

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СХЕМ СО СВЕРХНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Карташов А. А., Журавлёв В. И.

Кафедра систем управления, кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: kartashow1998@gmail.com, vadzh@bsuir.by

*Рассматриваются основные способы оптимизации энергоэффективности микроконтроллеров для схем со сверхнизким энергопотреблением, их достоинства и недостатки.*

## ВВЕДЕНИЕ

Приложения со сверхнизким энергопотреблением требуют оптимизации энергопотребления на всех уровнях, от архитектуры микроконтроллера до программного уровня. Оптимальные платформы для разработки эффективных архитектур с одноэлементным питанием могут позволить создавать компактные устройства с наименьшими затратами и максимальной энергоэффективностью [1].

Фактическое потребление энергии в течение всего срока службы устройства – это оценка как среднего, так и пикового энергопотребления. Наиболее эффективными являются следующие методы, используемые в схемах с низким энергопотреблением:

- Эффективное преобразование напряжения;
- Режимы повышения и низкого тока;
- «Умное» управление батареями;
- Дополнительный микроконтроллер.

### I. ЭФФЕКТИВНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Многие решения со сверхнизким энергопотреблением переходят на архитектуру с одним аккумулятором, чтобы снизить стоимость, размер и вес устройства [2].

Использование источника питания с одним элементом – перспективный вариант, поскольку он упрощает механику держателя батарей и улучшает массогабаритные параметры изделия.

В то время как напряжение от одного элемента батареи обычно находится в диапазоне от 1,2 В до 1,5 В при полной зарядке, элементы могут упасть ниже 1 В, сохраняя при этом значительное количество полезной энергии. Для управления двигателями, светодиодами и даже самим микроконтроллером от одной ячейки требуется регулятор для повышения доступного напряжения до соответствующих уровней.

Современные микроконтроллеры семейства AVR имеют встроенный стабилизатор, который может повышать напряжение до 0,7 В (рис.1), что позволяет продолжать разрядку ближе к исчерпанию резервов элемента.

Интегрированный стабилизатор обеспечивает ток холостого хода 1 мкА (типичный), автоматический запуск при появлении достаточного напряжения и поддержку большинства аккумуляторных технологий. Это позволяет использовать 1,6 В щелочные, 1,5 В литий-ионные, 1,4 В цинковые и 1,2 В NiMH и NiCd, аккумуляторы.

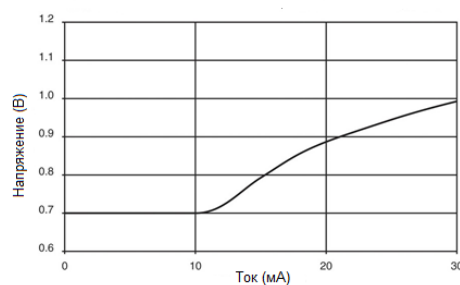


Рис. 1 – Регулирование входного напряжения

### II. РЕЖИМЫ ПОВЫШЕНИЯ И НИЗКОГО ТОКА

Высокая токовая нагрузка без схемы внешнего привода также важна для многих приложений. К примеру, повышающий регулятор микроконтроллера ATtiny43U может регулировать ток до 30 мА, что позволяет напрямую управлять светодиодами высокой яркости и небольшими двигателями. На рисунке 2 показана эффективность преобразования ATtiny43U для определенных токов нагрузки в зависимости от оставшегося заряда.

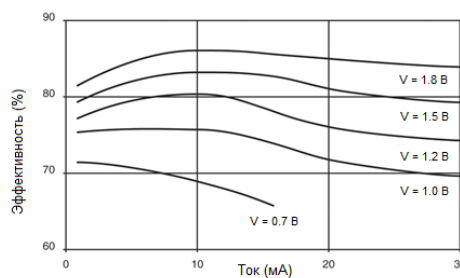


Рис. 2 – Зависимость эффективности токов нагрузки от входного напряжения

Для сохранения эффективности микроконтроллер должен поддерживать несколько режи-

мов работы. Когда устройству требуется высокий ток и строго регулируемое напряжение питания, микроконтроллер и регулятор будут работать в регулируемом режиме[3]. Когда двигатели или другие периферийные устройства не используются, а ток нагрузки падает ниже 0,6 мА, регулятор автоматически переключается в режим низкого тока, выполняя более эффективное преобразование мощности.

Кроме того, при малых нагрузках или при отсутствии нагрузки преобразователь в регулируемом режиме периодически достигает нижнего предела рабочего цикла. При автоматическом переходе в режим низкого тока преобразователь прекращает переключение и снижает потребление тока до минимума, оставаясь при этом активным.

### III. «УМНОЕ» УПРАВЛЕНИЕ БАТАРЕЯМИ

Аккумуляторные батареи требуют тщательного мониторинга и контроля заряда в установленных пределах для обеспечения безопасного использования и оптимального срока службы. Аккумуляторы разного химического состава имеют разные пороги напряжения, до которых их можно безопасно заряжать и разряжать.

Предустановленная программа ATtiny43U может контролировать напряжение батареи с помощью встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и решать, когда перейти в режим остановки, таким образом полностью разряжая одноразовые батареи, обеспечивая при этом максимальный срок службы аккумуляторных элементов в течение нескольких циклов перезарядки[4].

Хотя автоматическое отключение микроконтроллера защищает перезаряжаемые элементы, резкое отключение питания может быть неприемлемым с точки зрения приложения. Например, внезапное выключение камеры сделает объектив незащищенным и уязвимым. Использование АЦП для измерения напряжения батареи через регулярные промежутки времени дает приложению возможность привести устройства в безопасную конфигурацию перед выключением.

### IV. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕР

Добавленный в электрическую схему в качестве вторичного процессора микроконтроллер может контролировать такие задачи как:

- обновление дисплея,
- проверка нажатий на клавиатуру,
- «умное» управление батареями.

Использование микроконтроллера таким образом позволяет основному процессору дольше оставаться в спящем режиме без перерывов, что приводит к существенной экономии энергии.

Для микроконтроллеров со сверхнизким энергопотреблением также требуется несколько спящих режимов. Например, программа мониторинга датчика может отслеживать температуру, пока она не превысит пороговое значение. Поддержание работы микроконтроллера в активном режиме во время мониторинга потребляет больше энергии, чем это действительно необходимо. Поддержка различных спящих режимов, которые позволяют отключать различные части устройства, обеспечит лучшее энергосбережение.

### Выводы

Микроконтроллеры, объединяющие встроенный регулятор напряжения с настраиваемыми режимами, эффективно устраняют разрыв между минимальным напряжением питания микроконтроллера и выходными напряжениями стандартных технологий одноэлементных батарей, позволяя минимизировать энергопотребление в зависимости от доступных условий нагрузки и напряжения батареи. Имея только одну батарею, отсутствие внешнего регулятора, способность разряжать ячейки до 0,7 В и высокую емкость по току для светодиодов и небольших двигателей, можно создавать компактные, экономичные устройства с батарейным питанием, которые обладают сверхнизким энергопотреблением.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nikolov H., System-Level Design Methodology for Streaming Multi-Processor Embedded Systems, ISBN 978-90-9024163-0, 2009
2. Optimizing Microcontroller Power Efficiency for Ultra Low Power Designs, Jukka Eskelinen, tinyAVR Marketing Director Kim Meyer, FAE, 2009
3. Andrew Piziali, Functional Verification Coverage Measurement and Analysis, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2004
4. ATtiny43U - Complete Datasheet, Atmel Corporation, 2012