

Универсальная система питания микроконтроллера: выбор оптимального по цене варианта

Стефан ШАУЭР (Stefan SCHAUER)
epic@ti.com

При использовании микроконтроллера для реализации счетчиков различного типа особое внимание необходимо уделить источнику питания. Поскольку питание устройства осуществляется от разных источников, необходимо, чтобы применяемая схема питания могла адаптироваться к различным сценариям приложения. Обычно универсальность источника питания достигается благодаря различным схемотехническим решениям с дополнительными внешними компонентами, стоимость которых может быть значительной даже при использовании обычных диодов. При разработке таких массовых устройств, как счетчики электроэнергии, вопрос цены решения становится критичным. Поэтому задача инженера — выбор наиболее оптимального по цене варианта реализации системы питания устройства, предназначенного для массового рынка.

К разработке источника питания для системы на микроконтроллере следует подходить очень тщательно, чтобы обеспечить стабильность и надежность работы на протяжении всего срока эксплуатации изделия. В зависимости от приложения срок

эксплуатации устройства может достигать нескольких десятков лет. Основными требованиями к источнику питания являются максимальная эффективность, низкая стоимость, небольшой размер, а также устойчивость к неблагоприятным климатическим и механиче-

ским воздействиям. Некоторые устройства, осуществляющие измерения и расчеты, должны быть сертифицированы. При этом требования к качеству разработки в целом очень высоки. В частности, это касается счетчиков потребления газа, электроэнергии и воды.

Параметры таких приборов регулируются самыми жесткими нормами, что накладывает высокие требования к качеству разработки при одновременной необходимости уменьшения затрат на производство.

Наиболее высокие требования предъявляются к системе питания электрических счетчиков. Эти устройства подключаются непосредственно к сети переменного тока, в которой нередко наблюдаются перепады напряжения, различные переходные процессы и перегрузки. У таких счетчиков зачастую бывает несколько источников питания. Система управления питанием должна обеспечивать плавное переключение между главным, дополнительным и резервным источниками в случае необходимости.

В процессе обычной эксплуатации в режиме измерения при наличии доступа к сети переменного тока можно использовать один источник питания для всей системы. Однако, в зависимости от региональных требований, могут понадобиться и дополнительные источники. Одним из наиболее распространенных требований является наличие отдельного источника питания для часов реального времени (RTC) и календаря, встроенных в микроконтроллер. Такое условие обязательно для счетчиков с функцией переключе-

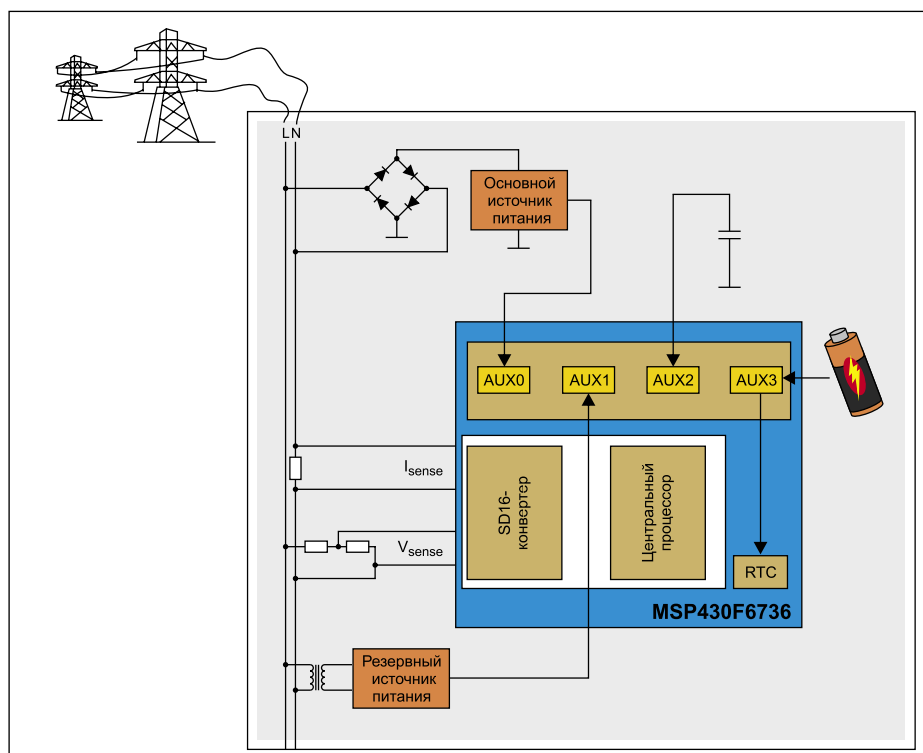


Рис. 1. Блок-схема счетчика электроэнергии на базе контроллера серии MSP430F67xx

чения тарифа, для работы которых требуется точно отслеживать текущее время. Для обеспечения бесперебойной работы часов реального времени в некоторых странах, таких как Турция и Индия, необходимо наличие независимого бесперебойного стабильного источника питания, который всегда находится во включенном состоянии.

На рис. 1 представлена блок-схема однофазного электросчетчика, подключенного к сети переменного тока. Вариант реализации источника питания определяется режимами работы измерительного устройства. Рассмотрим каждый из режимов работы, которые должен поддерживать счетчик электроэнергии.

Режим измерения. Переменное напряжение сети присутствует

Это самая распространенная схема реализации источника питания для электрических счетчиков. В этом режиме необходимый для питания системы ток потребляется прямо из сети, в которой проводятся измерения. Требования к экономичности источника питания накладывают определенные условия на вариант его реализации. Зачастую реализуется простой емкостный источник питания вместо применения громоздких и дорогостоящих трансформаторов для преобразования переменного напряжения сети в напряжение, подходящее для контроллера. Тем не менее емкостный источник целесообразно использовать, если требуемый ток системы находится ниже порога в 10–15 мА. При таком токе стоимость емкостного делителя напряжения может получиться минимальной.

Режим часов реального времени

В этом режиме питанием обеспечиваются только часы реального времени для корректного отсчета времени в секундах. Энергопотребление всей системы в этом режиме работы должно быть минимально. Для этого необходимо, чтобы все остальные периферийные узлы микроконтроллера были отключены от основного источника питания. К тому же все остальные функции программного обеспечения устройства должны быть надлежащим образом отключены, и приняты меры по их автоматическому запуску в случае необходимости.

Другое важное требование заключается в бесперебойной работе часов реального времени в течение всего срока эксплуатации счетчика. Для этого нужно, чтобы батарея для часов реального времени могла обеспечивать питание до 12 лет. Здесь может иметь место не совсем благоприятная ситуация, при которой счетчик может находиться на складе после выпуска и калибровки практически весь срок эксплуатации батареи питания, после чего может быть установлен и введен в эксплуатацию незадолго до окончания срока годности батареи.

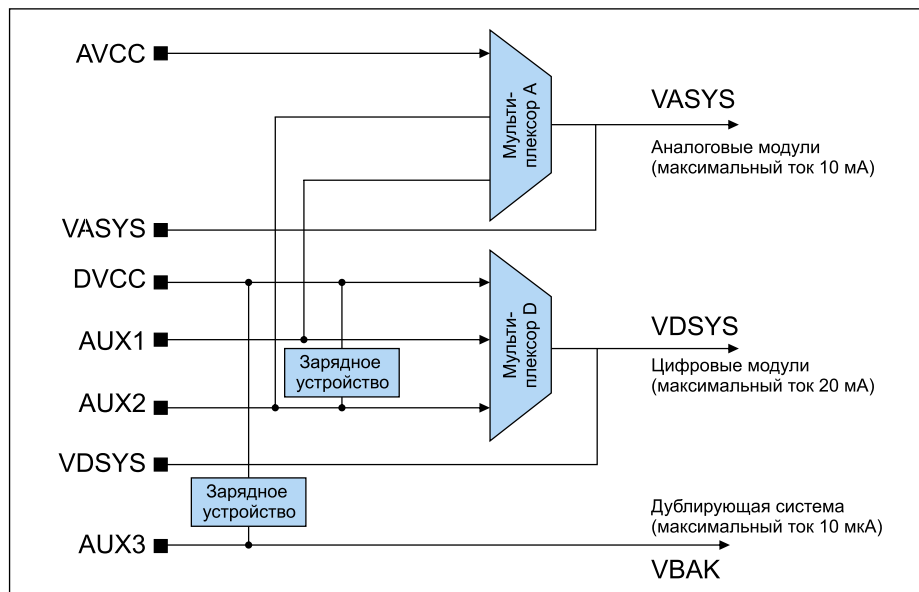


Рис. 2. Вспомогательный источник питания и система заряда микроконтроллеров семейства MSP430F67xx

Режим считывания данных. Напряжение сети отсутствует или отключено

Помимо вышеуказанных режимов, некоторые счетчики могут работать в режиме считывания данных. В этом случае энерго-снабжающая компания может получить сведения о состоянии счетчика и количестве потребленной электроэнергии даже при отсутствии напряжения в силовой сети.

Энергосберегающий режим. Период между пайкой, первым запуском и программированием

Обычно элемент резервного питания устанавливается и подключается на этапе монтажа компонентов. Первый запуск и программирование микроконтроллера будут выполнены позже. В течение этого переходного периода, когда микроконтроллер еще не запрограммирован, приложение остается выключенным, а батарея может быстро разряжаться. Тем самым существенно сокращается срок работы готового устройства, а следовательно, и срок возможного пребывания в режиме хранения. Поэтому источник питания должен быть спроектирован таким образом, чтобы предотвратить значительную потерю заряда батареи в указанный период.

Эта проблема решается благодаря встроенному вспомогательному источнику питания (AUX) в контроллерах серии MSP430F67xx и его гибкой схеме переключения. У AUX есть специальные выводы (AUX0 (DVCC), AUX1, AUX2 и AUX3) для подключения различных источников питания. Например, вход питающего напряжения AUX2 не позволит системе включиться без предварительного использования других входов. Источник питания, под-

ключенный к этому входу, не будет использоваться, пока не будет задействован другой вход питающего напряжения. Вход AUX2 может быть задействован только при условии переключения с другого, ранее использовавшегося входа — AUX0 или AUX1.

На рис. 2 представлена внутренняя структура системы управления питанием микроконтроллеров серии MSP430F67xx.

В качестве резервного источника питания можно использовать перезаряжаемые компоненты: батарею или ионистор. При использовании перезаряжаемого источника для обеспечения надежности и простоты управления система должна обладать некоторыми дополнительными функциями.

Во-первых, цепь заряда должна обеспечивать возможность заряда/разряда и сохранения энергии указанных источников. Питание цепи заряда необходимо осуществлять от главного источника питания, подключенного к DVCC. Во время заряда резервного элемента питания необходимо контролировать или ограничивать ток заряда, потребляемый от основного источника питания, во избежание критического падения напряжения этого источника. И наконец, для контроля нагрузки и защиты от перегрузок следует постоянно измерять и контролировать параметры всех источников питания. Микроконтроллеры семейства MSP430F67xx обеспечивают выполнение этих функций благодаря встроенному резистивному зарядному устройству: при этом измерение напряжения может выполняться с помощью встроенного 10-битного АЦП.

На рис. 3 представлены стандартные профили заряда и переключения системы питания AUX. DVCC считается основным источником питания. AUX1 — первый резервный источник, который может питаться от силовой сети, тогда как перезаряжаемый элемент

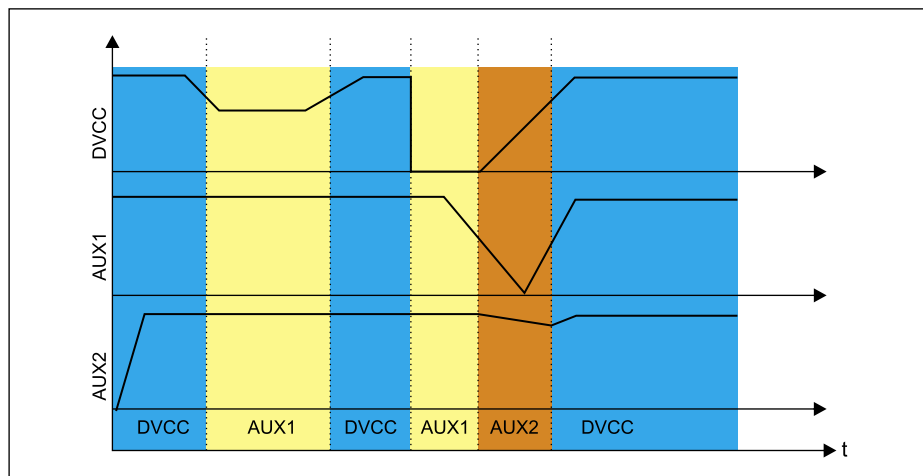


Рис. 3. Стандартная диаграмма работы зарядных устройств и переключателей

подключается к AUX2. На графике показаны некоторые сценарии, обычно происходящие в период работы приложений при изменении напряжения или полном отключении отдельных источников питания. Необходимо, чтобы всегда функционировал хотя бы один источник, способный обеспечить питанием наиболее важные узлы устройства.

Повременная система оплаты электроэнергии набирает популярность, поскольку максимальная эффективность работы электростанций обеспечивается при стабильной подаче электроэнергии в течение всего дня. С другой стороны, некоторые предприятия

нуждаются в подаче электроэнергии только в течение светлого времени суток. Для обеспечения надлежащего баланса поставщики снижают цену на электроэнергию в ночное время, и этим могут воспользоваться некоторые непромышленные предприятия и частные потребители. Такая схема в целом привлекательна для населения, заинтересованного в установке счетчиков, способных учитывать количество потребленной электроэнергии в различное время суток.

Отсюда возникает потребность в обеспечивающих точность учета часах реального времени (RTC). Поэтому необходимо, чтобы

часы реального времени работали бесперебойно в течение всего срока эксплуатации счетчика. Таким образом, для модуля часов реального времени и цепи его тактирования нужен отдельный источник питания. Дополнительная экономия возможна в случае, если часы реального времени расположены в одном корпусе с измерительной и вычислительной частью устройства и представлены в одном микроконтроллере. Правительства некоторых стран уже узаконили требования, согласно которым модуль часов реального времени должен иметь свой собственный источник питания, который не зависит от других цепей питания счетчика. Он обозначен на рис. 1 и 2 как AUX3 и входит в состав системы AUX.

Как уже отмечалось ранее, для счетчика электроэнергии необходима гибкая система электропитания, к которой предъявляется множество требований. Группа микроконтроллеров со сверхнизким уровнем энергопотребления MSP430F67xx — мощное и недорогое средство для реализации счетчиков электроэнергии. Выполнение всех необходимых функций обеспечивается благодаря встроенному вспомогательному модулю питания. Для повышения стабильности работы приложения можно использовать встроенные в микроконтроллер периферийные модули, например ADC10 для измерения или контроля подачи напряжения. Благодаря этому обеспечивается компактное и простое системное решение без многочисленных дополнительных внешних компонентов. ■