

Микроконтроллеры со сверхмалым энергопотреблением фирмы XEMICS

В настоящее время инженеров-электронщиков трудно удивить техническими новинками, появляющимися на электронном рынке. Тем не менее, из всего этого многообразия хотелось бы выделить микроконтроллеры серии XE8000 фирмы XEMICS, отличающиеся рядом уникальных особенностей.

Геннадий Горюнов

gennady.gr@eltech.spb.ru

Микроконтроллеры серии XE8000 построены по низковольтной энергосберегающей CMOS-технологии. Наличие периферийных устройств, таких, как: 16+10 разрядный масштабирующий АЦП (**ZoomingADC**), узла **BitJokey** — асинхронного приемопередатчика для управления радиотрансиверами, а также высокопроизводительного ядра **CoolRISC** позволяет использовать микроконтроллеры XEMICS в разнообразных приложениях, таких, как:

- Устройства слежения за разрядом аккумуляторных батарей.
- Устройства чтения штрих-кода.
- Бытовая автоматизация.
- Сенсорные устройства.
- Управление электродвигателями.

- Радиоуправляемые устройства (дистанционные сенсоры и измерительные устройства, интеллектуальные игрушки, управляемые голосом устройства, построенные на основе XE88LC06A).
- Измерительные устройства.
- Управление 120-сегментным ЖК-индикатором (счетчики электроэнергии, калькуляторы, счетчики автозаправочных станций и т. п. на основе XE88LC02).
- Портативные приборы.
- Системы сбора данных.
- Интерфейсы датчиков.

Таблица 1. Основные технические характеристики микроконтроллеров серии XE8000

	XE88LC01	XE88LC02	XE88LC03	XE88LC05	XE88LC06
Напряжение питания	2,4 В...5,5 В	1,2/2,4 В...5,5 В	2,4 В...5,5 В	2,4 В...5,5 В	1,2/2,4 В...5,5 В
МЭП ОЗУ, байт	8	8	8	8	8
Потребляемый ток (1 MIPS), мкА	310	310	310	310	310
Потребляемый ток (32 KIPS), мкА	10	10	10	10	10
Потребляемый ток (спящий режим), мкА	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ОЗУ данных, байт	512	1024	512	512	512
Программируемый RC-генератор	+	+	+	+	+
Xtal 32 кГц	+	+	+	+	+
Производительность, MIPS	2	7 ¹ /2	2	2	7 ¹ /2
Порты вход/выход	24	от 32 до 60	24	24	от 12 до 24
Последовательный интерфейс	UART	UART,SPI	UART	UART	UART
BitJokey	-	-	-	-	+
Счетчики-таймеры	4 3С	4 3С	4 3С	4 3С	4 3С
ШИМ ЦАП	2	2	2	2	2
Двойной буферизованный ЦАП	-	-	-	+	-
МЭП-компараторы	-	4	-	-	4
ZoomingADC	+	+	-	+	-
Разрешение АЦП	16+10	16+10	-	16+10	-
ЖКИ-драйверы	-	120 сегментов	-	-	-
Корпус	LQFP44	LQFP100	SOIC28, TQFP32	LQFP64	TQFP32
Температурный диапазон	-40...+85 °С	-40...+85 °С	-40...+85 °С	-40...+85 °С	-40...+85 °С

¹ Только для версии ПЗУ

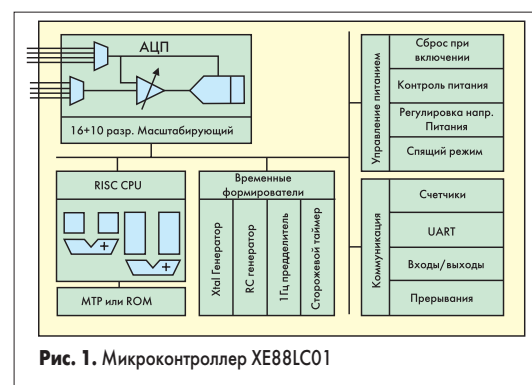


Рис. 1. Микроконтроллер XE88LC01

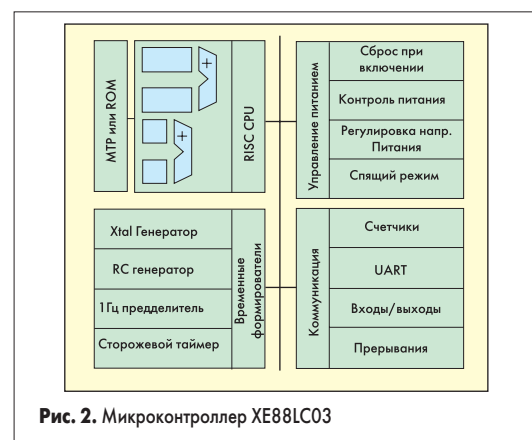


Рис. 2. Микроконтроллер XE88LC03

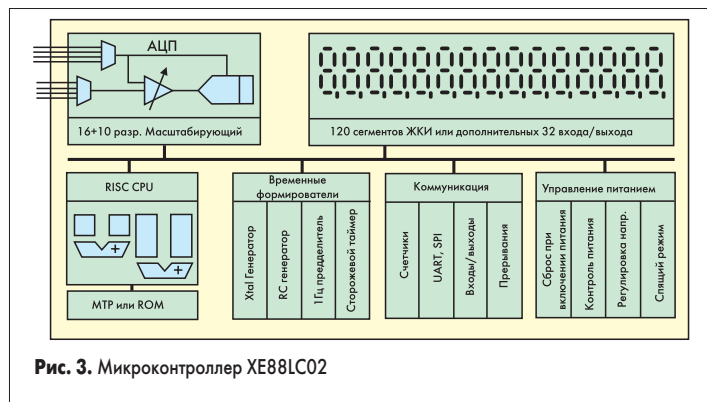


Рис. 3. Микроконтроллер XE88LC02

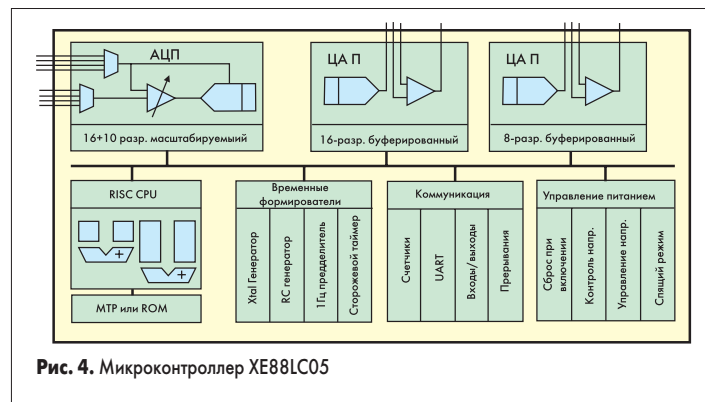


Рис. 4. Микроконтроллер XE88LC05

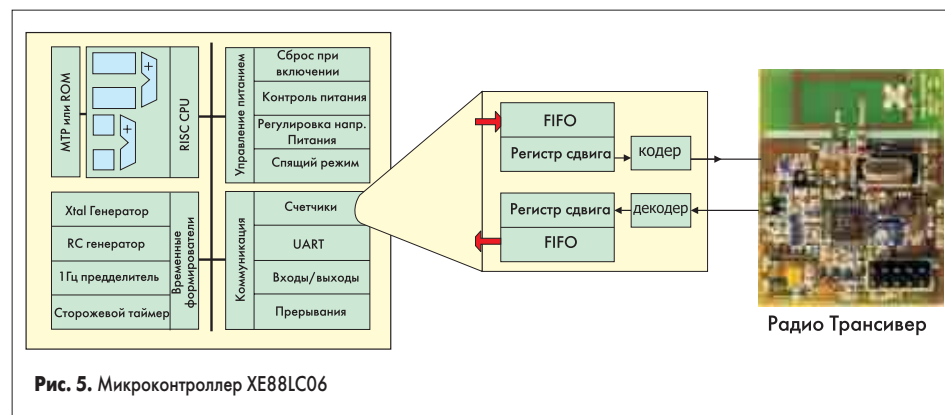


Рис. 5. Микроконтроллер XE88LC06

На рис. 1–5 приведены структурные схемы микроконтроллеров серии XE8000

Одним из достоинств серии XE8000 является множество режимов снижения энергопотребления, при этом результирующий ток потребления пропорционален тактовой частоте.

Встроенный RC-генератор может быть настроен на необходимую тактовую частоту. При использовании кварцевого генератора обеспечивается минимальная тактовая частота 32 кГц.

Большинство аналоговых узлов имеет режим снижения энергопотребления: АЦП потребляет ток только на 1/4 от нормального потребления при использовании его на 1/4 от полной скорости. Узлы могут быть индивидуально деактивированы. Технология, на основе которой построено ядро CoolRISC и его периферия, позволяет отключать тактирующие импульсы от деактивированных узлов, что приводит к снижению энергопотребления.

Питание на цифровую часть контроллеров серии XE8000 подается через регулятор напряжения. Таким образом, микроконтроллеры XE8000 могут потреблять минимальный заявленный ток даже при максимальном напряжении питания. Кроме того, при использовании регулятора напряжения максимальная производительность становится независимой от напряжения питания.

Режим *Hibernating*. Микроконтроллеры XE8000 могут быть полностью остановлены. При этом генератор и делитель будут активны в режиме остановки.

Спящий режим. В этом режиме микроконтроллер остановлен и запрещена генерация тактовых импульсов. В этом режиме ОЗУ будет хранить данные до тех пор, пока присутствует напряжение питания, при этом ток практически не потребляется (ток «покоя» около 0,1 мкА при 27 °С). Процессор просыпается после формирования условий сброса.

Микропотребляющее ОЗУ. К дополнительным периферийным устройствам следует отнести 8 байт микропотребляющего ОЗУ. При программном использовании этого ОЗУ вместо обычного энергопотребление становится менее 300 мкА/MIPS.

Процессорное ядро CoolRISC

Основой всех контроллеров серии XE8000 является процессорное ядро CoolRISC. Основные характеристики ядра:

- *Гарвардская RISC-архитектура*. Программы хранятся в памяти команд отдельно от памяти данных и регистров периферийных устройств.
- *Регистровая архитектура данных*. Все арифметические операции могут иметь в качестве первого операнда любой из регистров, а в качестве второго операнда как регистр, так и ячейку памяти. Результат может быть помещен в третий регистр или в любой из регистров-операндов.

- *Объем памяти*. Максимальный объем адресуемой памяти данных 64 кбайт. Максимальный объем памяти программ — 65536 инструкций, где каждая инструкция имеет разрядность 22 бита.

- *Трехступенчатый конвейер команд*. В течение каждого машинного цикла на конвейер поступает одна команда, которая выполняется максимум за три машинных цикла. Таким образом, производительность ядра — 1 инструкция за 1 машинный цикл. Диаграмма работы конвейера приведена на рис. 6.

- *Встроенный умножитель 8×8 бит*. Ядро CoolRISC включает в себя узел 8-разрядного умножения, которое также выполняется за 1 машинный цикл.

- *Функция понижения тактовой частоты*. В режиме снижения энергопотребления может быть включен внутренний делитель тактовой частоты. Коэффициент деления задается программно и может быть равен 2, 4, 8 или 16.
- *Режим бездействия (Stand-by mode)*. Инструкция HALT может переключить ядро в режим бездействия, в этом режиме потребления электроэнергии минимально. Внутренний тактовый генератор останавливается. Процессор может быть запущен сигналами прерываний или сброса.

- *Режим ожидания (Wait mode)*. Механизм квитирования, встроенный в ядро CoolRISC, позволяет разделять память между несколькими процессорами (или ПДП-контроллерами). В то время как один процессор не может получить доступ к запрашиваемой области памяти, другие процессоры могут считывать или записывать данные в эту область. Распределение памяти происходит по схеме запроса и подтверждения доступа.

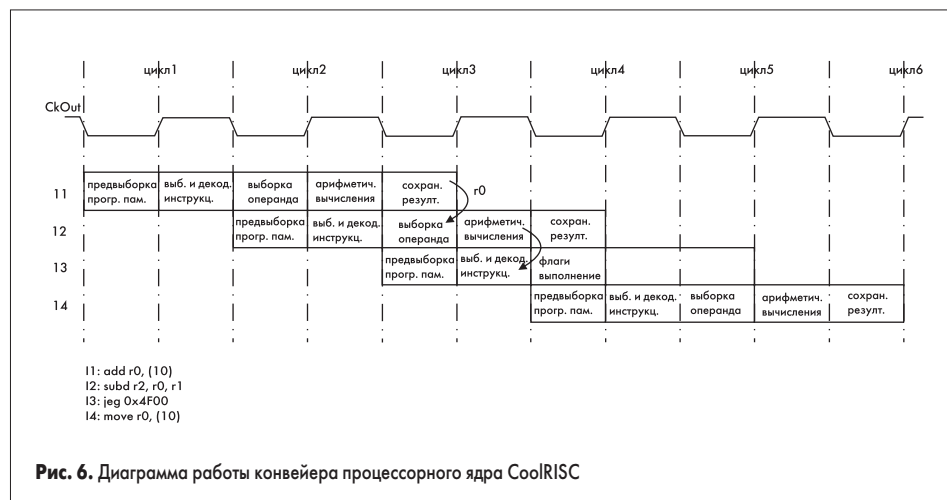


Рис. 6. Диаграмма работы конвейера процессорного ядра CoolRISC

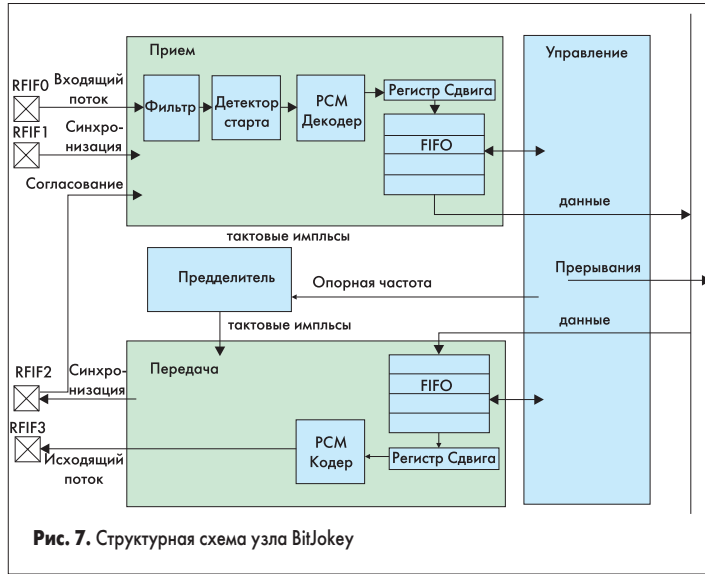


Рис. 7. Структурная схема узла BitJokey

BitJokey

BitJokey — это PCM-кодек или интерфейс с ВЧ-приемопередатчиком. В обычных микроконтроллерах низкоуровневое кодирование ВЧ-протоколов осуществляется программно. Такие приложения занимают процессорное время для передачи или приема каждого бита. BitJokey значительно упрощает взаимодействие с трансивером на низком уровне, разгружая процессор. На рис. 7 приведена структурная схема узла BitJokey, а на рис. 8 — соединение BitJokey с трансивером.

Аналоговые периферийные устройства

Одним из самых мощных инструментов микроконтроллеров XEMICS является встроенный масштабируемый АЦП — ZoomingADC. Его структурная схема приведена на рис. 9.

Основными особенностями ZoomingADC являются:

- Программируемый коэффициент предварительного усиления от 0,5 до 1000.
- Программируемая компенсация смещения характеристик датчиков.
- Мультиплексор, позволяющий коммутировать 4 дифференциальных сигнала или 8 одиночных независимых сигналов.
- 2 входных дифференциальных канала смещения.
- Режим энергосбережения.
- Внутренний интерфейс АЦП и ядра CoolRISC. Измерительный тракт может быть подключен к одному из восьми входных каналов, в то

время как вход опорного напряжения может быть подключен к одной из двух входных дифференциальных пар опорных сигналов.

Основой узла масштабирования являются три дифференциальных программируемых усилителя (PGA). После прохождения входных мультиплексоров входные сигналы V_{in} и V_{ref} усиливаются и смешиваются, проходя через три ступени. Программируемый коэффициент масштабирования может достигать 1000. При прохождении ступени 2 и 3 входной сигнал может быть смещен, коэффициент смещения задается программно. Любой усилитель может быть выключен из тракта усиления, если это необходимо.

Как и большинство АЦП, специализированных для инструментальных приложений и приложений оцифровки сигналов датчиков, ZoomingADC является так называемым *over-sampled*-конвертором. (Примечание: *Over-sampled*-конвертор работает с частотой выборки f_s намного превышающей частоту Найквиста для входного сигнала (типичные значения для f_s превышают в 20–1000 раз полосу входного сигнала). Такие конверторы включают в себя десятичную фильтрацию и применяются для получения высокого разрешения или в приложениях с невысокой частотой измеряемого сигнала.) ZoomingADC обрабатывает двуполярный сигнал. В первом приближении оцифрованный результат является полномасштабным относительным измерением:

$$\frac{OUT_{ADC}}{FS/2} \approx \frac{V_{IN,ADC}}{V_{REF}/2}$$

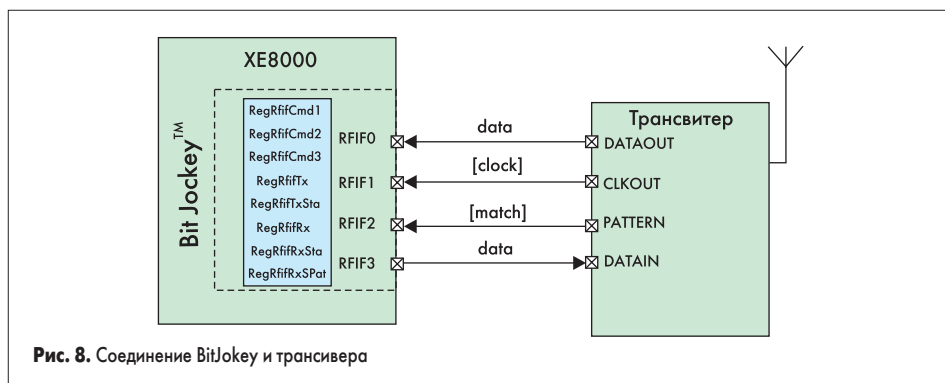


Рис. 8. Соединение BitJokey и трансивера

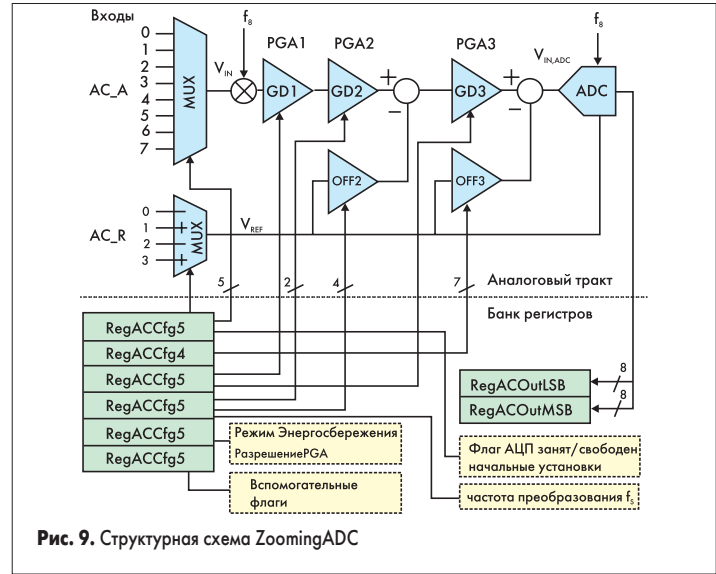


Рис. 9. Структурная схема ZoomingADC

код OUT_{ADC} имеет значение от $-FS/2$ до $+FS/2$, а $V_{IN,ADC}$ лежит в пределах от $-V_{REF}/2$ до $+V_{REF}/2$.

Зависимость напряжения на входе АЦП $V_{IN,ADC}$ от входного измеряемого напряжения V_{IN} имеет следующий вид:

$$V_{IN,ADC} = GD_{TOT} \times V_{IN} - GD_{offTOT} \times V_{REF}$$

где GD_{TOT} — это полное усиление канала измеряемого сигнала, а GD_{offTOT} это полное усиление канала опорного напряжения.

К устройствам аналоговой периферии также относятся ЦАП: сигнальный 4 кГц ЦАП с разрешением 10 бит и 8-битный опорный ЦАП для питания мостовых резистивных датчиков. Оба ЦАП состоят из собственно преобразователя и отдельного буферного усилителя. На основе буферных усилителей можно построить каскады с выходом по току или напряжению, а также различные фильтры.

Сравнительные характеристики микроконтроллеров

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики микроконтроллеров примерно одинакового класса ведущих фирм-производителей Atmega16L-8AI от Atmel, PIC18LF4320T-I/PT от Microchip и XE88LC01MI027 от XEMICS.

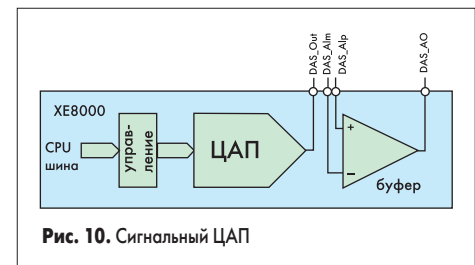


Рис. 10. Сигнальный ЦАП

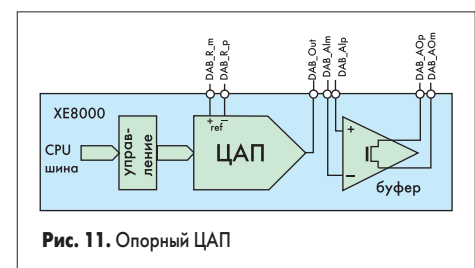


Рис. 11. Опорный ЦАП

Таблица 2. Сравнительные характеристики микроконтроллеров

Микро-контроллер	Память команд, К слов	ОЗУ, байт	I _{пот} , мкА (U _{пит} 3 В)			АЦП	Диапазон напряжения питания, В	Корпус	Цена >99 шт, \$
			Рабочий режим производит. 1 MIPS	Режим ожидания	Спящий режим				
XE88LC01MI027	8	512+8	310	1	0,1	8+4/16+10	2,4–5,5	LQFP44	6,0
PIC18LF4320T-I/PT	4	512	580	220	0,1	13/10	2,0–5,5	TQFP44	6,39
Atmega16L-8AI	8	1024	1100	350	1	8/10	2,7–5,5	TQFP44	5,52

Таблица 3. Средства разработки микроконтроллеров серии XE8000

XE8000MP	XE8000EV101	XE8000EV102	XE8000EV103	XE8000EV104	XE8000EV108	XE8000EV110
						
XE8000SW	Интегрированная среда разработки RIDE-Pro с компилятором Си и встроенным загрузчиком. Совместно с многоцелевой платой XE8000MP и оценочными платами XE8000EV образуют полный комплект средств разработки.					
XE8000MP	Многоцелевая плата для соединения среды разработки RIDE-Lite или RIDE-Pro (XE8000SW) с XE8000EV. Плата реализует алгоритмы программирования, включает в себя источник питания и преобразователи уровней для интерфейса RS-232.					
XE8000EV101	Оценочная плата для XE88LC01MI027, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					
XE8000EV102	Оценочная плата для XE88LC03MI015, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					
XE8000EV103	Оценочная плата для XE88LC03MI026, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					
XE8000EV104	Оценочная плата для XE88LC05MI028, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					
XE8000EV108	Оценочная плата для XE88LC06MI026, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					
XE8000EV110	Оценочная плата для XE88LC02MI035, используется вместе с XE8000SW и XE8000MP					

Эти микроконтроллеры имеют примерно одинаковые вычислительные мощности и набор периферийных устройств. Из таблицы видно, что микроконтроллер от Microchip в два раза проигрывает в объеме памяти программ. Микроконтроллер от Atmel имеет самые худшие показатели по энергопотреблению. При средней цене микроконтроллер XEMICS превосходит рассмотренные микроконтроллеры по характеристикам АЦП и явно лидирует по показателям энергопотребления.

Средства разработки

Для оценки характеристик и разработки приложений на основе микроконтроллеров серии XE8000 имеется широкий спектр программно-аппаратных средств (табл. 3).

Получить более подробную информацию о микроконтроллерах серии XE8000, а также ознакомиться с продукцией фирмы XEMICS вы можете на сайте www.xemics.com. ■