

# МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ Xemics

## СВЕРХМАЛОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Среди многообразия новинок рынка электронных компонентов необходимо выделить микроконтроллеры серии XE8000 компании Xemics, построенные на основе низковольтной энергосберегающей КМОП-технологии и отличающиеся рядом уникальных особенностей. В России швейцарскую компанию Xemics представляет фирма “Элтех”.

Преимущества микроконтроллеров серии XE8000 очевидны при сравнении с аналогичными приборами примерно одинакового класса ведущих фирм-производителей. В табл.1 приведены сравнительные характеристики микроконтроллеров Atmega16L-8AI фирмы Atmel, PIC18LF4320T-I/PT фирмы Microchip и XE88LC01MIO27 фирмы Xemics.

Представленные в таблице микроконтроллеры имеют приблизительно одинаковые вычислительные мощности и набор периферийных устройств. Однако видно, что микроконтроллер фирмы Microchip в два раза проигрывает в объеме памяти программ, а фирмы Atmel – имеет самые худшие показатели по энергопотреблению. При конкурентной цене прибор фирмы Xemics превосходит

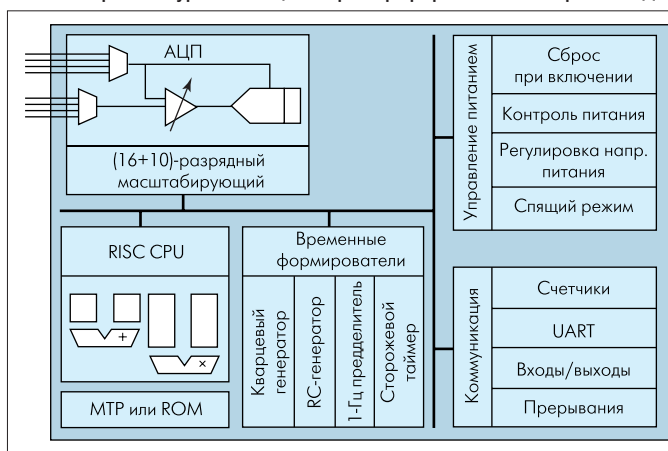


Рис. 1. Микроконтроллер XE88LC01

эти микроконтроллеры по характеристикам АЦП и явно лидирует по показателям энергопотребления.

Микроконтроллеры Xemics содержат высокопроизводительное ядро CoolRISC®, асинхронный приемопередатчик для управления радиотрансиверами BitJokey™ и периферийное устройство – (16+10)-разрядный масштабирующий АЦП (ZoomingADC™). Основные технические характеристики четырех моделей микроконтроллеров серии XE8000 приведены в табл.2, а их структурные схемы – соответственно на рис.1–4.

Г.Горюнов  
gennady.gr@eltech.spb.ru

Одно из достоинств микроконтроллеров серии XE8000 – множество режимов снижения энергопотребления, при этом результирующий ток потребления пропорционален тактовой частоте. Встроенный RC-генератор может быть настроен на необходимую тактовую частоту, а при использовании кварцевого генератора обеспечивает минимальную тактовую частоту 32 кГц.

Большинство аналоговых узлов контроллеров имеют режим снижения энергопотребления. Так, величина тока, потребляемого АЦП, составляет только 1/4 от его номинального значения при использовании АЦП на 1/4 полной скорости. Узлы могут быть индивидуально деактивированы. Технология, на основе которой построено ядро CoolRISC и его периферия, позволяет отключать тактирующие импульсы от деактивированных узлов, благодаря чему снижается энергопотребление.

Питание на цифровую часть приборов серии XE8000 подается через регулятор напряжения. Это обеспечивает потребление микроконтроллерами минимального значения номинального тока даже при максимальном напряжении питания. Кроме того, при использовании регулятора напряжения максимальная производительность становится независимой от напряжения питания.

**Режим остановки (hibernating).** Микроконтроллеры XE8000 могут быть полностью остановлены, при этом в режиме остановки генератор и делитель будут активны.

**Спящий режим.** В этом режиме микроконтроллер остановлен и генерация тактовых импульсов запрещена. 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°C). Процессор "просыпается" после формирования условий сброса.

**ОЗУ малого энергопотребления.** К дополнительным периферийным устройствам следует отнести 8-байт микропотребляющее ОЗУ. При программном его использовании вместо обычного ОЗУ энергопотребление становится менее 300 мкА/MIPS.

### ПРОЦЕССОРНОЕ ЯДРО COOLRISC®

Основу всех контроллеров серии XE8000 составляет процессорное ядро CoolRISC, основными характеристиками которого являются:

Таблица 1. Сравнительные характеристики микроконтроллеров

Микроконтроллер	Память команд, Кслов	ОЗУ, байт	I <sub>ПOTР</sub> , мкА (U <sub>ПИТ</sub> =3 В)			АЦП Входы/разрядность	Диапазон напряжения питания, В	Корпус	Цена за 100 и более шт., долл.
			Рабочий режим при 1 MIPS	Режим ожидания	Спящий режим				
XE88LC01MIO27	8	512+8	310	1	0,1	8+4/16+10	LQFP44	5,78	
PIC18LF4320T-I/PT	4	512	580	220	0,1	13/10	TQFP44	6,39	
Atmega16L-8AI	8	1024	1100	350	1	8/10	TQFP44	5,52	

- *гарвардская RISC-архитектура.* Команды процессора 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 Кбайта. Максимально возможный объем памяти программ – 65536 инструкций, где каждая инструкция имеет разрядность 22 бит;
- *трехступенчатый конвейер команд.* В течение каждого машинного цикла на конвейер поступает одна команда, которая выполняется максимум за три машинных цикла. Таким образом, производительность процессора составляет – одна инструкция за один машинный цикл (диаграмма работы конвейера приведена на рис.5);
- *встроенный умножитель 8x8 бит.* Ядро CoolRISC включает в себя узел 8-разрядного умножения, которое также выполняется за один 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.* Инструкция останова может переключить ядро в режим бездействия, в котором потребление электроэнергии минимально. Внутренний тактовый генератор останавливается.

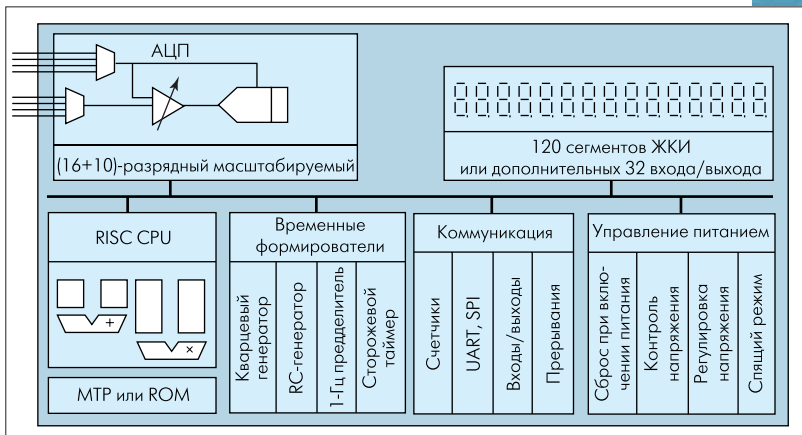


Рис.2. Микроконтроллер XE88LC02

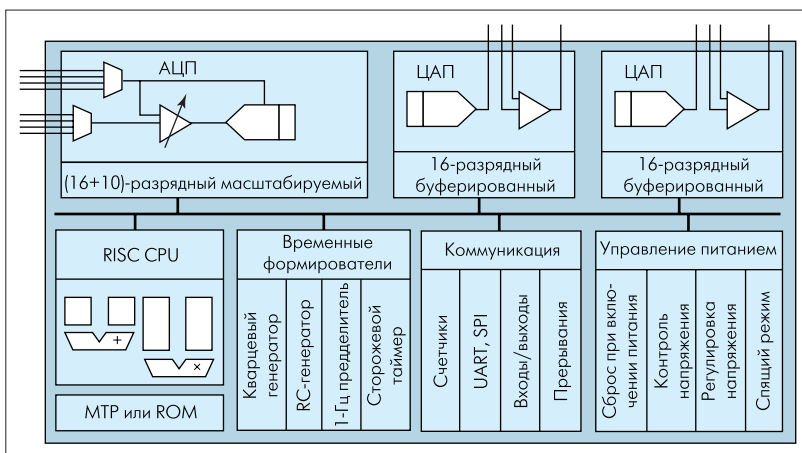


Рис.3. Микроконтроллер XE88LC05

Таблица 2. Основные технические характеристики микроконтроллеров серии XE8000

Характеристика	XE88LC01	XE88LC02	XE88LC05	XE88LC06
Напряжение питания, В	2,4-5,5	1,2 <sup>1</sup> /2,4-5,5	2,4-5,5	1,2 <sup>1</sup> /2,4-5,5
ОЗУ малого энергопотребления, Байт	8	8	8	8
Потребляемый ток (1 MIPS), мкА	310	310	310	310
Потребляемый ток (32 KIPS), мкА	10	10	10	10
Потребляемый ток (спящий режим), мкА	0,1	0,1	0,1	0,1
ОЗУ данных, Байт	512	1024	512	512
Память данных, Кслов	8	8	8	8
Программируемый RC-генератор	+	+	+	+
Кварцевый генератор 32 кГц	+	+	+	+
Производительность, MIPS	2	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Порты входа/выхода	24	От 32 до 60	24	От 12 до 24
Последовательный интерфейс	UART	UART, SPI	UART	UART
BitJokey™	-	-	-	+
Счетчики-таймеры с возможностью захвата и сравнения	4	4	4	4
ШИМ ЦАП	2	2	2	2
8- и 16-разрядный ЦАП с буферными усилителями	-	-	+	-
Компараторы малого энергопотребления	-	4	-	4
ZoomingADCTM	+	+	+	-
Разрешение АЦП, бит	16+10	16+10	16+10	-
ЖК-драйверы	-	120 сегментов	-	-
Корпус	LQFP84	LQFP100	LQFP64	TQFP32
Температурный диапазон, °С	-40...85	-40...85	-40...85	-40...85

1-Только для версии ПЗУ

Процессор может быть запущен сигналами прерываний или сброса;

- *режим ожидания.* Механизм квитиования, встроенный в ядро CoolRISC, позволяет разделять память между несколькими процессорами (или контроллерами с прямым доступом к памяти). 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.

### УЗЕЛ BITJOKEY™

BitJokey™ – это КИМ-кодек, или интерфейс с ВЧ-приемопередатчиком. В обычных микроконтроллерах низкоуровневое кодирование ВЧ-протоколов осуществляется программно, и такие приложения занимают процессорное время для передачи или приема каждого бита. BitJokey значительно упрощает взаимодействие с трансивером на низком уровне, разгружая процессор. На рис.6 приведена структурная схема узла BitJokey, а на рис.7 – его соединение с трансивером.

### АНАЛОГОВЫЕ ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА

Один из самых мощных инструментов микроконтроллеров Xemics – встроенный масштабируемый АЦП (ZoomingADC™), структурная схема которого приведена на рис.8. Его основные особенности:

- программируемый коэффициент предварительного усиления – от 0,5 до 1000;
- программируемая компенсация смещения характеристик датчиков;

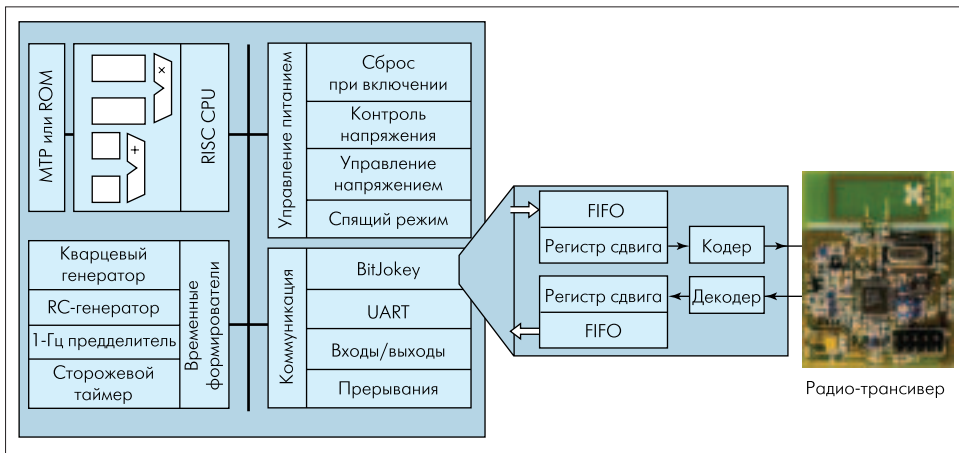


Рис.4. Микроконтроллер XE88LC06

- мультиплексор, позволяющий коммутировать четыре дифференциальных сигнала или восемь одиночных независимых сигналов;
- два входных дифференциальных канала смещения;
- режим энергосбережения;
- внутренний интерфейс АЦП и ядра CoolRISC.

Измерительный тракт может быть подключен к одному из восьми входных каналов, а опорное напряжение – к одной из двух входных дифференциальных пар опорных сигналов.

Основа узла масштабирования – три дифференциальных программируемых усилителя (PGA). После прохождения входных мультиплексоров сигналы  $U_{ВХ}$  и  $U_{ОП}$  усиливаются и смешиваются, проходя через три каскада. Программируемый коэффициент масштабирования может достигать 1000. При прохождении ступеней PGA2 и PGA3 уровень входного сигнала может быть смещен; коэффициент смещения задается программно. Любой усилитель может быть исключен из тракта усиления, если это необходимо.

Как и большинство АЦП, специализированных для инструментальных приложений и приложений оцифровки сигналов датчиков, ZoomingADC – это так называемый *over-sampled* конвертер\*. Он обрабатывает двуполярный сигнал.

\*Over-sampled конвертер работает с частотой выборки  $f_s$ , намного превышающей частоту Найквиста для входного сигнала (типичные значения  $f_s$  в 20–1000 раз превышают полосу входного сигнала). Такие конвертеры включают в себя десятичную фильтрацию и применяются для получения высокого разрешения и/или в приложениях с невысокой частотой измеряемого сигнала.

Зависимость напряжения на входе АЦП –  $U_{ВХ,АЦП}$  – от выходного измеряемого напряжения  $U_{ВХ}$  имеет следующий вид:

$$U_{ВХ,АЦП} = GD_{TOT}U_{ВХ} - GDoff_{TOT} U_{ОП},$$

где  $GD_{TOT}$  – полное усиление канала измеряемого сигнала, а  $GDoff_{TOT}$  – полное усиление канала опорного напряжения.

К устройствам аналоговой периферии относятся также ЦАП: сигнальный 4-кГц ЦАП с разрешением 10 бит и 8-битный опорный ЦАП для питания мостовых резистивных датчиков. Оба преобразователя состоят из собствен-

но преобразователя и отдельного буферного усилителя. На основе буферных усилителей можно построить каскады с выходом по току или напряжению, а также различные фильтры. Структурные схемы сигнального и опорного ЦАП представлены на рис.9 и 10.

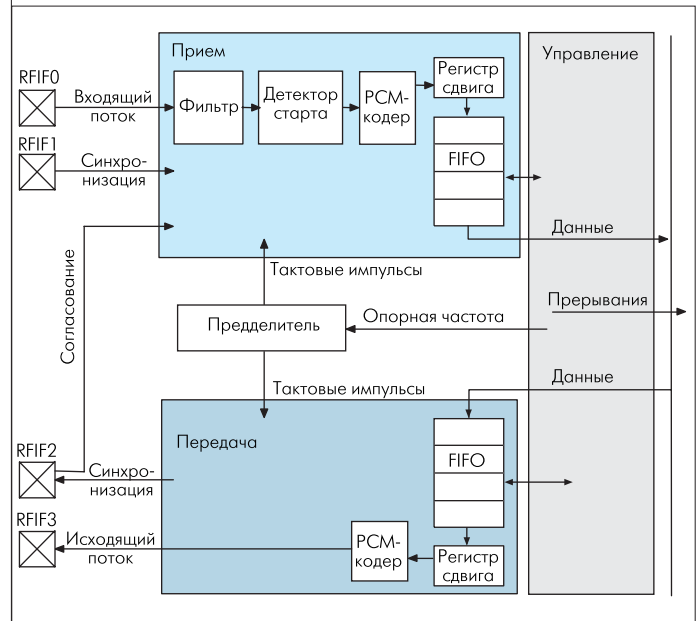


Рис.6. Структурная схема узла BitJokey™

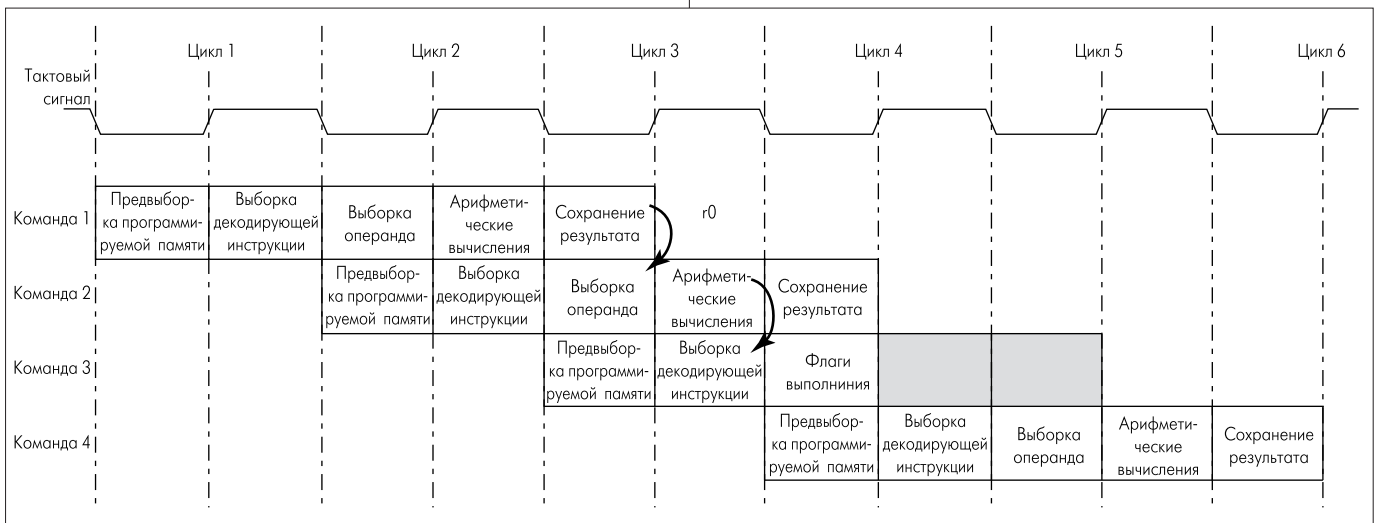
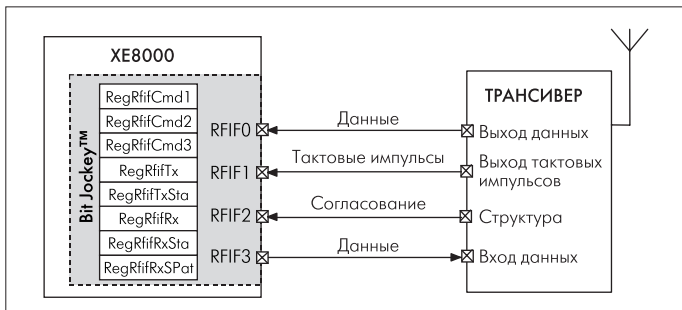
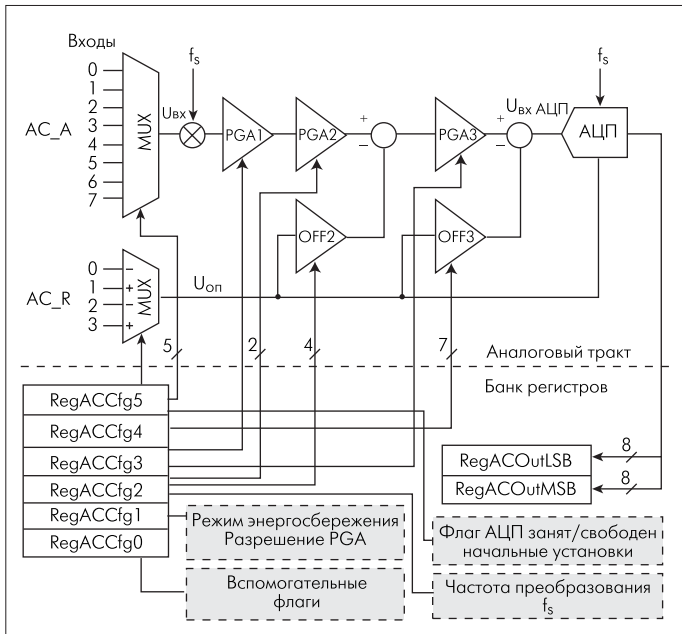


Рис.5. Диаграмма работы конвейера процессорного ядра CoolRISC



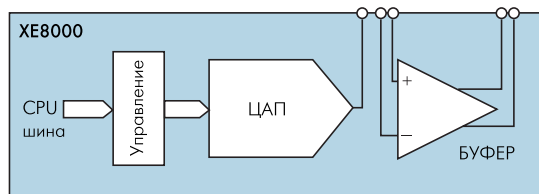
**Рис.7. Соединение BitJockey с трансивером**



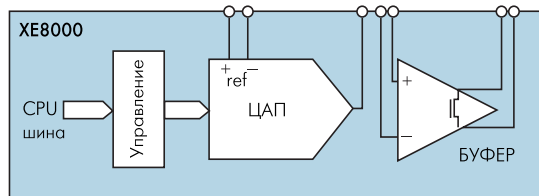
**Рис.8. Структурная схема ZoomingADC™**

**Таблица 3. Средства разработки микроконтроллеров серии XE8000**

Модель	Внешний вид	Характеристики
XE8000SW		Интегрированная среда разработки с СИ-компилятором и встроенным загрузчиком. Совместно с многоцелевой платой XE8000MP и оценочными платами XE8000EV образуют полный комплект средств разработки
XE8000MP		Многоцелевая плата среды разработки RIDE-Lite или RIDE-Pro предназначена для соединения ПК с XE8000EV. Плата реализует алгоритмы внутрисхемного программирования. Может использоваться самостоятельно или совместно с оценочными платами XE8000EVxxx
XE8000EV101		Оценочная плата с возможностями программатора, в комплект поставки входят три образца XE88LC01M1027
XE8000EV104		Оценочная плата с возможностями программатора, в комплект поставки входят три образца XE88LC05M1028
XE8000EV108		Оценочная плата с возможностями программатора, в комплект поставки входят три образца XE88LC06M1026
XE8000EV110		Оценочная плата с возможностями программатора, в комплект поставки входят три образца XE88LC02M1035 и ЖК-индикатор



**Рис.9. Сигнальный АЦП**



**Рис.10. Опорный АЦП**

**СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ**

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

Микроконтроллеры фирмы Xetetics можно использовать в самых разнообразных приложениях:

- устройства слежения за разрядом аккумуляторных батарей;
- устройства чтения штрих-кода;
- системы автоматизации бытовой техники;
- сенсорные устройства;
- устройства управления электродвигателями;
- радиоуправляемые устройства (дистанционные сенсоры, интеллектуальные игрушки, управляемые голосом устройства, построенные на основе XE88LC06A);
- измерительные устройства;
- устройства управления 120-сегментным ЖК-индикатором (счетчики электроэнергии, калькуляторы, счетчики автозаправочных станций на основе XE88LC02);
- различные портативные приборы;
- системы сбора данных;
- интерфейсы датчиков.