

Роман Иванов (г. Санкт-Петербург)

## MSP430 VALUE LINE: 16 БИТ ПО ЦЕНЕ 8 БИТ!



*Семейство **MSP430 Value Line** предоставляет разработчику производительность **16-битного микроконтроллера** по цене **восьмибитного**; в результате получаем мощный инструмент для работы с аналоговыми и цифровыми сигналами при сверхнизком потреблении и с широким набором встроенных периферийных модулей: **I<sup>2</sup>C, SPI и UART**.*

**В** 1999 году компания Texas Instruments (TI) представила первый микроконтроллер серии **MSP430**. При создании семейства основной упор был сделан на низкое энергопотребление, являющееся основополагающим фактором при выборе микроконтроллера для устройств с батарейным питанием. Ключевым отличием семейства MSP430 является возможность тактировать любой модуль периферии асинхронно от ядра, что позволяет гибко управлять скоростью (а значит и потреблением) каждого модуля.

В настоящий момент Texas Instruments серийно выпускает семейство микроконтроллеров MSP430, которое способно удовлетворить требования самого взыскательного разработчика. Применяя микроконтроллеры MSP430, разработчики получают мощный инструмент для работы с аналоговыми и цифровыми сигналами при сверхнизком потреблении энергии батареи. Энергии литиевой батареи достаточно для питания прибора в течение пяти лет.

### Value Line

Для продвижения MSP430 в сегмент рынка 8-битных микроконтроллеров компания TI в 2010 году представила новую линейку микроконтроллеров **Value Line**, которые сочетают в себе производительность 16-битного контроллера и лучшие характеристики энергопотребления при цене, сопоставимой с ценой недорогих 8-битных решений. При стартовой цене 34 цента микроконтроллеры Value Line позволяют пользователям 8-битных контроллеров отказаться от необходимости жертвовать производительностью, энергоэффективностью или масштабируемостью ради минимизации цены изделия.

Микроконтроллеры полностью совместимы по коду со всем семейством

MSP430, что позволит портировать имеющийся код.

Рынок 8-битных микроконтроллеров весьма обширен. Многие производители контроллеров имеют в своих активах 8-битные решения. Основные конкуренты MSP430 Value Line:

- Atmel: MegaAVR, TinyAVR, 8051 Microcontroller Devices;
- Microchip: PIC10, PIC12, PIC16, PIC18;
- Freescale: RS08, HCS08, HC11, HC08, HC05;
- Renesas: RL78, 78K, R8C.

Линейка микроконтроллеров MSP430 Value Line условно поделена на три подгруппы: **G2xx1, G2xx2 и G2xx3** (табл. 1). Для заказа в настоящий момент доступны контроллеры G2xx1 и G2xx2. Выпуск микроконтроллеров G2xx3 планируется в ближайшее время.

### Архитектура микроконтроллера

Микроконтроллеры имеют стандартную архитектуру MSP430 (рис. 1) и могут работать на частоте до 16 МГц (реальная производительность до 16 MIPS). Объем встроенной Flash-памяти достигает 16 Кбайт, а SRAM — до 512 байт.

16-разрядная архитектура позволяет получить до 50% выше плотность кода по сравнению с 8-битными устройствами аналогичной стоимости, в результате чего предоставляется возможность реализовывать более сложные алгоритмы и увеличивается общее быстродействие системы за счет меньшего количества команд на одну и ту же операцию. Например, если требуется выполнение 16-разрядной математики, то MSP430 осуществит вычисления в несколько раз быстрее, чем 8-разрядный микроконтроллер: большинство 8-разрядных микроконтроллеров имеют один рабочий регистр (аккумулятор), при помощи которого производятся вычисления, и по-

требуется в несколько раз больше обращений к нему, чем в случае, если бы он был 16-разрядным.

Еще одним преимуществом MSP430 является то, что один машинный цикл ядра занимает один временной такт. В таблице 1 приведены коэффициенты деления частоты задающего генератора для формирования сигналов синхронизации вычислительного ядра MSP430 и 8-битных микроконтроллеров. Как видно из таблицы 2, при одинаковой частоте тактового генератора быстродействие MSP430 будет значительно выше, чем, например, быстродействие очень популярного микроконтроллера 8051 от Atmel.

### Цифровые входы/выходы

Общее количество цифровых входов/выходов варьируется от 10 в семействе G2xx1 до 24 в семействе G2xx3. Входы/выходы сгруппированы в 8-битные порты. Каждый вывод индивидуально конфигурируется как вход или выход, и каждая линия ввода/вывода может быть индивидуально считана или записана.

Порты P1 и P2 имеют возможность вызывать прерывание. Для каждой линии ввода/вывода портов P1 и P2 можно индивидуально разрешить прерывания и сконфигурировать их так, чтобы они происходили по фронту или спаду входного сигнала. Все линии ввода/вывода порта P1 являются источником одного вектора прерывания, а все линии ввода/вывода порта P2 — источником другого вектора прерывания.

Отличительной особенностью нового семейства является наличие емкостных сенсорных устройств ввода/вывода — к обычным модулям GPIO добавлены дополнительные цепи для создания колебаний на контактах. Это позволяет разработчику отказаться от использования внешних компонентов, необходимых для создания колебаний. Появляется возможность прямого подключения емкостного датчика.

Данная особенность микроконтроллеров Value Line позволяет создавать на их основе недорогие устройства с сенсорным интерфейсом управления.

Таблица 1. Линейка микроконтроллеров MSP430 Value Line

Серия	Идентификатор	Flash, кбайт	SRAM, байт	I/O (max)	Таймеры	Таймер Watchdog	USI (I <sup>2</sup> C/SPI)	USI (I <sup>2</sup> C/SPI/UART)	АЦП (Кан./Разр.)	Комп. А+	Темпер. сенсор	Особенности	Корпус
G2xx1	MSP430G2001	0,5	128	10	1	+	–	–	–	–	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2101	1	128	10	1	+	–	–	–	–	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2121	1	128	10	1	+	+	–	–	–	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2201	2	128	10	1	+	–	–	–	–	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2221	2	128	10	1	+	+	–	–	–	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2111	1	128	10	1	+	–	–	–	+	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2211	2	128	10	1	+	–	–	–	+	–	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2131	1	128	10	1	+	+	–	8/10	–	+	–	14PW,N; 16RSA
	MSP430G2231	2	128	10	1	+	+	–	8/10	–	+	–	14PW,N; 16RSA
G2xx2	MSP430G2102	1	256	16	1	+	+	–	–	–	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2202	2	256	16	1	+	+	–	–	–	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2302	4	256	16	1	+	+	–	–	–	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2402	8	256	16	1	+	+	–	–	–	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2112	1	256	16	1	+	+	–	–	+	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2212	2	256	16	1	+	+	–	–	+	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2312	4	256	16	1	+	+	–	–	+	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2412	8	256	16	1	+	+	–	–	+	–	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2132	1	256	16	1	+	+	–	8/10	–	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2232	2	256	16	1	+	+	–	8/10	–	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2332	4	256	16	1	+	+	–	8/10	–	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2432	8	256	16	1	+	+	–	8/10	–	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2152	1	256	16	1	+	+	–	8/10	+	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2252	2	256	16	1	+	+	–	8/10	+	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
	MSP430G2352	4	256	16	1	+	+	–	8/10	+	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA
MSP430G2452	8	256	16	1	+	+	–	8/10	+	+	Емкостные I/O	14PW; 20PW,N; 16RSA	

Таблица 1. Линейка микроконтроллеров MSP430 Value Line (окончание)

G2xx3	MSP430G2203	2	256	24	2	+	–	+	–	–	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2303	4	256	24	2	+	–	+	–	–	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2403	8	512	24	2	+	–	+	–	–	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2213	2	256	24	2	+	–	+	–	+	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2313	4	256	24	2	+	–	+	–	+	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2413	8	512	24	2	+	–	+	–	+	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2513	16	512	24	2	+	–	+	–	+	–	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2133	1	256	24	2	+	–	+	8/10	–	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2233	2	256	24	2	+	–	+	8/10	–	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2333	4	256	24	2	+	–	+	8/10	–	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2433	8	512	24	2	+	–	+	8/10	–	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2533	16	512	24	2	+	–	+	8/10	–	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2153	1	256	24	2	+	–	+	8/10	+	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2253	2	256	24	2	+	–	+	8/10	+	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2353	4	256	24	2	+	–	+	8/10	+	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
	MSP430G2453	8	512	24	2	+	–	+	8/10	+	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN
MSP430G2553	16	512	24	2	+	–	+	8/10	+	+	Емкостные I/O	20PW, N; 28PW; 32QFN	

### АЦП

Для работы с аналоговыми сигналами микроконтроллер содержит встроенный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь на 8 каналов. Максимальная скорость преобразования достигает 200 ksps. Возможно использование как внутреннего, так и внешнего источника опорного напряжения. АЦП может работать в нескольких режимах: одноканальный, повторный одноканальный, последовательный и повторно-последовательный режимы преобразования.

Для автоматического переноса данных преобразования и сохранения их в памяти встроен контроллер передачи

данных (DTC). Он позволяет обрабатывать отсчеты АЦП, не нагружая ядро микроконтроллера. ЦПУ остается свободным и может решать другие задачи (рис. 2). Меньшее время, проводимое в активном режиме, позволяет MSP430 значительно экономить энергию.

DTC дает MSP430 серьезное конкурентное преимущество перед 8-разрядными контроллерами других производителей, которые требуют использования ЦПУ для каждого преобразования и передачи загруженных данных (рис. 3).

Для контроля температуры окружающей среды можно использовать встроенный температурный сенсор. На его выходе формируется напряжение в за-

висимости от окружающей температуры. Выход сенсора через мультиплексор подключается к АЦП. При использовании температурного датчика период выборки должен быть больше 30 мкс. Ошибка смещения температурного датчика может быть довольно большой, и для большинства приложений потребуется калибровка.

### Коммуникационные интерфейсы

Для реализации связи с внешними устройствами имеются стандартные коммуникационные интерфейсы: I<sup>2</sup>C, SPI и UART. Распределение интерфейсов по сериям микроконтроллеров представлено в табл. 1.

Таблица 2. Значения коэффициентов деления частоты задающего генератора для формирования сигналов синхронизации

Микроконтроллер	Коэффициент
MSP430	1
ATmega8	1
PIC18	4
8051	12

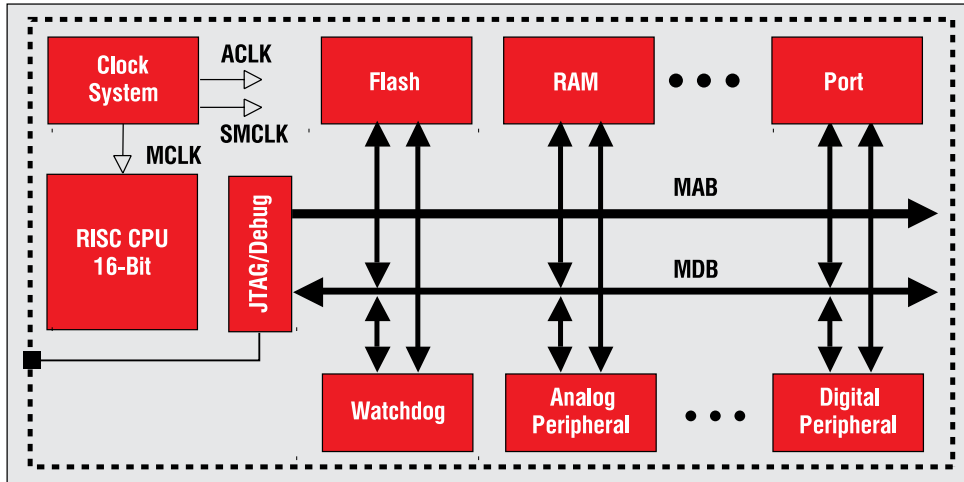


Рис. 1. Архитектура микроконтроллера MSP430

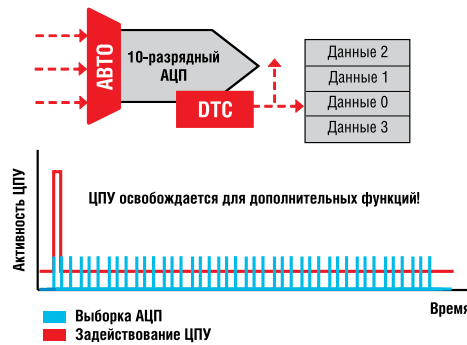


Рис. 2. Активность ЦПУ со встроенным DTC

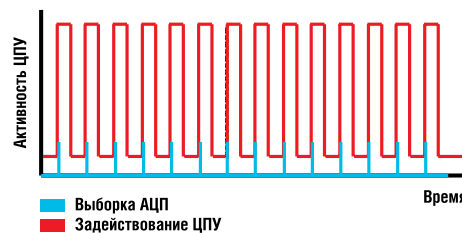


Рис. 3. Активность ЦПУ без встроенного DTC

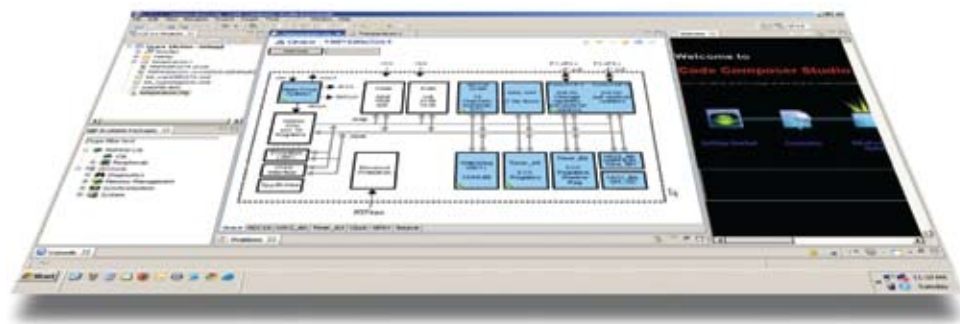


Рис. 4. Бесплатный визуальный подключаемый модуль на базе платформы Grace

UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) – один из самых распространенных интерфейсов. UART представлен в семействе G2xx3. Это самый простой способ связи микроконтроллера с компьютером. Для передачи данных в компьютер по UART используют обычный COM-порт.

I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*) представлен в семействе G2xx1 и G2xx2. I<sup>2</sup>C позволяет подключать к микроконтроллеру различного рода микросхемы (запоминающие устройства, такие, как EEPROM; Flash-память; часы реального времени; АЦП/ЦАП; другие микроконтроллеры и т.д.). Модуль I<sup>2</sup>C мо-

жет работать в режиме «Master» или «Slave».

SPI (*Serial Peripheral Interface*) представлен в семействе G2xx1 и G2xx2. Вместе с I<sup>2</sup>C он относится к наиболее широко используемым интерфейсам для соединения микросхем. Модуль SPI может работать в режиме «Master» или «Slave».

### Питание микроконтроллера

Линейка микроконтроллеров MSP430 Value Line, как и все семейство MSP430, оптимизирована для приложений с ультранизким потреблением мощности и имеет различные режимы работы. Для уменьшения потребления существует пять режимов пониженного энергопотребления: LPM0...LPM4. Минимально возможное потребление достигается в режиме LPM4 и составляет порядка 0,1 мкА.

Питающее напряжение микроконтроллера находится в широком диапазоне: 1,8...3,6 В. Потребление в активном режиме работы не превышает 300 мкА (1 МГц, 3 В).

### Отладочные средства

Выбор средств разработки достаточно велик. Микроконтроллеры Value Line поддерживаются в самых популярных средах, например, Keil и IAR. Кроме уже привычных сред можно использовать собственную среду разработки компании TI – **Code Composer Studio (CCStudio)**.

Интегральная среда разработки CCStudio включает в себя все необходимые разработчику инструменты: редактор исходных текстов, компилятор, линковщик, отладчик, симулятор, средства визуализации и целый ряд других вспомогательных инструментов. Это единый графический пользовательский интерфейс, позволяющий производить пошаговую разработку и отладку программного кода. Все инструменты интуитивно понятны и позволяют пользователям быстро начать свою разработку.

CCStudio базируется на программном обеспечении с открытым исходным кодом Eclipse. Использование этого продукта обосновано тем, что Eclipse обеспечивает очень хорошую структуру программного обеспечения, которую поддерживают многие продавцы встраиваемых решений. В CCStudio совмещаются преимущества Eclipse и лучшие решения от TI, что позволяет реализовать удобную и многофункциональную среду проектирования.

На сайте компании TI можно свободно скачать и ознакомиться с оценочной версией **CCStudio v4.x**.

Приятным бонусом к CCStudio является бесплатный визуальный подключаемый модуль на базе платформы Grace (рис. 4).

Программное обеспечение Grace легко интегрируется в цепочку инструментов и процесс разработки приложений, полностью совместимо со всеми устройствами **MSP430G2xx** и большей частью модулей **eZ430**, комплектом разработчика **LaunchPad**.

Визуальный модуль Grace позволяет разработчикам очень быстро запускать и настраивать периферийные устройства микроконтроллеров MSP430 с помощью графического интерфейса. Используя это ПО, разработчики получают готовый С-код, который автоматически устанавливает параметры регистров в АЦП, таймерах, модулях последовательной связи и других периферийных устройствах.

Упрощая процесс настройки периферийных устройств, ПО Grace позволяет разработчикам ускорить процесс разработки и избежать ошибок при конфигурировании периферии микроконтроллера.

В настоящий момент на сайте компании TI доступна для скачивания Beta-версия Grace.

Для оценки возможностей новых микроконтроллеров Value Line доступно несколько демонстрационных и отладочных комплектов.

Наиболее доступным и функциональным является набор разработчика «LaunchPad» (рис. 5).

Набор включает все аппаратные и программные средства, необходимые для начала разработки проектов на основе MSP430 Value Line.

Основные особенности и преимущества набора LaunchPad:

- DIP-панель, поддерживающая устройства с числом выводов до 20, обеспечивает возможность смены типа микроконтроллера в процессе разработки и позволяет извлекать и устанавливать запрограммированные MCUs на целевую плату или макетную плату.

- Два микроконтроллера MSP430G2xx в комплекте: MSP430G2211 и MSP430G223. На каждом МК предустановлена демонстрационная программа.

- Благодаря выведенным на контрольные точки портам микроконтроллера разработчики могут использовать кнопки, светодиоды и подключать внешние компоненты.

- Встроенный эмулятор с питанием от USB дает возможность программировать Flash-память, отлаживать программы и осуществлять последовательную передачу данных без необходимости использования внешнего эмулятора.

- Бесплатно предоставляются компиляторы и отладчики без ограничения функциональности, в том числе Code Composer Studio и IAR Embedded Workbench.



Рис. 5. Набор разработчика «LaunchPad»

Для оценки емкостных сенсорных устройств ввода/вывода предусмотрено подключение емкостного тачпада (рис. 6).

#### Заключение

В 2010 году компания TI вывела на рынок свое новое семейство микроконтроллеров MSP430 – Value Line. Пользователи получили высокопроизводительное 16-разрядное ядро RISC MSP430 и сверхнизкое энергопотребление по цене недорогих восьмиразрядных контроллеров.

Рынок восьмиразрядных микроконтроллеров весьма обширен и на нем работает довольно много производителей. Завоевание своей ниши на этом рынке не будет простым для микроконтроллеров Value Line. Но у MSP430 Value Line есть несколько существенных преимуществ:

- 16-разрядная архитектура и более высокая эффективность программного кода предоставляют больше места для



Рис. 6. Емкостной тачпад

новых функций и повышают вычислительные возможности.

- Сверхнизкое энергопотребление позволяет снижать затраты на обслуживание и увеличивает срок службы продукта.

- Интегрированный интеллектуальный 10-разрядный АЦП идеально подходит для систем сбора данных, обеспечивая более точную настройку и меньшее время отклика.

Эти преимущества позволят серии MSP430 Value Line обеспечить новые возможности для традиционных экономических восьмиразрядных систем.

Микроконтроллеры найдут применение в самых разнообразных устройствах: бытовая электроника, системы безопасности, сенсорные панели, интеллектуальные датчики.

**Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: [mcu.vesti@compel.ru](mailto:mcu.vesti@compel.ru)**

**Низкому энергопотреблению – низкая цена**

**Начни разработку прямо сейчас с **LaunchPAD****