

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Сегодня, в условиях роста популярности интеллектуального электропривода, применяемого в различных отраслях промышленности, бытовой технике и специальной аппаратуре, компания Texas Instruments проводит собственную техническую политику в этой области. Новые решения ведущей фирмы сейчас востребованы отечественным пользователем, поскольку в России происходит бурное развитие систем интеллектуального электропривода, обусловленное интересом к экономии энергоресурсов и внедрением мобильных систем.

РЕШЕНИЯ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Тенденции развития управляемого электропривода направлены на повышение КПД системы при снижении её себестоимости. Очередное продвижение в этом направлении возможно при внедрении нового поколения продукции Texas Instruments – аналоговых и цифровых решений, высокопроизводительных цифровых сигнальных контроллеров, микропроцессоров с ультранизким энергопотреблением, специализированных АЦП и ЦАП, интерфейсов CAN, RS-232, RS-485, предназначенных для промышленного оборудования, станков, бортовой и автомобильной аппаратуры, бытовой техники. Аналогово-цифровые и цифроаналоговые решения Texas Instruments со стыковым интерфейсом к хост-компьютеру или к системе высшего уровня отличаются повышенной конкурентоспособностью и обеспечивают управление электродвигателями с высокими точностью и КПД. В комплекте с микросхемами и другими полупроводниковыми компонентами Texas Instruments поставляется соответствующее программное обеспечение и организует его техническую поддержку.

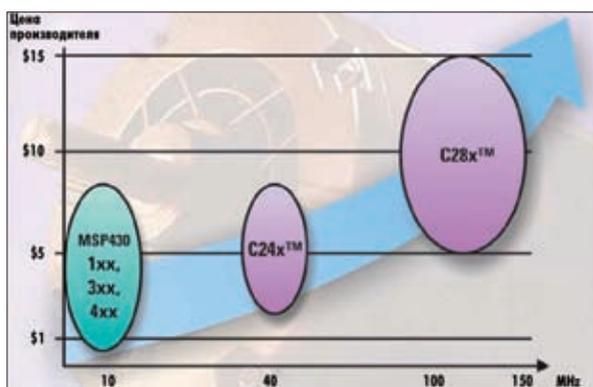


Рис. 1. Цифровые сигнальные контроллеры для управляемого электропривода. C24x и C28x – серии приборов семейства TMS320C2000



А.Лапин

К предлагаемым компанией изделиям для управляемого электропривода относятся цифровые сигнальные микроконтроллеры семейства TMS320C2000, сочетающие высокую эффективность, широкий спектр выполняемых функций и низкие цены (рис. 1). Их применение позволяет оптимизировать реактивную мощность, потребляемую электроприводом переменного тока от сети. А семейство микроконтроллеров с ультранизким потреблением MSP430 идеально для применения в 16-бит системах управления электроприводом с высокими требованиями к энергетическим параметрам.

ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

Texas Instruments предлагает полнофункциональные решения для всех типов двигателей: синхронных с постоянным током (Permanent Magnet Synchronous Motors – PMSM), асинхронных переменного тока (AC Induction – ACI), бесщёточных постоянного тока (DC Brushless – BLDC), коммутлируемых реактивных (Switched Reluctance – SR) и других.

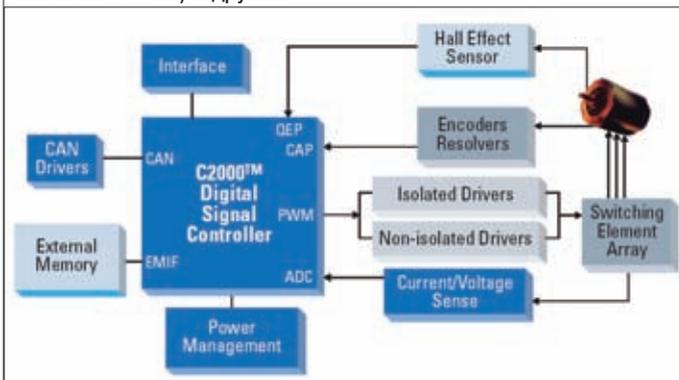


Рис. 2. Программное обеспечение управляемого электропривода: нижний уровень – монитор реального времени и BIOS; верхний уровень – целевая программа пользователя. Реализация – модульная библиотека функций, драйвера периферии и др.

Управление осуществляется с использованием обратной связи от двигателя к контроллеру. Для реализации алгоритма управления предназначен программный пакет DMCLib, в который заложена поддержка ультрабыстрых прерываний и выполнение операций чтения – модификации – записи за один цикл. Удобство работы с пакетом и его многофункциональность обеспечивают высокую

Таблица 1. Характеристики специализированных DSP-контроллеров

| Серия | Формат данных | Описание |
|----------------|---------------------|---|
| TMS320C24x DSP | 16 бит, фикс. точка | SCI, SPI, CAN, 10-бит АЦП, менеджер событий, сторожевой таймер, flash-память, 20–40 MIPS |
| TMS320C28x DSP | 32 бит, фикс. точка | SCI, SPI, CAN, 12-бит АЦП, менеджер событий, сторожевой таймер, flash-память, до 150 MIPS |

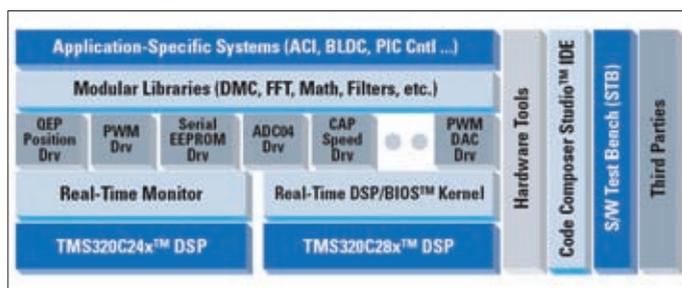


Рис.3. Управляемый электропривод. Ядро систем – цифровой сигнальный контроллер семейства TMS320C2000, работающий под управлением пользовательской программы через CAN-интерфейс. Управление электродвигателем осуществляется через гальваноразвязанную или негальваноразвязанную силовую часть. В цепь обратной связи от двигателя к контроллеру входит схема на основе датчика Холла, энкодера и цепи контроля напряжения питания двигателя. Узел Power Management контролирует питание системы для отработки аварийных ситуаций (запоминание текущего состояния, приведение механической части в безопасное состояние)

скорость разработки пользовательского ПО и системы в целом, а также их модификацию, что очень важно для современных рыночных условий (рис.2) [1].

Микросхемы контроллеров компании Texas Instruments для управляемого электропривода базируются на запатентованной технологии цифровых сигнальных контроллеров C2000, отвечающих критериям микросхем класса система на кристалле с высокой степенью интеграции периферийных устройств и памяти, что позволяет уменьшить число используемых компонентов и площадь микросхемы при одновременном снижении ее стоимости. Их применение облегчает наличие встроенных АЦП и специализированной периферии.

Производительность, низкое энергопотребление, гибкость в применении – основные свойства 16/32-бит сигнальных микроконтроллеров семейства TMS320C2000 (табл.1), делающие их идеальным вариантом для реализации автоматизированных управляемых электроприводов распределённых систем управления промышленного и специального назначения (рис.2,3).

НЕДОРОГИЕ СИГНАЛЬНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 150 MIPS ИМЕННО ДЛЯ ВАШЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ

TMS320F2810, TMS320F2811 и TMS320F2812 (рис.4) – первые промышленные 32-бит микроконтроллеры с возможностью использования внешней flash-памяти и с производительностью до 150 MIPS. Серия C28x – мировой лидер на рынке изделий для высококачественных сложных управляемых электро-

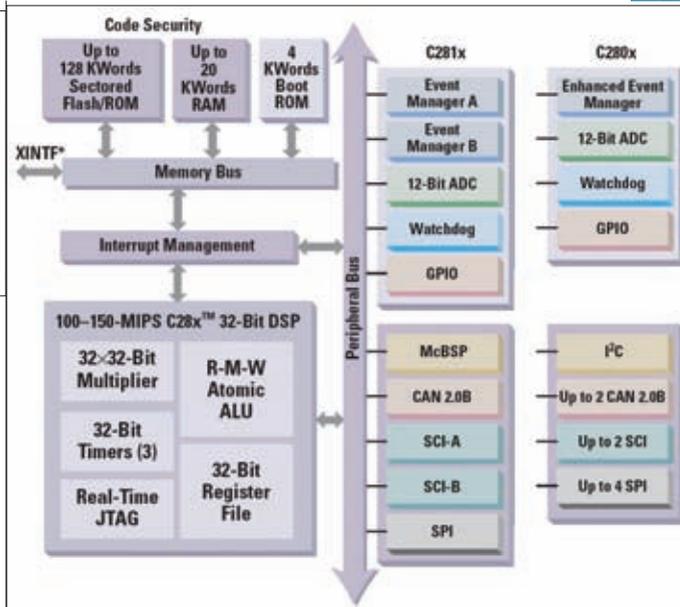


Рис.4. Структурная схема цифровых сигнальных контроллеров TMS320C28x

приводов. Характеристики микроконтроллеров серии оптимизированы именно для этого приложения. Предусмотрена поддержка обратной связи через датчики в условиях работы электропривода в распределённой системе управления (см. рис.3). Учитываются современные требования к регулированию фактора мощности. Программирование выполняется на языке C/C++, обеспечивающем генерацию высокоэффективного кода прикладной программы.

Микросхемы серии TMS320C24x (рис.5) – 16-бит микроконтроллеры, предназначенные для недорогих систем высокоэффективного управляемого электропривода с отличными массогабаритными характеристиками. Производительность 20–40 MIPS наряду с встроенной flash-памятью позволяет реализовывать сложные алгоритмы управления. Благодаря этому разработчики могут использовать более эффективные двигатели меньших габаритов, предоставляя заказчикам высокопроизводительные, энергосберегающие, "тихие" системы. Микросхемы серии – лидеры на рынке по соотношению цена/качество.

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ РАЗРАБОТЧИКА. РАСШИРЕНИЯ

Компания Texas Instruments предлагает полнофункциональные инструменты для разработчиков автоматизированного электро-

Таблица 2. Специализированные программные решения [3]

| Система | Двигатель | Датчики | Описание | C24x | C28x |
|---------|-----------------------------|---------|--|------|------|
| ACI1--1 | Однофазный переменного тока | Да | Тахогенератор, VHz/SinePWM/Closed Loop Speed PID | Да | Нет |
| ACI3-1 | Трёхфазный переменного тока | Да | Тахогенератор, VHz/SinePWM/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| ACI3-2 | Трёхфазный переменного тока | Нет | MRAS (Датчик скорости), VHz/SinePWM/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| ACI3-3 | Трёхфазный переменного тока | Да | Тахогенератор, FOS/SinePWM/Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| ACI3--4 | переменного тока | Нет | Датчик скорости, FOC/Sine PWM/Closed Loop Current PID for D, Q/losed Loop Speed PID | Да | Да |
| PMSM3-1 | Трёхфазный синхронный | Да | QEP, FOC/Sine PWM/Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| PMSM3-2 | Трёхфазный синхронный | Нет | Sliding Mode Observer, Датчик положения, FOC/Sine PWM/Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| PMSM3-3 | Трёхфазный синхронный | Да | Резольвер, FOC/Sine PWM/Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Нет | Да |
| PMSM3-4 | Трёхфазный синхронный | Да | QEP, FOC, управление положением | Нет | Да |
| BLDC3-1 | Трёхфазный синхронный | Да | Датчики Холла, Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| BLDC3-2 | Трёхфазный синхронный | Нет | Датчик нулевого положения, Closed Loop Current PID for D, Q/Closed Loop Speed PID | Да | Да |
| DCmotor | DC, щётчный | Да | Управление скоростью и положением | Нет | Да |

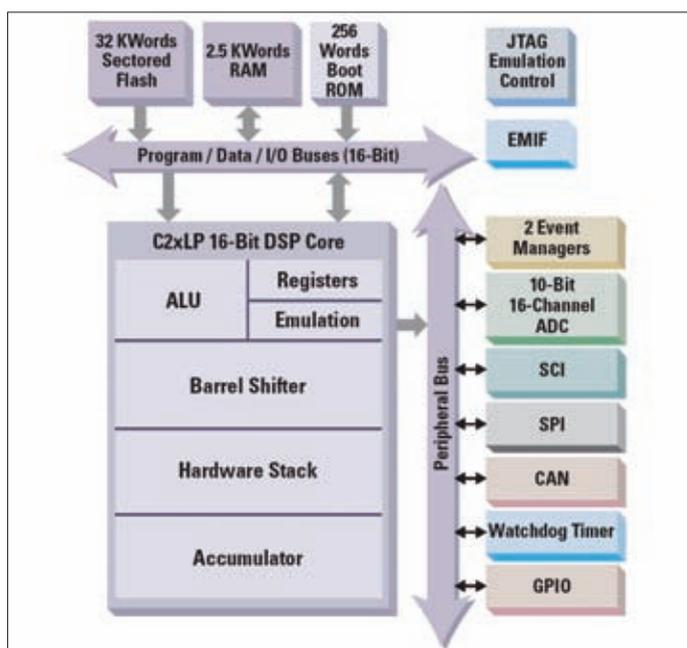


Рис.5. Блок-схема цифрового сигнального контроллера TMS320LF2407A, входящего в серию TMS320C24

привода (табл.2, 3) [2]. К ним относятся такие инструментальные средства, как:

- плата контроллера электродвигателя DM1500, совместимая с комплектом разработчика LF2407 и F2812eZdsp Starter Kit (рис.6). Предусмотрен цифровой ввод-вывод с гальваноразвязкой. Силовые цепи постоянного тока рассчитаны на номинальное напряжение 350 В и номинальный ток 5 А (1 А в импульсе). Поддерживает двигатели ACI, BLDC, SR;
- плата контроллера электродвигателя DMC550 (рис.7), совместимая с комплектом разработчика LF2407 и F2812eZdsp Starter Kit. Силовые цепи постоянного тока рассчитаны на напряжение 24 В и ток 2,5 А. Поддерживает двигатели BLDC.

Стартовые комплекты и платы-прототипы позволяют быстро внедрять системы управления на базе микроконтроллеров семейства C2000 в уникальное оборудование, надёжно и быстро разрабатывать серийное оборудование.

О стабильности и популярности продукции TI свидетельствуют представленные на рынке совместимые продукты независимых производителей (табл.4) [4].

Таблица 3. Инструменты разработчика [4]

| Наименование | Обозначение | Описание |
|--|----------------------------|--|
| LF240A eZdsp | TMDSEZD2401/TMDSEZD2401-0E | Code Composer Studio™ v2.21 DSK version |
| LF2407A EVM Development Bundle | TMDS3P70106A/TMDS3P70106AE | Code Composer Studio (CCStudio) v2.2, XDS510PP+ |
| LF2407 eZdsp | TMDSEZD2407/TMDSEZD2407-0E | CCStudio v2.21 DSK version |
| F2812 eZdsp | TMDSEZD2812/TMDXEZD2812-E | CCStudio v2.12 DSK version |
| F2812 eZdsp (DSP in Socket) | TMDSEZS2812/TMDXEZS2812-0E | CCStudio v2.12 DSK version |
| R2812 eZdsp Starter Kit | TMDXEZR2812/TMDXEZR2812-0E | CCStudio, USB cable, 256-Kbit socket EEPROM |
| DMC1500 | Spectrum Digital 701228/9 | Платформа драйвера для двигателей ACI/BLDC, SR |
| DMC550 | Spectrum Digital 701230 | Платформа драйвера для двигателей BLDC |
| F2812 – комплект средств проектирования с эмулятором XDS510PP+ | TMDSEVP2812/TMDXEVP2812-0E | F2812 eZdsp (DSP in socket), CCStudio v2.2, XDS510PP+ |
| F2812 – комплект средств проектирования с USB-эмулятором | TMDSEVU2812/TMDXEVU2812-0E | F2812 eZdsp (DSP in socket), CCStudio v2.2, XDS510™ USB Emulator |

СИГНАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С УЛЬТРАЗВУКНОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ СЕМЕЙСТВА MSP430

Микроконтроллеры с ультранизкой потребляемой мощностью семейства MSP430 содержат 16-бит RISC-процессорное ядро обработки смешанного сигнала и различные наборы периферийных устройств, обеспечивающих выполнение требований конкретных приложений. Микропроцессоры семейства представляют собой систему на кристалле, предназначенную для измерительных систем с батарейным питанием, их основное назначение – анализ аналоговых и дискретных сигналов и управление исполнительными устройствами. Гибкий генератор с цифровым управлением позволяет переходить из состояния ожидания в высокопроизводительный активный режим обработки сигнала менее чем за 6 мкс.



Рис.6. Стартовый комплект eZdsp DSP Starter Kit



Рис.7. Плата контроллера электродвигателя DMC550

Самым высоким уровнем интеграции аналоговых устройств в сочетании с наименьшим в промышленности энергопотреблением отличаются микросхемы серий MSP430F43x/MSP430F44x, представляющие собой завершённую систему на кристалле со встроенной flash-памятью [5].

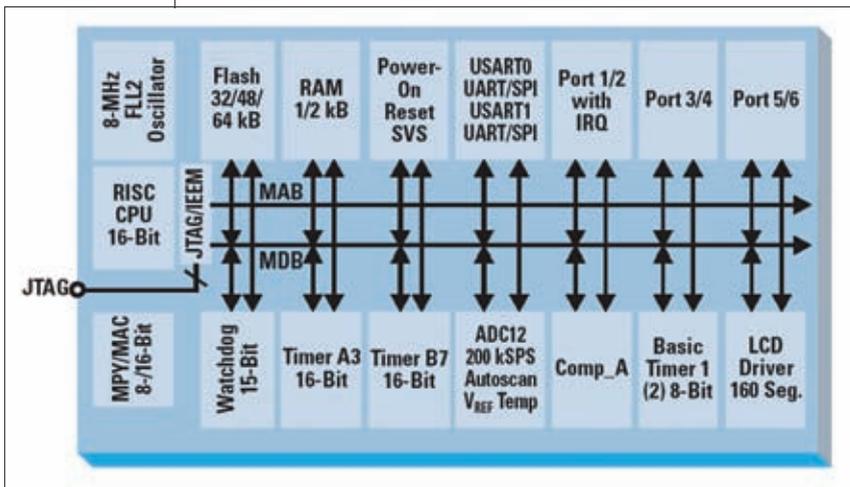


Рис.8. Структурная схема цифрового сигнального контроллера MSP430F449



Таблица 5. Характеристики микроконтроллеров семейства MSP430

| Наименование* | Flash-память программ, Кбайт | Объем ОЗУ, Кбайт | Дискретный ввод/вывод, бит | Драйвер ЖКД (число сегментов дисплея) | Сторожевой таймер, 16 бит | Число каналов 16-бит таймера, В | USART, число каналов | І ² C | SVS | Сброс | MPY | Компаратор | АЦП | Число каналов 12-бит ЦАП | Корпус | |
|---------------|------------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|-----|-------|-----|------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| MSP430F1101A | 1 | 128 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430C1101 | 1 | 128 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430F1111A | 2 | 128 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430C1111 | 2 | 128 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430F1121A | 4 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430C1121 | 4 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | - | - | + | Slope | - | 20DGV, DW, PW, 24RGE | |
| MSP430F1122 | 4 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | + | - | - | 10-бит, 8 каналов | - | 20DW, PW, 32RHB | |
| MSP430C1122 | 4 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | + | - | - | | - | - | 20DW, PW |
| MSP430F1132 | 8 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | + | - | - | | - | - | 20DW, PW, 32RHB |
| MSP430C1132 | 8 | 256 | 14 | - | + | - | - | - | - | + | - | - | | - | - | 20DW, PW |
| MSP430F122 | 4 | 256 | 22 | - | + | - | 1 | - | - | - | - | + | Slope | - | 28DW, PW, 32RHB | |
| MSP430F123 | 8 | 256 | 22 | - | + | - | 1 | - | - | - | - | + | Slope | - | 28DW, PW, 32RHB | |
| MSP430F1222 | 4 | 256 | 22 | - | + | - | 1 | - | - | + | - | - | 10-бит, 8 каналов | - | 28DW, PW, 32RHB | |
| MSP430F1232 | 8 | 256 | 22 | - | + | - | 1 | - | - | + | - | - | 10-бит, 8 каналов | - | 28DW, PW, 32RHB | |
| MSP430F133 | 8 | 256 | 48 | - | + | 3 | 1 | - | - | - | - | + | 12-бит, 8 каналов | - | 64PM, RTD, PAG | |
| MSP430C1331 | 8 | 256 | 48 | - | + | 3 | 1 | - | - | - | - | + | slope | - | 64PM, RTD | |
| MSP430F135 | 16 | 512 | 48 | - | + | 3 | 1 | - | - | - | - | + | 12-бит, 8 каналов | - | 64PM, RTD, PAG | |
| MSP430C1351 | 16 | 512 | 48 | - | + | 3 | 1 | - | - | - | - | + | Slope | - | 64PM, RTD | |
| MSP430F147 | 32 | 1024 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | 12-бит, 8 каналов | - | 64PM, RTD, PAG | |
| MSP430F1471 | 32 | 1024 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | Slope | - | 64PM, RTD | |
| MSP430F148 | 48 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | 12-бит, 8 каналов | - | 64PM, RTD, PAG | |
| MSP430F1481 | 48 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | Slope | - | 64PM, RTD | |
| MSP430F149 | 60 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | 12-бит, 8 каналов | - | 64PM, RTD, PAG | |
| MSP430F1491 | 60 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | - | - | - | + | + | Slope | - | 64PM, RTD | |
| MSP430F155 | 16 | 512 | 48 | - | + | 3 | 1 | + | + | + | - | + | 12-бит, 8 каналов | 2 | 64PM | |
| MSP430F156 | 24 | 1024 | 48 | - | + | 3 | 1 | + | + | + | - | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F157 | 32 | 1024 | 48 | - | + | 3 | 1 | + | + | + | - | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F167 | 32 | 1024 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F168 | 48 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F169 | 60 | 2048 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F1610 | 32 | 5120 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F1611 | 48 | 10240 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F1612 | 55 | 5120 | 48 | - | + | 7 | 2 | + | + | + | + | + | | 2 | 64PM | |
| MSP430F412 | 4 | 256 | 48 | +(96) | + | - | - | - | + | + | - | + | | Slope | - | 64PM, RTD |
| MSP430C412 | 4 | 256 | 48 | +(96) | + | - | - | - | + | + | - | + | - | | - | 64PM, RTD |
| MSP430F413 | 8 | 256 | 48 | +(96) | + | - | - | - | + | + | - | + | - | | - | 64PM, RTD |
| MSP430C413 | 8 | 256 | 48 | +(96) | + | - | - | - | + | + | - | + | - | | - | 64PM, RTD |
| MSP430F423 | 8 | 256 | 14 | +(128) | + | - | 1 | - | + | + | - | - | 16-бит, 3 канала** | - | 64PM | |
| MSP430F425 | 16 | 512 | 14 | +(128) | + | - | 1 | - | + | + | - | - | | - | - | 64PM |
| MSP430F427 | 32 | 1024 | 14 | +(128) | + | - | 1 | - | + | + | - | - | | - | - | 64PM |
| MSP430F435 | 16 | 512 | 48 | +(128/160) | + | 3 | 1 | - | + | + | - | + | 12-бит, 8 каналов | - | 80PN, 100PZ | |
| MSP430F436 | 24 | 1024 | 48 | +(128/160) | + | 3 | 1 | - | + | + | - | + | | - | - | 80PN, 100PZ |
| MSP430F437 | 32 | 1024 | 48 | +(128/160) | + | 3 | 1 | - | + | + | - | + | | - | - | 80PN, 100PZ |
| MSP430F447 | 32 | 1024 | 48 | +(160) | + | 7 | 2 | - | + | + | + | + | | - | - | 100PZ |
| MSP430F448 | 48 | 2048 | 48 | +(160) | + | 7 | 2 | - | + | + | + | + | | - | - | 100PZ |
| MSP430F449 | 60 | 2048 | 48 | +(160) | + | 7 | 2 | - | + | + | + | + | | - | - | 100PZ |

Примечание: * С – для приборов с памятью программ на ПЗУ, F – для приборов с flash-памятью программ. ** Сигма-дельта АЦП.

Таблица 4. Некоторые совместимые с TMS320C24х/С28х продукты независимых производителей [5]

| Фирма | Категория продукта | Продукт |
|-------------------------|------------------------------------|---|
| Softronic | Инструментальные платы и эмуляторы | Эмуляторы, целевые платы, Flash-комплект |
| Spectrum Digital | Инструментальные платы и эмуляторы | Эмуляторы, оценочные платы, макетные платы |
| Technosoft | Инструментальные платы и алгоритмы | Разработчик цифровых систем управления электродвигателями, комплект проектирования |
| International Rectifier | Инструментальные платы | Система проектирования iNTERO |
| NFO Control AB | Инструментальные платы | Услуги по разработке аппаратных и программных средств |
| Hyperception | Графическая среда разработки | RIDE, VAB |
| MathWorks | Графическая среда разработки | MATLAB, SIMULINK, комплекты проектировщика |
| Visual Solutions | Графическая среда разработки | VisSim™ – высокоскоростная программа создания опытного образца на базе DSP-микроконтроллеров C2000 компании Texas Instruments |
| ML Electronics | Инженерный сервис | Разработка аппаратных и программных средств |
| Aria Controls | Инженерный сервис | Разработка аппаратных и программных средств |
| Wiley Electronics | Инженерный сервис | Библиотеки и платы управления двигателями |
| d3 Engineering | Инженерный сервис | Разработка аппаратных и программных средств |
| Port GmbH | CAN-драйвера | ANSI-C пакет драйвера CANopen |
| Schmidhauser AG | CAN-драйвера | Dynamic Transverse Controller, ACS Servo Controller |
| Vector CANtech | CAN-драйвера | Комплекты программ для изготовителей сложного автомобильного оборудования |
| ETAS | Операционные системы | OSEK-compliant |
| Pumpkin | Операционные системы | Salvo |
| Windmill Innovations | Инструментальные платы и Ethernet | TCP/IP Stack |
| National Instruments | Графическая среда разработки | LabVIEW |
| Data I/O | Программирование Flash-памяти | Программаторы |
| BP Microsystems | Программирование Flash-памяти | Программаторы |

Flash-микроконтроллер MSP430F449 (рис.8), входящий в серию, характеризуется самой низкой потребляемой энергией для решений система на кристалле и предназначен для реализации встроенных средств сбора и отображения данных в промышленных приложениях. Микросхема MSP430F449 содержит высокопроизводительный микроконтроллер (200 Квыборок/с), 12-бит АЦП и драйвер ЖК-дисплея. 16-бит RISC-процессор позволяет реализовывать новые приложения с минимальным увеличением размера кода. В состав микросхемы входят также flash-память программ и данных емкостью 60 Кбайт и 256 байт, соответственно, и ОЗУ емкостью 2 Кбайт. Программируемая в системе flash-память программ позволяет вносить изме-

нения в код "в последнюю минуту" и модернизировать устройство в условиях эксплуатации. Потребляемый ток микросхемы не превышает 1 мкА (в "спящем" режиме), что и обеспечивает экономию ресурса батарей [6].

Flash-микроконтроллер MSP430F169 – первая в промышленности микросхема на основе процессорного ядра с ультранизким энергопотреблением, позволяющим реализовать систему на кристалле, предназначенную для оборудования с батарейным питанием (рис.9). При напряжении питания 2,2 В ток, потребляемый в активном режиме, составляет 330 мкА, в режиме ожидания – 1,1 мкА, в нерабочем режиме – 0,2 мкА. В состав микросхемы входят 8-канальный 16-бит АЦП с производительностью 2000 Квыборок/с, компаратор, таймер, два порта UART-интерфейса, порт I²C-интерфейса, 16-бит аппаратный умножитель (удобный для спектрального анализа и других приложений), супервизор напряжения питания. Для вывода аналоговых данных в её состав включён двухканальный ЦАП. Объем flash-памяти программ и данных 60К и 256 байт, соответственно, ОЗУ – 2 Кбайт. Обмен массивами данных обеспечивает встроенный контроллер прямого доступа к памяти [7].

Микросхема идеально подходит для приложений с ограничениями по потребляемой мощности, массогабаритным характеристикам, себестоимости.

Контроллеры семейства MSP430 могут быть укомплектованы эмулятором flash-памяти MSP-FET430 Flash Emulation Tool, который содержит эмулятор памяти реального времени (через интерфейс JTAG), все необходимые кабели и переходники, а также программное обеспечение (ассемблер, линкер, симулятор, C-компилятор, табл. 5).

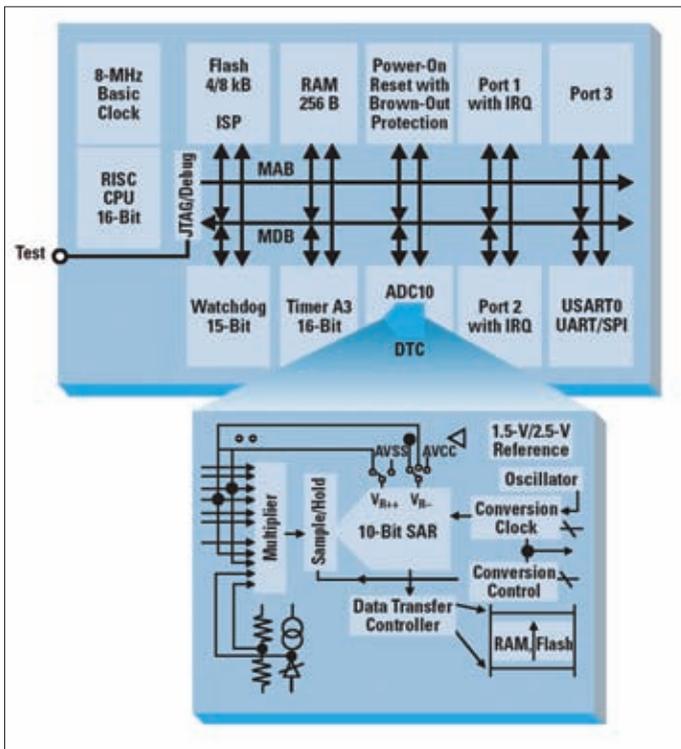


Рис. 9. Структурная схема цифрового сигнального контроллера MSP430F169

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ti.com/2000dmclib
2. www.ti.com/c2000appsw
3. www.ti.com/mcdevboards
4. www.ti.com/3dparty
5. www.ti.com/sc/device/msp430
6. www.ti.com/sc/device/msp430f449
7. www.ti.com/sc/device/msp430f169