

Сергей Пичугин, Алексей Пантелейчук (КОМПЭЛ)

## УПРАВЛЯЙТЕ ПИТАНИЕМ MSP430 – СНИЖАЙТЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ!

Для того чтобы воспользоваться преимуществами MSP430 в полном объеме и создать конкурентоспособное приложение, разработчик должен придерживаться определенных принципов: программных и аппаратных. О них и пойдет речь в этой статье.

MSP430 известны разработчикам как микроконтроллеры с рекордно низким энергопотреблением. Архитектура ядра, периферийные устройства, режимы работы, система синхронизации, система памяти этих микроконтроллеров разработаны в соответствии с принципами обеспечения максимально низкого энергопотребления и высокой производительности.

Один из основных принципов снижения энергопотребления заключается в использовании режимов низкого энергопотребления микроконтроллера (рисунок 1). Переключение между режимами осуществляется с помощью переключения битов регистров управления ЦПУ в соответствии с таблицей 1.

Приложение следует организовать таким образом, чтобы микроконтроллер максимально возможное


**TEXAS  
INSTRUMENTS**

DaVinci для видеоприложений с высоким разрешением

С момента своего появления технология DaVinci постоянно проникает в различные сегменты рынка видеоустройств. Этому способствует расширение семейства медиа-процессоров, новые представители которого специализированы под определенное применение. Процессор DM6467 представляет собой систему на кристалле, предназначенную для таких устройств, как медиа-шлюзы, цифровые медиа-адаптеры, сервера цифровых систем видеонаблюдения, IP-сет-топ-боксы.

DM6467 построен на базе ядер ARM9 и C64x+ и сопроцессора для обработки видео/изображения с высоким разрешением (HD-VICP). В состав периферийных устройств входят 10/100/1000 Ethernet, 32-бит PCI, 32/16-бит NPI, USB, 2 McASP, I<sup>2</sup>C, SPI, 3 UART, 2 модуля ШИМ и др.

Ускорить разработку HD видео устройств можно с помощью отладочной платы DM6467 Digital Video Evaluation Module (DVEVM).

время находился в режиме низкого энергопотребления с отключенным ядром и неиспользуемыми периферийными устройствами.

Выбор режимов низкого энергопотребления производится с помощью переключения битов CPUOFF, OSCOFF, SCG0 и SCG1 в регистре статуса (таблица 1). Преимущество включения битов управления CPUOFF, OSCOFF, SCG0 и SCG1 в состав регистра статуса SR состоит в том, что текущий режим работы может быть сохранен путем помещения содержимого SR в стек во время работы процедуры обработки прерывания. Выполняемая программа возвращается к предыдущему режиму работы, если сохраненное содержимое регистра SR не было изменено процедурой обработки прерывания. Выполнение программы может продолжиться в другом рабочем режиме, если процедура

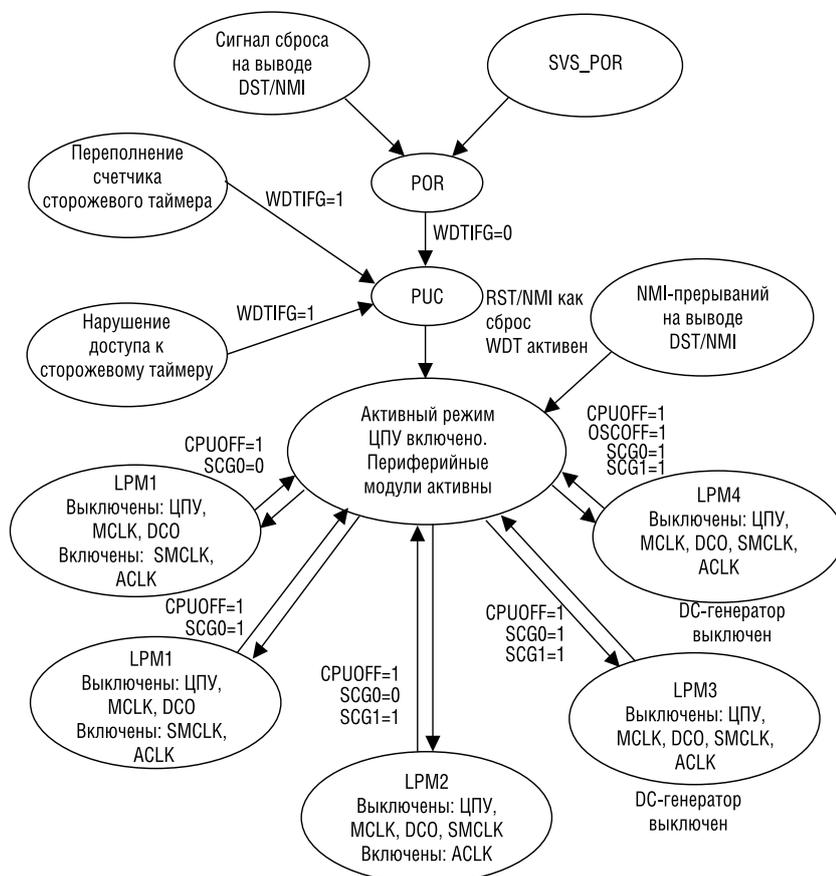


Рис. 1. Режимы работы MSP430x2xx

Таблица 1. Управление режимами работы MSP430F2xx

SCG1	SCG0	OSCOFF	CPUOFF	Режим	Состояние ЦПУ и систем тактирования
0	0	0	0	Активный	ЦПУ и все системы тактирования активны
0	0	0	1	LPM0	ЦПУ и MCLK отключены; SMCLK и ACLK активны
0	1	0	1	LPM1	ЦПУ, MCLK и DCO и DC генератор отключены, если DCO не используется для SMCLK; ACLK активен
1	0	0	1	LPM2	ЦПУ, MCLK, SMCLK, DCO отключены; DC генератор остается включенным; ACLK активно
1	1	0	1	LPM3	ЦПУ, MCLK, SMCLK, DCO отключены; DC отключен; ACLK активно
1	1	1	1	LPM4	ЦПУ и все системы тактирования отключены

обработки прерывания изменит значение SR-регистра в стеке.

При изменении любого бита управления режимами, выбранный режим работы сразу активизируется. При отключении любой системы тактирования блокируются также периферийные устройства, работающие от этой системы. Периферийные устройства также могут отключаться с помощью соответствующих им индивидуальных регистров управления. Состояние всех выводов портов ввода/вывода и ячеек ОЗУ остается неизменным. «Пробуждение» возможно через все разрешенные прерывания.

На рисунке 2 показаны типичные значения потребляемого тока микроконтроллеров семейства MSP430F2xx в различных режимах. Точные значения представлены в документации на конкретный микроконтроллер.

Из рисунка видно, что потребляемый ток в каждом из режимов зависит от напряжения питания микроконтроллера (в диапазоне от 1,8 до 3,6 В). От напряжения питания зависит также максимально достижимая производительность микроконтроллера (рисунок 3).

Получается, что для достижения максимальной производительности в активном режиме требуется обеспечить напряжение питания 3,3 В, но в режимах низкого энергопотребления, потребляемый ток уменьшается при снижении напряжения питания.

### Реализация управления питанием

Наша задача — переключать выходное напряжение регулятора по сигналу с микроконтроллера MSP430. Для реализации изменения напряжения питания MSP430 при переходе в спящий режим и обратно можно воспользоваться

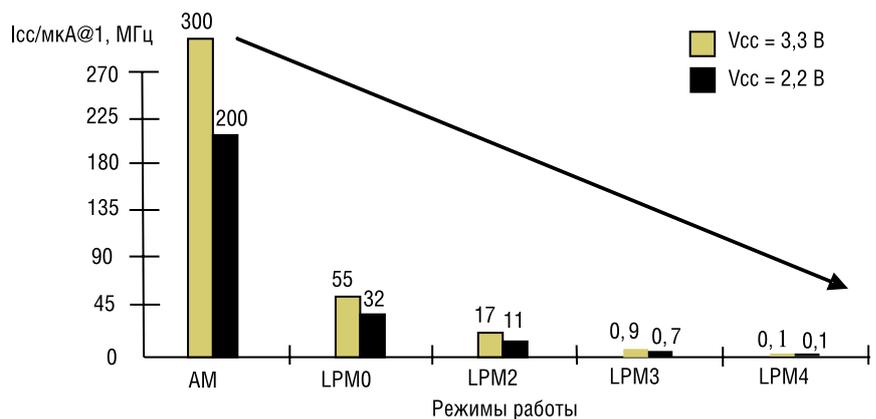


Рис. 2. Типичное энергопотребление микроконтроллеров MSP430F2xx в различных режимах

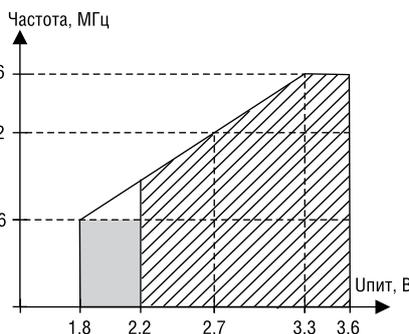


Рис. 3. Зависимость производительности MSP430 от напряжения питания

регулируемой версией понижающего линейного стабилизатора (рисунок 4).

У регулируемых стабилизаторов напряжения существует отдельный вход обратной связи. Этот вход может обозначаться как «FB» («Feed Back») или «ADJ» («Adjust»). На рисунке 4 это вывод соединен со средней точкой выходного резистивного делителя. Не важно, каким будет сам регулятор, импульсным или линейным, обратная связь по напряжению играет одну роль. От коэффициента деления пары резисторов зависит выходное напряжение, определяемое по формуле:

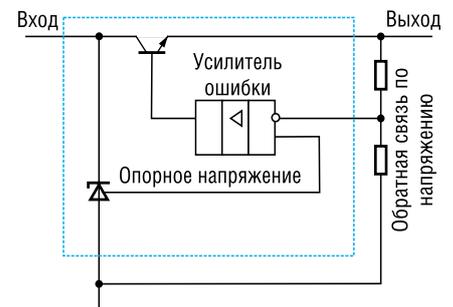


Рис. 4. Упрощенная топология понижающего линейного регулятора напряжения

$$U_{\text{вых.}} = U_{\text{опорное}} \times \left( \frac{R1}{R2} + 1 \right)$$
, где R1 — верхний резистор делителя; R2 — нижний резистор делителя (рисунок 1). Соответственно, для того чтобы увеличить выходное напряжение, достаточно уменьшить сопротивление нижнего резистора (R2 по рисунку 4). Для организации управления питанием MSP430 можно воспользоваться схемой на рисунке 5.

Для примера на схеме указан TPS71501 — низкопотребляющий регулируемый линейный регулятор напряжения. Собственный ток потребления TPS71501 составляет порядка 3,2 мкА, при этом не стоит забывать про дополнительный

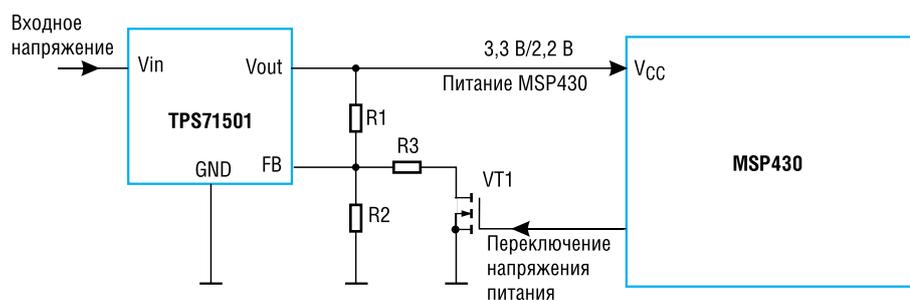


Рис. 5. Пример схемы управления собственным питанием MSP430

ток потребления через выходной резистивный делитель (R1R2R3).

При подаче напряжения на затвор полевого транзистора VT1 (установка вывода MSP430 в логическую единицу), сам транзистор открывается, и сопротивление канала сток-исток уменьшается с десятков МОм до единиц Ом. В этом случае в работу схемы включается R3, который оказывается параллельно включенным с R2. Таким образом, выходное напряжение, согласно выше указанной формуле, увеличивается. Для удобства расчета делителя по схеме на рисунке 5, установим значение  $R2 = 1,1 \text{ МОм}$  (большее значение возможно, но не рекомендуется из-за некоторого тока утечки по входу «FB» TPS71501).

• При логическом нуле на затворе VT1 (R3 не участвует,  $U_{\text{вых}} = 2,2 \text{ В}$ ):

$$R1 = R2 \times ((U_{\text{вых}} / U_{\text{опорн.}}) - 1) = 1,1 \text{ МОм} \times (2,2 \text{ В} / 1,205 \text{ В} - 1) = 910 \text{ кОм}$$

• При логической единице на затворе VT1 (R3 участвует,  $U_{\text{вых}} = 3,3 \text{ В}$ ):

$$R1 = 910 \text{ кОм}$$

$$R3 = (U_{\text{опорн.}} \times R2 \times R1) / (R2 \times (U_{\text{вых.}} - U_{\text{опорн.}}) - R1 \times U_{\text{опорн.}}) = 1 \text{ Мом}$$

Указанное значение опорного напряжения 1,205 В справедливо для TPS71501. В качестве транзистора VT1 подойдет любой маломощный полевой транзистор с управлением от логического уровня и с минимальной выходной емкостью. Возможно, также попробовать обойтись без этого транзистора, подключив R3 напрямую к выводу MSP430. В последнем случае, сигнал с MSP430 придется инвертировать, а сам вывод должен находиться в двух состояни-

ях — логический ноль или высокоимпедансное состояние (режим «вход»). В противном случае, если использовать вместо высокоимпедансного состояния логическую единицу, то необходимо будет пересчитать все резисторы делителя. Согласно рекомендациям из технического описания на TPS71501, для корректной работы обратной связи параллельно R1 потребуются включить керамический конденсатор некоторой емкости.

Относительно недавно компания Texas Instruments анонсировала специализированную серию 150 мА LDO-регуляторов для низкопотребляющих микроконтроллеров MSP430. Первое важнейшее отличие — это крайне низкий ток собственного потребления (всего **500 нА**). В настоящий момент доступны два представителя этого семейства — TPS78001 и TPS780330220. Конструктивно они выполнены в двух видах миниатюрных корпусов: TSOT23-5 и SON-6 (2x2 мм). **TPS78001** — это регулируемая версия регулятора, которая позволяет получить одно выходное напряжение в пределах от 1,22 В до 5,25 В. А у **TPS780330220** существует вторая важная особенность — наличие отдельного логического входа, реализующего функцию переключения выходного напряжения. Оба возможных уровня выходного напряжения 2,2 В и 3,3 В заданы на заводе-изготовителе и выбираются пользователем подачей соответствующего сигнала на вход «V<sub>SET</sub>». В будущем ожидается появление остальных представителей семейства TPS780VVVXXX, где VVV — первое номинальное напряжение (при V<sub>SET</sub> = 0), XXX — второе номинальное напряжение (при

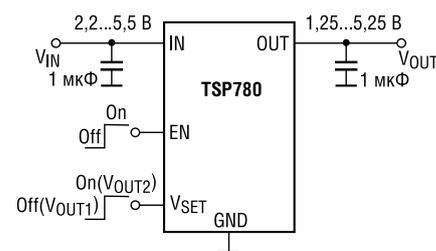


Рис. 6. Типовая схема включения TPS780VVVXXX

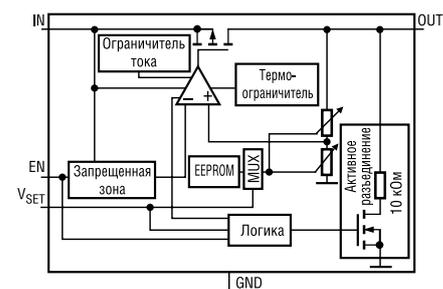


Рис. 7. Внутренняя структурная схема TPS780VVVXXX

$V_{\text{SET}} = 1$ ). На рисунках 6 и 7 можно видеть типовую схему включения и внутреннюю структуру TPS780VVVXXX соответственно.

На структурной схеме можно видеть что регулировка (изменение) выходного напряжения осуществляется при помощи внутреннего цифро-аналогового делителя в цепи обратной связи, а информация о заданных на заводе-изготовителе значениях делителя хранится во встроенной EEPROM. Таким образом, применяя новые ультранизкопотребляющие LDO-регуляторы серии TPS780VVVXXX для реализации функции переключения питания MSP430, уже отпадает необходимость в построении внешних цепей — резистивных делителей, описанных в предыдущем случае, получая при этом дополнительный выигрыш по току потребления. **5**

Ответственный за направление  
в КОМПЭЛе — Мария Рудяк

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка —  
e-mail: mcu.vesti@compel.ru