от помех со стороны источников питания.

**Принцип «умного» дизайна.** Микроконтроллер C8051F120 содержит 12-битный АЦП с регистром по-

следовательной аппроксимации (SAR) с гарантированной 12-битной точностью при скорости вычисления 100 ksps (килосимволов в секунду) и обладает интегральной (INL) и дифференциальной (DNL) нелинейностями в пределах  $\pm 1$  LSB (младший значащий бит). Эти характеристики получены благодаря использованию рассчитанной цепочки резисторов и перераспределению заряда. К примеру, отношение сигнал/шум для АЦП равняется 66 дБ. Два встроенных в чип 12-битных ЦАП имеют время отклика (по полной шкале) порядка 10 мкс. ЦАП согласованы по скорости с АЦП с DNL =  $\pm 1$  LSB и имеют диапазон выходного напряжения от 0 до VREF-1 LSB. Раздельные источники опорного напряжения для ЦАП и 12-битного АЦП позволяют пользователям C8051F120 использовать ЦАП как устройство корректировки усиления для 12-битного АЦП. В чип интегрированы: дополнительный АЦП (реально — 8-битный) со скоростью вычисления 500 ksps, 8-канальный мультиплексор, усилитель с программируемыми коэффициентами усиления и компараторы. Используя дополнительный АЦП для выполнения рутинных служебных операций, разработчик освобождает таким образом АЦП с высоким разрешением для решения более важных задач. Все расположенные на кристалле конвертеры данных конфигурируются программно через специальные регистры функций. Низковольтные компараторы обеспечивают время отклика 4 мкс с перегрузкой 100 мВ.

**Конвейер инструкций.** Новые микроконтроллеры с расширенной структурой ядра практически в четыре раза увеличили свои вычислительные способности, но в то же время сохранили совместимость по кодам с 8051 набором инструкций. На данный момент достигнута скорость 100 MIPS при тактовой частоте 100 МГц. Однако, если ядро микроконтроллера C8051F120 MCU работает на частоте 100 МГц, то максимальная скорость встроенной флэш-памяти ограничена 25 МГц. Но это не повод для огорчения, так как в микроконтроллерах Signal встроена кэш-память и система очередности выполнения команд. Необходимо заметить, что считывание флэш-памятью 32-битного слова (4 байта инструкций) на скорости 25 МГц соответствует считыванию 8-битного слова на скорости 100 МГц. Большинство 1- или 2-байтовых



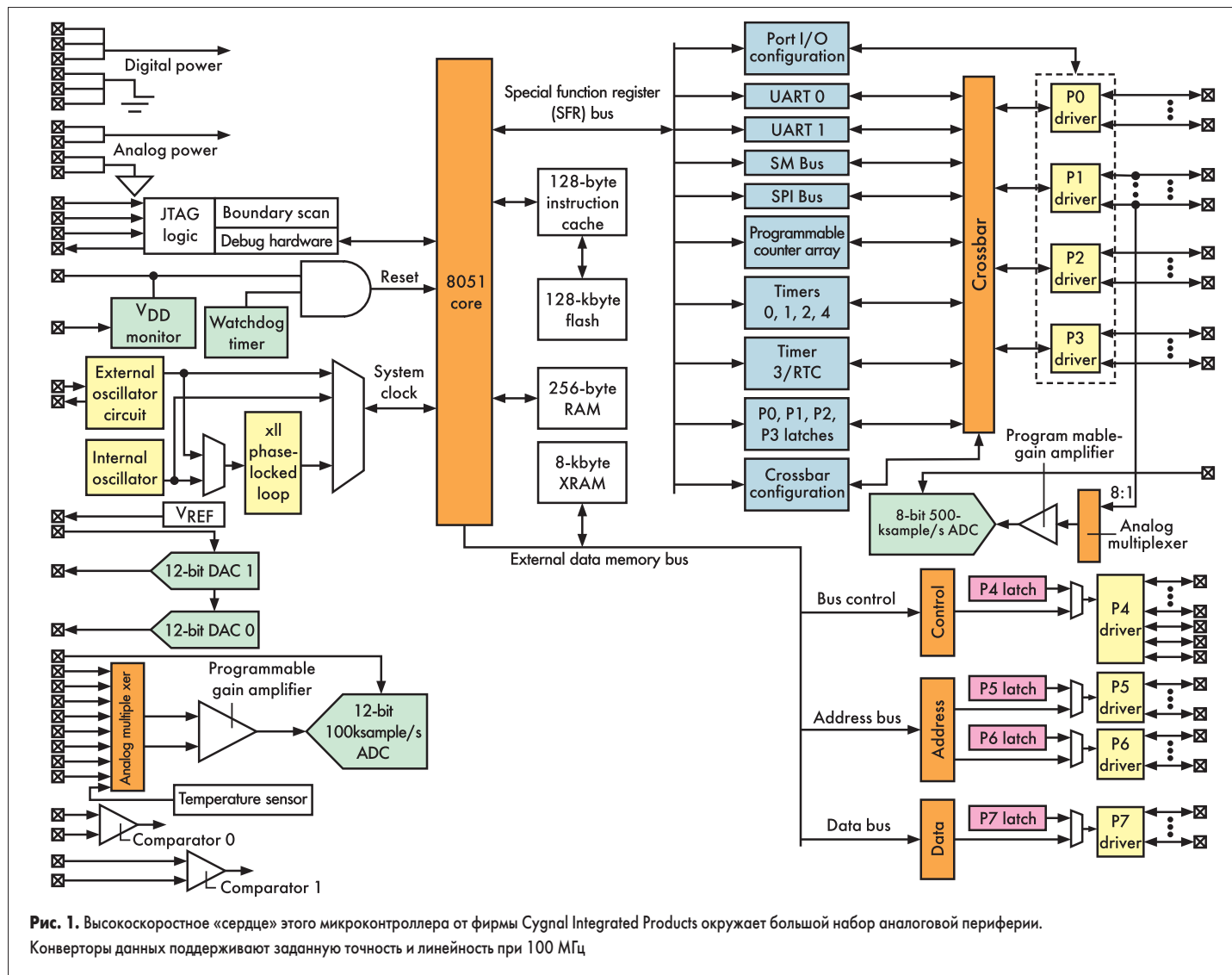


Рис. 1. Высокоскоростное «сердце» этого микроконтроллера от фирмы Cygnal Integrated Products окружает большой набор аналоговой периферии. Конвертеры данных поддерживают заданную точность и линейность при 100 МГц

инструкций выполняется на скорости 100 MIPS (рис. 2). Для последовательного выполнения программ реализован буфер выборки с упреждением. Если следующая инструкция не находилась в очереди, а была вызвана по прерыванию, то проверяется кэш-память. При наличии в кэше данных, содержащих инструкцию, выполнение этой инструкции идет в обход общей очереди. Это означает, что кэш нужен только для хранения одного слова команды в отличие от типичных кэшей, содержащих полную последовательность инструкций. Очень короткие команды могут содержаться в кэше целиком. Однако необходимы только несколько первых инструкций. Тем не менее, если следующая инструкция не находится в кэш-памяти, то происходит задержка, необходимая для чтения инструкции из флэш-памяти. Типичный коэффициент попадания для кэш составляет 90%. Операции с кэшем и аппаратная поддержка отладчика настраиваются программно.

**Отладка.** При отладке данного микроконтроллера не используются дорогие внутрисхемные эмуляторы. Вместо этого чип имеет встроенный JTAG-интерфейс, аппаратные прерывания и ограниченные возможности отслеживания, что позволяет упорядочить отладку и снизить стоимость разработки аппаратных систем отладки. Отладка в устройстве требует только недорогого JTAG-интерфейса, который входит в комплект разработчика. Поддержка

отслеживания ограничена сохранением меток инструкций и прекращается при аппаратном прерывании. После этого трассировочный буфер удерживает адрес инструкции, выполнявшейся до прерывания. В действительности трассировочный буфер содержит метки инструкций для любых переходов, вызовов или прерываний, и они доступны при любой остановке ЦПУ. Хотя микроконтроллер C8051F120 имеет максимальную скорость работы 100 МГц, имеющаяся в наличии система фазовой автоподстройки частоты (PLL) и система управления внешними источниками тактового сигнала позволяет реализовать программный контроль над

тактовой частотой. Работа на меньших значениях тактовой частоты позволяет уменьшить расход энергии без перехода микроконтроллера в спящий режим. Внутренний осциллятор выдает частоты от 2 до 25 МГц с 2-процентной точностью, а работа на более высоких скоростях требует наличия внешнего кристалла или источника тактового сигнала. Внутренняя память RAM содержит обычную для 8051 семейства сверхоперативную память объемом 256 байт и дополнительную память емкостью 8 Кбайт. Также существует возможность подключения внешней памяти. Общая цифровая периферия работает на частоте 100 МГц, что со-

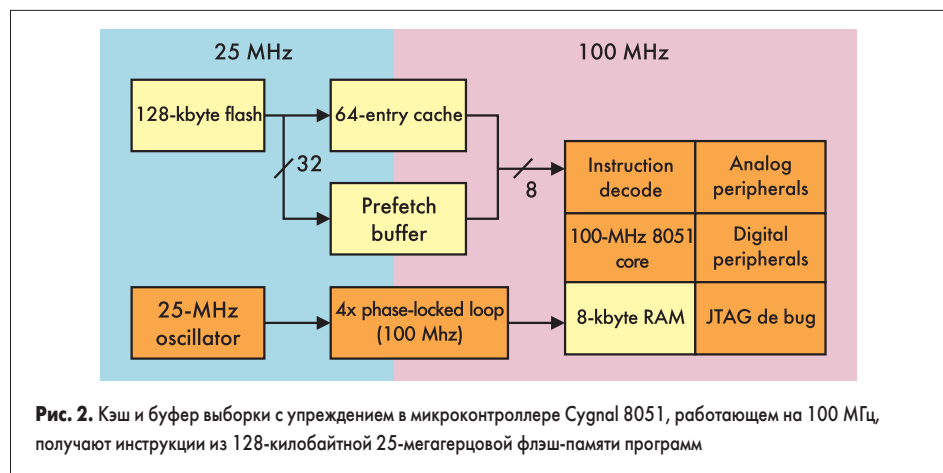


Рис. 2. Кэш и буфер выборки с упреждением в микроконтроллере Cygnal 8051, работающем на 100 МГц, получают инструкции из 128-килобайтной 25-мегагерцовой флэш-памяти программ

ответствует частоте работы процессорного ядра. Периферия состоит из 64 портов ввода—вывода общего назначения, портов SMBus/I2C и SPI и двух последовательных портов UART. Все счетчики 16-битные. Также имеется специализированный сторожевой таймер и двунаправленная схема перезапуска, позволяющая перезапускать процессор от внешнего источника. Система перепрограммирования выводов (crossbar) позволяет подключать различную периферию к выбранным портам ввода—вывода. Микроконтроллер разработан для диапазона напряжений от 2,7 до 3,6 В. Цифровые порты ввода—вывода совместимы с 5-вольтовой логикой. Также имеется 22 вектора прерываний.

## **II. Микроконтроллеры C8051F040/041/042/043**

Эти устройства построены на 8051 ядре, работают на скорости 25 MIPS и полностью поддерживает интерфейс CAN BUS 2.0B с 32 объектами сообщений. PGA позволяет контролировать 12-битный АЦП (скорость преобразований 100 ksps) во входном диапазоне 60 В. Микроконтроллер разработан для применения в промышленной автоматике и сенсорных системах, основанных на CAN-интерфейсе. Модель C8051F040 содержит:

- процессор 25 MIPS;

- CAN BUS 2.0B со специализированной RAM для 32 объектов сообщений;
- два порта UART;
- порт SMBus;
- порт SPI;
- пять 16-битных таймеров общего назначения;
- шестиканальный PCA;
- флэш-память 64 Кб, программируемая «в системе»;
- интерфейс подключения модулей внешней памяти;
- 12-битный АЦП со скоростью преобразований 100 ksps;
- два 12-битных ЦАП;
- 60-вольтовый входной PGA с коэффициентами усиления от 0,05 до 16;
- компараторы;
- температурный сенсор и сенсор опорного сигнала;
- 8-битный АЦП со скоростью преобразования 500 ksps;
- отладчик, работающий по интерфейсу JTAG и не требующий эмулятора.

Рабочий температурный диапазон для всех моделей микроконтроллеров не хуже  $-40...+85$  °С. Микроконтроллеры поставляются в двух корпусных исполнениях — 100- и 64-пиновый TQFP. ■