

# Новые аналоговые и интерфейсные микросхемы от Microchip. Часть 2



**В ПРОШЛОМ НОМЕРЕ ЖУРНАЛА МЫ РАССКАЗАЛИ ОБ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ РАЗНЫХ ТИПОВ. ПРОДОЛЖАЯ РАССКАЗ О НОВЫХ АНАЛОГОВЫХ И ИНТЕРФЕЙСНЫХ МИКРОСХЕМАХ, РАССМОТРИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ “НАПРЯЖЕНИЕ/ЧАСТОТА”, ЦИФРОВЫЕ ПОТЕНЦИОМЕТРЫ, ИСТОЧНИКИ ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И КОНТРОЛЛЕР I<sub>2</sub>CDA.**

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЕ/ЧАСТОТА И ЧАСТОТА/НАПРЯЖЕНИЕ

ТС9400/ТС9401/ТС9402 — семейство преобразователей напряжение/частота (V/F). Выполнены на основе экономичной КМОП-технологии. Микросхемы обеспечивают преобразование входного аналогового напряжения в последовательность импульсов, частота которых линейно пропорциональна входному напряжению.

Для построения окончательной схемы преобразователя V/F или F/V к микросхеме необходимо подключить несколько дополнительных дискретных элементов и источник опорного напряжения.

V/F-преобразователь (рис. 1) работает на основе балансировки зарядов. Входное напряжение  $V_{IN}$  преобразуется в ток  $I_{IN}$  входным резистором  $R_{IN}$ . Входной ток заряжает интегрирующий конденсатор  $C_{INT}$ , формируя на выходе операционного усилителя линейно уменьшающееся напряжение. Низкий уровень на выходе порогового детектора подключает опорный конденсатор  $C_{REF}$  к выходу источника опорного напряжения  $V_{REF}$  формируя ток разряда интегрирующего конденсатора. Длительность импульса подключения достаточна для полного заряда  $C_{REF}$  источником опорного напряжения. При этом заряд на интегрирующем конденсаторе уменьшается на фиксированное значение ( $q = C_{REF} \cdot V_{REF}$ ), увеличивая выходное на-

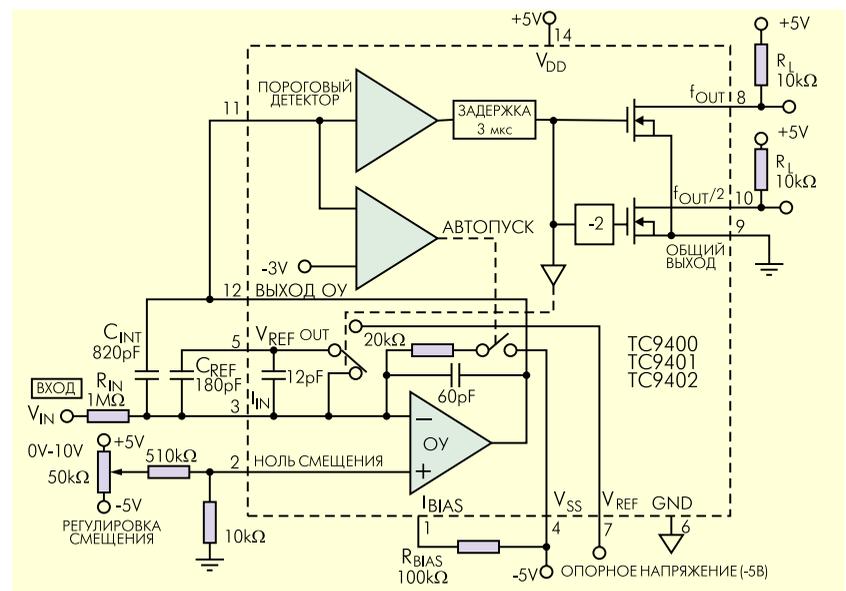
пряжение операционного усилителя. После этого  $C_{REF}$  закорачивается для того, чтобы рассеять запасённый заряд для следующего цикла.

Таким образом, заряд интегрирующего конденсатора входным током балансируется током от источника опорного напряжения. Если входное напряжение увеличивается, то число опорных импульсов, требуемых для поддержания уровня равновесия, также увеличится, изменяя выходную частоту. Точность ширины выходных импульсов не влияет на линейность V/F-преобразования, так

как импульсы имеют достаточную длительность для полной передачи заряда конденсатора  $C_{REF}$ .

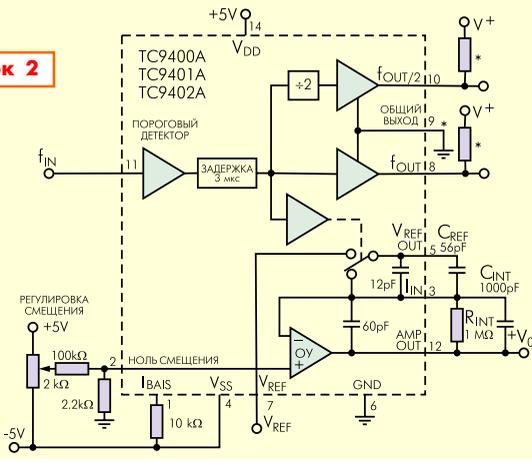
Короткие выходные импульсы (выход  $f_{OUT}$ ) делятся на два и поступают на выход  $f_{OUT}/2$  в виде симметричного сигнала со скважностью 2.

Микросхемы ТС9400/ТС9401/ТС9402 могут использоваться как высокоточные преобразователи частота/напряжения (F/V), принимая на вход частотный сигнал любой формы и формируя на выходе напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала (рис. 2).



**Рисунок 1** Преобразователь напряжение/частота 10 Гц , 10 кГц

Рисунок 2



Преобразователь частота/напряжение 10 кГц

Каждое срабатывание входного порогового детектора запускает формирователь импульсов фиксированной длительности, выход которого подключает конденсатор  $C_{REF}$  к источнику опорного напряжения  $V_{REF}$ . Сформированный ток заряда  $C_{REF}$  интегрируется интегратором на операционном усилителе с конденсатором обратной связи  $C_{INT}$ , увеличивая выходное напряжение. Образцовый заряд ( $q = C_{REF} * V_{REF}$ ), накопленный на  $C_{REF}$  полностью передаётся интегратору. Накопленный заряд, в свою очередь, течёт через резистор обратной связи, уменьшая выходное напряжение интегратора. Формируются импульсы напряжения на выходе операционного усилителя. Конденсатор  $C_{INT}$  параллельный резистору  $R_{INT}$ , сглаживает эти импульсы, среднее значение которых и является напряжением, линейно-пропорциональным входной частоте. Величина пульсаций на выходе  $V_{OUT}$  обратно пропорциональна ёмкости  $C_{INT}$ , которая может быть увеличена до 100 мкФ, что приемлемо для низких частот.

Микросхемы TC9400/TC9401/TC9402 выпускаются в малогабаритных 14-выводных корпусах DIP и SOIC. Основные различия между микросхемами семейства — линейность преобразования и температурная стабильность. Максимальная частота преобразований — 100 кГц. Питание преобразователей может осуществляться от однополярного источника напряжения 8, 15 В или двухполярного  $\pm 4$ ,  $\pm 7,5$  В. Потребляемая мощность — 27 мВт.

**ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (ЦАП)**

Часто различные исполнительные устройства имеют аналоговые входы

управления. В этом случае система управления должна содержать цифро-аналоговые преобразователи. Мы писали о новом микроконтроллере Microchip (PIC16C78X) со встроенным ЦАП. Сегодня представим семейство автономных (*stand-alone*) цифро-аналоговых преобразователей:

- TC1320/TC1321/TC1322 предназначены для работы от однополярного источника напряжением 2,7, 5,5 В;
- TC1320 обеспечивает преобразование 8-разрядного двоичного кода в выходное напряжение;
- TC1321 обеспечивает преобразование 10-разрядного двоичного кода в выходное напряжение;
- TC1322 обеспечивает преобразование 12-разрядного двоичного кода в выходное напряжение.

Начальная установка ЦАП при включении питания осуществляется внутренним формирователем, обеспечивая однозначное состояние выхода перед началом работы.

ИС ЦАП (рис. 3) состоит из регистра данных (DATA), регистра состояния (CONF) и выходного усилителя тока. ЦАП используют внешний источник опорного напряжения (например, описанные далее микросхемы семейства MCP15XX), уровень которого определяет максимальное выходное напряжение.

Аналого-цифровое преобразование основано на формировании тока (при помощи матрицы прецизионных резисторов), пропорционального значению двоичного кода, записанного в регистр данных. Выходное напряжение ЦАП рассчитывается по формуле:

$$V_{OUT} = V_{REF} (DATA/2^N),$$

где N — разрядность ЦАП.

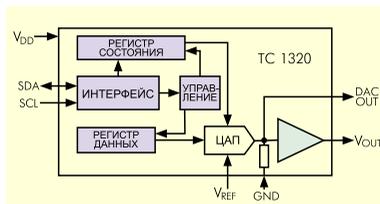


Рисунок 3 Структурная схема TC1320

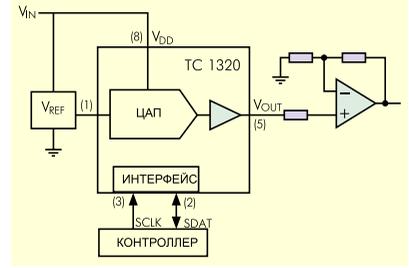


Рисунок 4 Программируемый источник напряжения

Вход опорного напряжения  $V_{REF}$  имеет высокое входное сопротивление, входную ёмкость 10 пФ и потребление по входу менее 1 мкА. Напряжение внешнего источника может находиться в диапазоне от 0 до  $V_{DD} - 1,2$  В. ЦАП имеет выходной усилитель с единичным коэффициентом усиления, типовая скорость нарастания которого 0,8 В/мкс. Максимальное изменение напряжения во всём диапазоне осуществляется за 10 мкс при нагрузке 1 кОм и ёмкости 100 пФ.

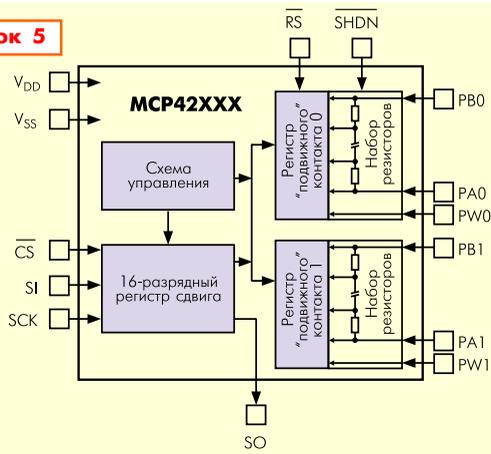
Передача данных в ЦАП осуществляется через двухпроводной последовательный интерфейс, совместимый с SMBus/I<sup>2</sup>C, работающий в *slave*-режиме. Этот же интерфейс позволяет управлять режимом ЦАП. Бит "SHDN" в регистре состояния позволяет установить режим малого потребления (ток потребления 0,5 мкА). В этом режиме ЦАП отключается, но последовательный интерфейс продолжает функционировать.

Небольшие размеры (8 выводов), малое потребление и низкая стоимость позволяют применять ЦАП в различных системах, таких как, например, программируемые источники напряжения (рис. 4), программно управляемые усилители и аттенюаторы.

**ЦИФРОВЫЕ ПОТЕНЦИОМЕТРЫ ФИРМЫ MICROCHIP**

В последнее время, наряду с цифро-аналоговыми преобразователями, всё большее применение находят цифровые потенциометры. Так же, как и ЦАП, цифровые потенциометры (рис. 5) используют резистивную матрицу, но, благодаря использованию современных аналоговых ключей и цифровых технологий, могут использоваться как обычный резистор. Кроме того, цифровой потенциометр содержит встроенный последовательный интерфейс, с помощью которого задаётся его "сопротивление", и управляющую логику, позволяющую

Рисунок 5



Функциональная схема потенциометров MCP42XXX

также реализовать дополнительные функции (одновременное управление несколькими потенциометрами, «висящими» на одном последовательном канале управления, мгновенную установку «подвижного» контакта в среднее положение, «выключение» потенциометра с переводом всех выводов в высокоомное состояние). Во многих случаях это позволяет отказаться от механических потенциометров и триммеров в электронных цепях, где требуется точная настройка электронной схемы, а также в случаях, когда нежелательно использовать потенциометры с механическим контактом.

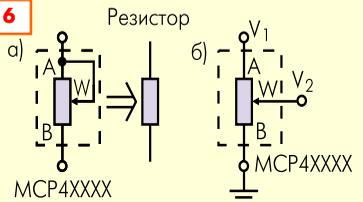
Компания MICROCHIP выпускает два семейства цифровых потенциометров — одноканальные MCP41XXX (8 выводов) и двухканальные MCP42XXX (14 выводов — два потенциометра в одном корпусе), где XXX — максимальное сопротивление резистора в кОм. Оба семейства имеют одинаковое управление по последовательному интерфейсу SPI. Все приборы объединяет высокая эффективность, невысокая цена и качественная инструментальная поддержка со стороны MICROCHIP. И одноканальная, и двухканальная версии доступны с номиналами 10, 50 и 100 кОм. Для уменьшения потребляемой мощности предусмотрено программное выключение в двухканальных (MCP42XXX) версиях приборов. Они также имеют специальный вывод для аппаратного включения этой же функции, и дополнительный информационный вывод для простого подключения нескольких таких микросхем к одной шине SPI, что обеспечивает простоту электрической схемы и процесса управления системой с несколькими потенциометрами.

Семейство MCP4XXXX имеет разрешение 8 бит (256 положений «подвиж-

ного» контакта), работает от однополярного источника питания в диапазоне 2,7–5,5 В, потребляет в статическом режиме максимальный ток не более 1 мкА, погрешности DNL и INL — не более  $\pm 1$  LSB. MCP4XXXX выпускаются для работы в промышленном диапазоне температур от  $-40$  до  $+85^\circ\text{C}$ .

Цифровые потенциометры используются в двух режимах: (рис. 6) в режиме реостата (а) и режиме потенциометра (делителя напряжения) (б). В режиме реостата потенциометр может использоваться как

Рисунок 6



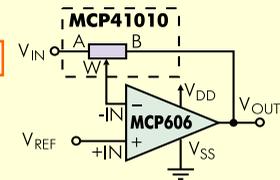
Использование: режим реостата (а) и потенциометра (делителя напряжения) (б)

обычный двухвыводной резистор. Неиспользуемый вывод должен быть соединён с «подвижным» контактом, как показано на рисунке. Причём замена местами контактов А и В не влияет на работу потенциометра. В режиме делителя напряжения все три вывода подключаются к различным точкам схемы. Это позволяет получить на выходе потенциометра напряжение, пропорциональное входному. Так же, как и в первом случае, перемена мест крайних выводов А и В не влияет на работу потенциометра, кроме того, нижний (по рисунку) вывод не обязательно подключать к «земле», это может быть любой другой потенциал в пределах напряжения питания. Это позволяет применять цифровые потенциометры в таких схемах, как программируемые усилители (рис. 7).

Используя цифровые потенциометры, удобно управлять цифровым микроконтроллером с аналоговыми схемами с минимумом аппаратных затрат. Их очень удобно применять при построении систем, требующих комплексной калибровки как при изготовлении, так и в процессе эксплуатации.

Типовыми примерами применения семейства MCP4XXXX являются аудио- и видеоаппаратура (например, регули-

Рисунок 7



Пример использования: однополярный программируемый инвертирующий усилитель

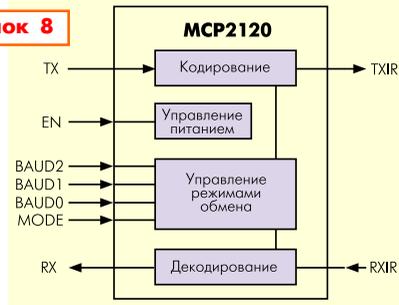
ровки громкости и тембра), управление сервоприводами, схемы интеллектуальных зарядных устройств, системы связи, согласования, источники питания, регулировка контрастности LCD управляемые фильтры и многое другое.

MICROCHIP предлагает в помощь разработчикам комплект MXDEVä Analog Evaluation System, работающий под управлением собственной программной среды MXLAB (доступна бесплатно на сервере [www.microchip.com](http://www.microchip.com)). Эта система предназначена для озонирования и разработки устройств на базе аналоговой продукции MICROCHIP, и включает в себя операционные усилители, АЦП, супервизоры питания, а также цифровые потенциометры. В комплект входит основная плата (DVMCPA), которая получает и накапливает данные и затем передаёт их в персональный компьютер для дальнейшей обработки и отображения, и дочерней платы (DV32XX), которая соединяется с основной и содержит непосредственно аналоговый прибор MICROCHIP.

## КОНТРОЛЛЕРЫ IrDA (ИК-КАНАЛА)

Приобретая различные портативные приборы с батарейным питанием, покупатель придаёт большое значение способности устройства обмениваться информацией с другими подобными приборами, а также возможности накапливать и передавать информацию для дальнейшей обработки в персональный компьютер или просто распечатывать на принтере. Одним из удобных способов обмена данными стал инфракрасный (ИК) канал стандарта IrDA<sup>а</sup>. ИК-канал встраивается в подавляющее большинство современных компьютеров, карманные компьютеры Palm, мобильные телефоны бизнес-класса, некоторые модели принтеров и многие другие приборы. Кроме того, при разработке различного рода систем сбора и обработки данных может встать задача создания собственного уникального канала передачи данных, и в ряде случаев использова-

Рисунок 8



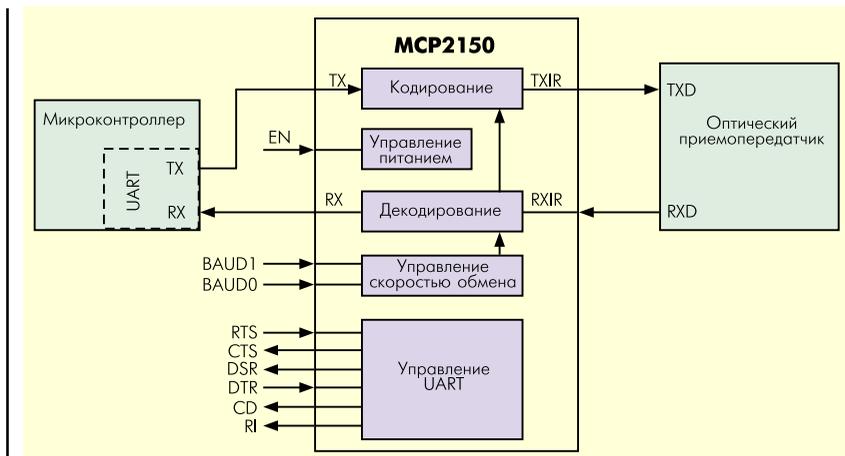
ИК-кодер/декодер MCP2120

ние беспроводного ИК-канала оказывается предпочтительней использования проводного или радиочастотного каналов связи.

Фирма MICROCHIP выпускает семейство малогабаритных ИК-контроллеров MCP21XX, с помощью которых

пульсы для надёжного и скоростного ИК-соединения, потребляя менее 1 мА при напряжении питания 3,3 В и тактовой частоте 8 МГц. Микросхема MCP2120 имеет программный и аппаратный механизмы переключения скоростей передачи данных, вплоть до 115,2 Кбод по стандарту IrDA<sup>а</sup> или до 312,5 Кбод (при тактовой частоте 20 МГц). Предусмотрен режим SLEEP.

Другая микросхема этого семейства — коммуникационный ИК-контроллер MCP2150 (рис. 9) может не только передавать и принимать данные, но и является простейшим и наиболее дешёвым решением для встраивания стандартного ИК-канала передачи данных IrDA<sup>а</sup> в систему. В кристалл на аппаратном уровне встроена поддержка

Рисунок 9 ИК-контроллер MCP2150 с поддержкой IrDA<sup>а</sup>

возможна не только быстрая разработка устройств с поддержкой ИК-канала, но и быстрая доработка уже существующих изделий и систем, особенно если в них был предусмотрен последовательный канал передачи данных, например RS232.

В семейство входят малогабаритный ИК-кодер/декодер MCP2120 (14 выводов) и коммуникационный ИК-контроллер MCP2150 (18 выводов), поддерживающий IrDA<sup>а</sup>-стандарт. Обе микросхемы являются высокопроизводительным, недорогим и микропотребляющим решением для поддержки стандарта IrDA<sup>а</sup>.

Полностью статическая микросхема кодера/декодера MCP2120 (рис. 8) может быть использована с любым UART и стандартным ИК-приёмопередатчиком для организации связи по ИК-каналу.

MCP2120 переводит поток данных последовательного порта UART в им-

IrLAP, IrLMP, IAS, TinyTP и IrComm уровней протокола IrDA<sup>а</sup>. Также содержится кодер/декодер из UART в IrDA<sup>а</sup>, встроена система контроля CRC. Поддерживаются несколько скоростей передачи данных вплоть до 115,2 Кбод, переключе-

Рисунок 10

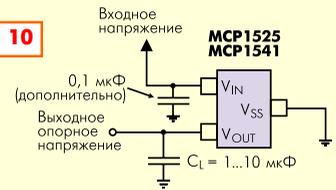


Схема включения ИС опорного напряжения MCP15XX

чаемых как аппаратно, так и программно.

Для быстрого освоения микросхем выпускается специальный комплект разработчика MCP2120/MCP2150 Developer's Kit (DM163008), включающий всё необходимое для ознакомления и создания систем с ИК-каналом передачи данных.

Микросхемы MCP2120 выпускаются в 14-выводных корпусах PDIP и SOIC, а MCP2150 — в 20-выводных SSOP и 18-выводных PDIP и SOIC.

## ИСТОЧНИКИ ОПОРНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Для правильной и точной работы всех преобразователей, конвертирующих аналоговые сигналы в цифровые и обратно, необходим качественный источник опорного напряжения. В предыдущей статье мы уже рассказывали о встроенных в микроконтроллеры MICROCHIP источниках опорного напряжения. Ещё одна аналоговая новика фирмы MICROCHIP — это семейство отдельных микросхем маломощных интегральных источников опорного напряжения MCP15XX. Последние две цифры в обозначении ИС указывают номинал выходного напряжения: MCP1525 — 2,5 В и MCP1541 — 4,096 В. Основными отличительными свойствами нового семейства следует назвать малый собствен-



**MICROCHIP**

E-mail: [microchip@aogamma.spb.su](mailto:microchip@aogamma.spb.su)

Санкт-Петербург: (812)325-5115	Белоруссия: 375(17)284-4333
Москва: (095) 963-9601	
Москва: (095)718-8405	Украина: (0562)360-792
Новосибирск: (3832)462-923	

ный ток потребления, отличную нагрузочную способность и высокую точность, что делает привлекательным их применение в системах сбора данных, охранно-пожарных датчиках, системах управления, устройствах с батарейным питанием и в коммуникационном оборудовании.

Типовая схема включения показана на рис. 10. Дополнительный конденсатор 0,1 мкФ рекомендуется устанавливать на плате устройства в непосредственной близости от МСР15ХХ, он предназначен для подавления высокочастотных помех по цепи питания.

Поскольку микросхемы работают в диапазонах напряжения питания 2,7...5,5 В (МСР1525) и 4,3...5,5 В (МСР1541), становится привлекательным их использование в системах с напряжениями питания 5 или 3 В, где требуется минимальная потребляемая мощность и высокая стабильность. Обе микросхемы способны отдавать в нагрузку ток до 2 мА, при собственном токе потребления — всего лишь 100 мкА. Усовершенствованная КМОП-технология изготовления и точная подстройка приборов на заводе с сохранением калибровочных значений во встроенной памяти EPROM обеспечивает максимальную начальную погрешность установки  $\pm 1\%$  и температурную стабильность 50 ppm/°C. Микросхемы МСР1525 и МСР1541 выпускаются в малогабаритных 3-выводных корпусах SOT-23 и TO-92 и предназначены для работы в диапазоне температур -40...+85°C.

Новые микросхемы прецизионных источников опорного напряжения МСР1525 и МСР1541 идеально подходят для широких областей применений, таких как системы обеспечения питанием малогабаритных переносных приборов, мобильных телефонов, коммуникационного оборудования, прецизионных источников питания, диагностического и тестового оборудования. При создании таких приборов рекомендуется обратить внимание на другие выпускаемые фирмой MICROCHIP микросхемы линейных и импульсных регуляторов напряжения, DC/DC-преобразователей, супервизоров питания, позволяющих строить любые источники питания для встраиваемых систем.