

Новые решения Linear Technology и STMicroelectronics для приборов, критичных к энергопотреблению и вычислительной мощности

Александр БОРОДУЛИН
alexander.borodulin@msk.petrointrade.ru

В статье рассказывается о применении в портативных приборах и системах с ограниченным ресурсом электропитания электронных компонентов высокой степени интеграции компаний Linear Technology и STMicroelectronics. Приведены основные современные тенденции эргономики портативных приборов и направления поиска оптимальных конструктивных решений с использованием продукции этих компаний.

Требование к энергоэффективности встраиваемых систем является следствием стремления человека к экономии материальных ресурсов, времени и денег. Технические особенности энергопотребления портативных приборов можно выразить количественно: время автономной работы и величина собственного энергопотребления. Второй параметр особенно важен в распределенных системах с наличием множества однотипных устройств, каждое из которых вносит свой вклад в суммарное энергопотребление системы. Качественно энергоэффективность прибора отражается в возможности организации его электропитания только за счет энергии окружающей среды.

Уточним, какие именно группы портативных приборов имеются в виду. Речь идет о таких типах устройств, как автономные датчики, счетчики, преобразователи интерфейсов, портативные анализаторы, считыватели, валидаторы, кассовые аппараты, персональная медицинская техника, а также всевозможные коммуникационные и мультимедийные устройства.

Рассмотрим современные тенденции эргономики портативных приборов:

- миниатюрность, легкость, необслуживаемость;
- беспроводной интерфейс передачи данных;
- защищенность от воздействия внешней среды — влаги, пыли, грязи, электрических потенциалов;
- информативный дисплей;
- оперативность получения результатов обработки информации;
- сенсорное управление режимами работы прибора;

- гибкая конфигурируемость, возможность быстрого и легкого выпуска модификаций прибора.

Как все это соединить в одном устройстве? Современная микроэлектроника нацелена на решение всех этих вопросов и готова предоставить решения на базе компонентов с высокой степенью интеграции.

Электропитание

Рассмотрим несколько решений, предлагаемых компанией Linear Technology для организации питания портативных приборов.

Для многих устройств, требующих минимальных затрат на обслуживание, актуально использование «альтернативных» источников питания. В этих целях можно применить преобразование некоторых типов энергии, доступных во внешней среде, в электрическую форму. Как правило, полученные таким преобразованием напряжения и токи недостаточны для полноценного электропитания прибора, поэтому применяют специальные схемы накопления энергии и преобразования уровней напряжения. Подобные схемы питания применимы в приложениях, имеющих средний ток потребления порядка десятков микроампер. Работа этих приложений характеризуется периодами неактивности с весьма низким током потребления (менее 1 мкА) и короткими активными периодами с более высокими токами потребления. Основное требование к источнику питания — такие импульсы тока не должны приводить к полному исчерпанию накопленного за неактивный период количества энергии.

Для преобразования энергии внешней среды в электрическую форму могут быть

использованы фотоэлектрические, пьезоэлектрические, электромагнитные, электро-механические, термоэмиссионные и другие преобразователи. Для работы с полученным от подобных преобразователей низкоэнергетическим сигналом можно использовать микросхему LTC3108, которая представляет собой контроллер питания с функцией повышающего преобразования напряжения. Используя внешний миниатюрный повышающий трансформатор и встроенный MOSFET-транзистор, микросхема формирует резонансный генератор. Такая топология позволяет преобразовывать входной сигнал с напряжением от 20 мВ в уровень, достаточный для обеспечения схем микропотребляющего приложения несколькими стабилизированными напряжениями. Частота генерации определяется индуктивностью вторичной обмотки трансформатора и обычно лежит в диапазоне 20–200 кГц. Переменное напряжение, полученное от вторичной обмотки, повышается и выпрямляется с применением схемы зарядового насоса. В отдельном конденсаторе происходит накопление энергии, которая используется для обеспечения бесперебойной работы встроенных стабилизаторов напряжения даже при отсутствии входного сигнала.

Типовая схема применения LTC3108 приведена на рис. 1.

Некоторые элементы схемы приложения могут не иметь собственных режимов управления энергопотреблением. LTC3108 позволяет отключать питание таких элементов, подключенных к выходу V_{OUT2} по сигналу V_{OUTZEN} .

Другой пример интегрального решения для накопления энергии — микросхема LTC3588, предназначенная для использования в составе источника питания с пьезоэлектрическим

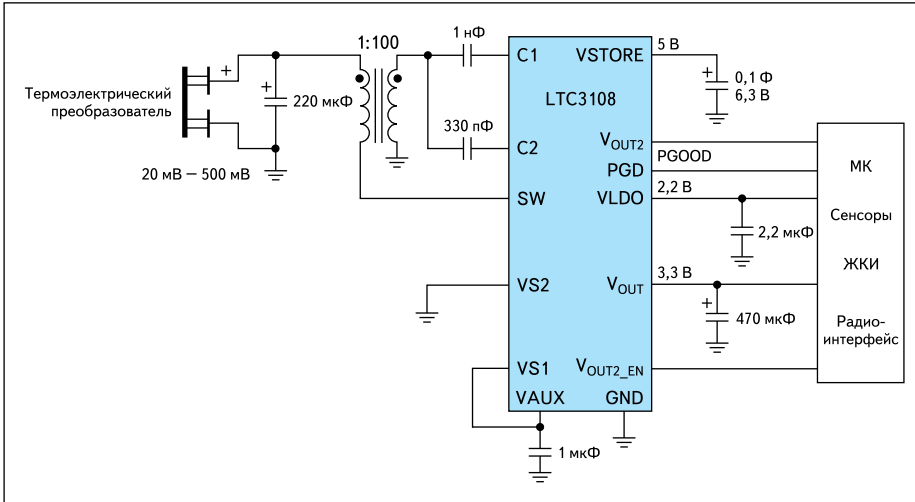


Рис. 1. Типовая схема включения LTC3108

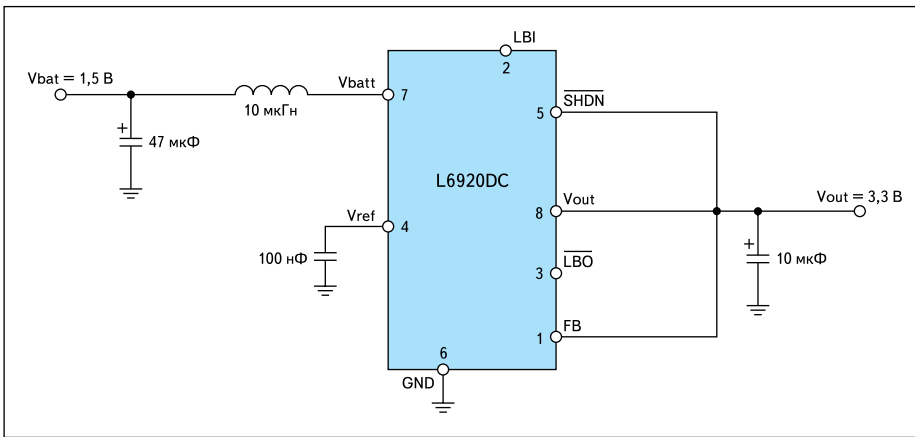


Рис. 2. Типовая схема включения L6920DC

преобразователем. LTC3588 имеет иную, чем у LTC3108, топологию преобразования энергии. Она осуществляет выпрямление входного сигнала, его ограничение и накопление энергии в конденсаторе. Внутренняя схема с ультранизким энергопотреблением контролирует уровень заряда накопительного конденсатора в широком окне гистерезиса, чтобы импульсный понижающий преобразователь мог эффективно перенести порцию запасенной энергии на выход. Понижающий преобразователь включается и выключается в зависимости от нагрузки для обеспечения стабилизации выходного напряжения и экономии электроэнергии. Номинал стабилизированного выходного напряжения конфигурируется на выбор в значениях 1,8, 2,5, 3,3 и 3,6 В, а выходной ток преобразователя напряжения может достигать 100 мА.

В приборах с питанием от одного щелочного элемента также необходимы схемы преобразования напряжения. Не секрет, что напряжение на батарее к концу ее срока службы может упасть ниже 1 В. Современные микроконтроллеры имеют напряжение питания ядра и периферийных узлов 1,6–1,8 В и используют встроенный линейный стабили-

затор напряжения. При питании микроконтроллера напряжением меньше 1,8–2 В необходим повышающий преобразователь напряжения. Существуют микроконтроллеры с интегрированным преобразователем напряжения, однако энергоэффективность подобного решения значительно уступает решению с внешним преобразователем. В качестве такового можно рекомендовать микросхему L6920DC, которая при минимуме внешних компонентов обеспечивает стабилизированное выходное напряжение, настраиваемое в диапазоне 1,8–5,5 В, и об-

ладает КПД больше 80% при токе нагрузки 100 мА. Входное напряжение микросхемы может опускаться до 0,8 В, однако даже в этих условиях она обладает весьма низким собственным энергопотреблением. Кроме этого, доступны дополнительные функции, такие как предупреждение о разряде батареи, защита от переплюсовки и дежурный энергосберегающий режим. Типовая схема применения L6920DC представлена на рис. 2.

Радиоинтерфейс

Приборы, находящиеся в выключенном состоянии или в дежурном энергосберегающем режиме, обычно не предоставляют возможности считать или перезаписать содержащуюся в них информацию. Однако такое свойство, будучи доступным, может найти множество полезных применений. Например, для оперативного изменения конфигурации приборов, активирования дополнительных функций или проведения логистических процедур в цепи поставок на складе, в магазине или на производстве. При этом, если речь идет о готовых изделиях, желательно не вынимать их из упаковки. Очень интересным решением видится использование микросхем энергонезависимой памяти EEPROM с двумя интерфейсами — стандартным I²C и беспроводным ISO15693. Подобной функциональностью обладает микросхема M24LR64 от STMicroelectronics. При работе в пассивном беспроводном режиме она питается за счет энергии внешнего электромагнитного поля считывателя, что обеспечивает указанные выше свойства прибора, в котором она применена. Для защиты от несанкционированного доступа используется уникальная схема парольной защиты. Блок-схема M24LR64 представлена на рис. 3.

Сенсорный интерфейс управления

Реализация сенсорной панели кнопок управления портативными устройствами часто наталкивается на слишком высокое энергопотребление соответствующих схемных решений. Это затруднение можно решить применением современных специализированных интегральных схем, обеспечиваю-

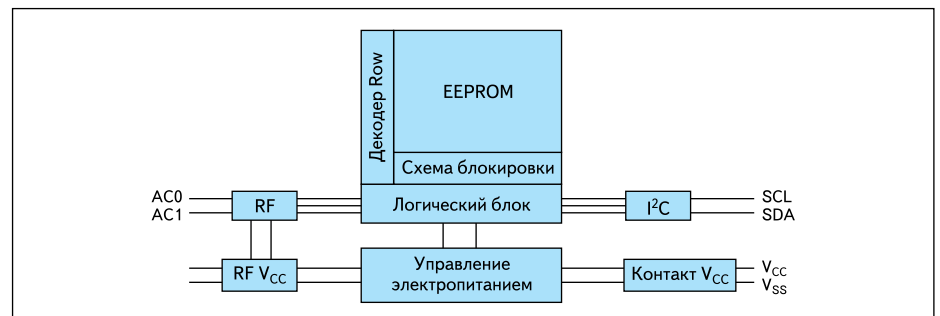


Рис. 3. Блок-схема M24LR64

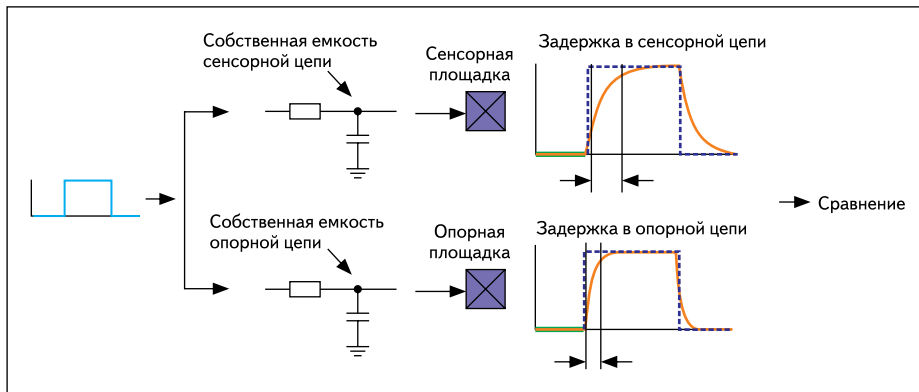


Рис. 4. Иллюстрация работы микросхемы STMPE821

щих функции сенсорного ввода информации с кнопок и областей прокрутки. Для примера можно упомянуть микросхему STMPE821 семейства S-Touch, потребляющую порядка 25 мкА в экономичном режиме и обеспечивающую при этом до 8 каналов ввода информации с сенсорных площадок. В отличие от других подобных решений, микросхемы этого семейства не требуют дополнительных внешних элементов в цепях сенсорных электродов. Автоматическая функция самокалибровки обеспечивает устойчивое определение сенсорных событий (касание пальцем, близость человеческой руки) независимо от вариаций температуры внешней среды, наличия пленок влаги, капель на защитном диэлектрическом покрытии и электромагнитных шумов. Принцип работы этих микросхем поясняет рис. 4.

Микроконтроллер

Основным потребителем электроэнергии в портативном приборе является, как правило, его вычислительная часть.

Энергопотребление современных микроконтроллеров (МК), построенных по КМОП-технологии, складывается из статической и динамической составляющих. Статическая часть связана, в основном, с токами утечек, а динамическая — с перезарядом паразитных емкостей внутри полупроводникового кристалла, она зависит от квадрата питающего напряжения и рабочей тактовой частоты. Величина обеих составляющих напрямую определяется используемой полупроводниковой технологией. Новейшая энергоэффективная технология компании STMicroelectronics нашла отражение в 8- и 32-разрядных семействах МК STM8L и STM32L. Буква «L» (ultra Low power) отличает наименования этих серий от стандартных МК STM8S и STM32F.

Семейства STM8S(L) и STM32F(L) удобны для применения в приложениях за счет сквозной внутриплатформенной совместимости и широты предложения внутри этих семейств. Некоторая совместимость наблюдается даже между платформами с раз-

личной разрядностью — STM8 и STM32. Особенно это касается периферийных узлов и программных библиотек HAL (уровня аппаратной абстракции). Подробнее это полезное свойство было рассмотрено в [1].

Оба семейства используют встроенный стабилизатор напряжения и работают при напряжении питания 1,65–3,6 В, однако имеются отличия в схемах питания и режимах энергосбережения. МК семейств STM8L и STM32L имеют также встроенный драйвер ЖКИ-дисплея.

В большинстве приложений активный режим ядра МК (RUN) используется мало, большее время МК находится в оптимальном режиме энергосбережения. МК STM32L построен на ядре ARM Cortex-M3, имеющем функции, облегчающие реализацию современных принципов энергосбережения. Ядро Cortex-M3, за счет своей высокой производительности, затрачивает на выполнение вычислительных задач малый промежуток времени, максимально увеличивая время, проводимое МК в неактивном режиме. Подсчитано, что энергоэффективность ядра Cortex-M3, выраженная в [DMIPS/мА],

лучше, чем у ядра Cortex-M0, ARM7TDMI и многих других архитектур, в том числе и 16-разрядных. Это одна из причин, почему это ядро быстро набирает популярность.

Современные МК компании ST, благодаря своей внутренней структуре, обеспечивающей надежное тактирование и устойчивую работу микропрограммы, гарантируют высокий уровень надежности и устойчивости приложению в целом. Переход с предыдущих поколений МК на современные платформы STM32 или STM8 позволяет удешевить приложение, внести в него необходимую гибкость и масштабируемость, создать задел на будущие модернизации.

Кроме таких стандартных средств энергосбережения, как внутренние микропотребляющие тактовые генераторы, селекция тактовых импульсов и раздельное тактирование периферийных узлов, в STM32L реализована дополнительная возможность уменьшения энергопотребления за счет понижения внутреннего напряжения питания.

Этот метод состоит в динамическом изменении внутреннего напряжения питания в зависимости от рабочей тактовой частоты. Характеристики этой технологии при выполнении программы из внутренней Flash-памяти приведены на рис. 5.

Часто производители МК в рекламных материалах приводят два основных параметра: минимальное статическое [мкА] и динамическое энергопотребление [мкА/МГц]. Оценивать МК только по этим двум параметрам не всегда корректно, так как существуют нюансы, которые производитель в данном случае не указывает. Более информативным способом предоставления информации по энергопотреблению является таблица режимов управления им. В табл. 1–3 собраны данные по режимам энергосбережения STM32L и STM8L, а также характеристикам тактовых генераторов STM32L.

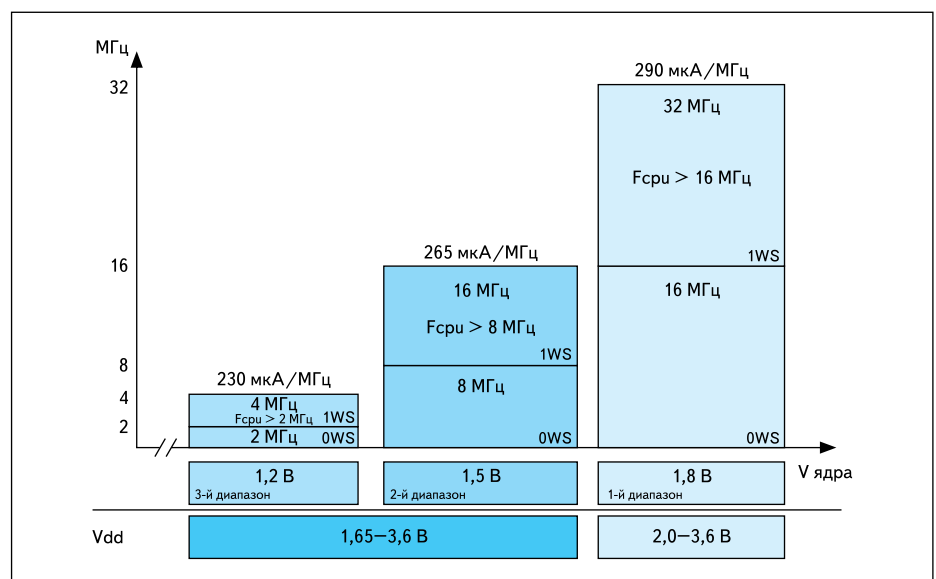


Рис. 5. Характеристики микросхемы STM32L при выполнении программы из внутренней Flash-памяти

Таблица 1. Режимы энергосбережения STM32L

Режим	Энергопотребление	Ядро	Flash/EEPROM	RAM	DMA/Периферия	Тактовый генератор	ЖКИ	RTC
Sleep	100 мкА/МГц (1 диапазон)	Нет	Вкл.	Вкл.	Активно	Любой	Доступно	
	82 мкА/МГц (2 диапазон)							
	65 мкА/МГц (3 диапазон)							
LP run	10,4 мкА (Flash выкл., 32 кГц)	Да	Вкл. или Выкл.	Вкл.	Активно	MSI	Доступно	
LP sleep	5,1 мкА (периферия выкл.)	Нет	Выкл.	Вкл.	Активно	MSI	Доступно	
	6,1 мкА (1 таймер вкл.)							
Stop with RTC	1,6 мкА (3 В)	Нет	Выкл.	Вкл.	Заморожено	LSE, LSI	Доступно	
	1,3 мкА (1,8 В)							
Stop	500 нА	Нет	Выкл.	Вкл.	Заморожено	LSE, LSI	Выкл.	Выкл.
Standby with RTC	1,3 мкА (3 В)	Выкл.	Выкл.	Выкл.	Выкл.	LSE, LSI	Выкл.	Вкл.
	1 мкА (1,8 В)							
Standby	270 нА	Выкл.	Выкл.	Выкл.	Выкл.	LSE, LSI	Выкл.	Выкл.

Таблица 2. Характеристики источников тактирования STM32L

Источник тактирования	Использование	Частота	Типовое энергопотребление	Точность	Подстройка на заводе	Подстройка пользователем
HSE	Master clock (+RTC и ЖКИ)	1–24 МГц	0,5–0,7 мА	Зависит от кристалла, до десятков ppm	Не применимо	
LSE	RTC и ЖКИ	32,768 кГц типовая	0,45 мкА (1,8 В) 0,6 мкА (3 В)	Зависит от кристалла, до нескольких ppm	Да	Да
HSI	Master clock	16 МГц	100 мкА	1% типовая	Да	Да
MSI	Master clock	64 кГц, 128 кГц, 256 кГц, 512 кГц, 1,02 МГц, 2,1 МГц, 4,1 МГц	0,6 мкА, 0,9 мкА, 1,4 мкА, 2,2 мкА, 4 мкА, 7 мкА, 12 мкА	TBD	Да	Да
LSI	RTC, ЖКИ и независимый WDG	38 кГц	0,4 мкА (3 В)	±30–50%	Нет	Нет, но fLSI может быть измерена

Таблица 3. Режимы энергосбережения STM8L

Режим	Вход в режим	Функционирование							Энергопотребление	
		Ядро	Периферия	Высоко-частотный генератор	RTC календарь	LSI LSE	Flash	RAM	STM8L типовое при 3 В/25 °С	STM8L типовое при 3 В/85 °С
LP run	Программная последовательность	Вкл.	Может быть использована	Выкл.	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	5,4 мкА	6,8 мкА
LP wait	Программная последовательность + WFE	Выкл.	Может быть использована	Выкл.	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	3,3 мкА	4,4 мкА
Active-halt с полным RTC	Halt	Выкл.			Вкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	1 мкА*	1,4 мкА*
Active-halt с RTC на LSI					Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	0,8 мкА*	1,2 мкА*
Halt					Выкл.	Выкл.	Выкл.	Вкл.	0,4 мкА*	1 мкА*

Примечание. * внутренний источник опорного напряжения и BOR выключены.

Особенностью топологии питания некоторых приложений бывает плавное (до десятков секунд) нарастание и/или спад питающего напряжения или, наоборот, слишком короткое время установления напряжения питания. В таких приложениях важны надежность и качество функционирования внутренней схемы МК и, в частности, их схемы сброса. Другим важным параметром, который обычно не приводится в технических спецификациях на МК, является энергопотребление МК при напряжении питания ниже уровня начала функционирования схемы сброса. МК STM32L и STM8L, по заявлениям производителя, гарантируют от подобных затруднений благодаря схемотехническим и технологическим решениям, использованным при разработке этих семейств.

Немаловажный фактор эффективного использования режимов энергосбережения — время готовности АЦП после выхода из дежурного режима и то, насколько его работе можно доверять при этом. В МК STM32L

и STM8L используется АЦП последовательного приближения с перераспределением емкостного заряда. Величина разрешения АЦП конфигурируется в зависимости от требуемой скорости преобразований. Благодаря своей внутренней структуре преобразователь

не нуждается в калибровке и выходит в состояние готовности к работе за 3,5 мкс. Такой функционал позволяет, к примеру, менее чем за 10 мкс осуществить 6 преобразований и сразу отключить АЦП для экономии электроэнергии. Если проводить подобную операцию с частотой 1 кГц, то среднее энергопотребление АЦП составит менее 10,5 мкА.

Более подробно с деталями номенклатуры и функциональными особенностями семейств STM32L и STM8L можно познакомиться на сайте STMicroelectronics в разделе «Микроконтроллеры» [6].

Выводы

Благодаря успехам микроэлектроники становится возможным создание устройств с выдающимися характеристиками и функциональными параметрами. Достигнутый новый баланс между энергопотреблением и скоростью выполнения возложенных на встраиваемую систему задач предоставляет возможности для разработки систем с очень высокими эксплуатационными качествами. Современные микроконтроллеры и интегральные схемы предоставляют высокий уровень гибкости в системе, что позволяет разработчику выполнять тонкую настройку параметров энергопотребления и производительности, получая качественные результаты. Все это, вместе с коротким периодом выведения продукта на рынок, обеспечиваемым исчерпывающей технической поддержкой производителя, позволяет разработчику достигать новых творческих горизонтов в своей работе.

Литература

1. STM8 и STM32 — объединенное пространство 8- и 32-разрядных микроконтроллеров // Компоненты и технологии. 2009. № 10.
2. AN3193 STM32L15x ultralow power features overview.
3. AN3147 STM8L family power management.
4. STM8L15x reference manual, datasheet.
5. STM32L15x databrief.
6. www.st.com/mcu