

# Маломощные микроконтроллеры C8051F96x для построения эффективных счётчиков газа и воды

Публикуется с разрешения CHIP NEWS Украина (<http://www.chipnews.com.ua>)

**Руслан Скрышевский (Киев, Украина)**

**В данной статье идёт речь об усовершенствовании автономных счётчиков газа и воды с использованием новой серии микроконтроллеров C8051F96x компании Silicon Laboratories.**

Одним из направлений использования электронных водяных и газовых счётчиков являются встроенные системы мониторинга с радиочастотной совместимостью. Основной проблемой при эксплуатации этих счётчиков является обеспечение продолжительного срока автономной работы от батареи, т.к. электросеть переменного тока к ним не подводится. Ожидаемый срок эксплуатации батареи для таких систем превышает 20 лет. Это требование объясняется тем, что вызов технолога может обойтись дороже стоимости самого счётчика. Поэтому практически во всех счётчиках воды и газа используются литий-тионил-хлоридные батареи (LiSOCL2). Однако у этих батарей есть существенный недостаток – их дороговизна (1,5 \$/Ач).

Многие поставщики «интеллектуальных счётчиков» разбивают свою продукцию по коммуникационным диапазонам. В их системах фиксированное число счётчиков посылает информацию об использовании и затратах транслятору, вмонтированному в стоечную опору через субгигагерцовую радиосеть. Транслятор собирает

информацию и передаёт её обратно коммунальной организации через сетевой модем или канал обратного транзита. Один репитер может поддерживать примерно 1000 узловых счётчиков. Однако стоимость репитера может быть в 10 – 100 раз больше, чем стоимость одного счётчика. Поставщики счётчиков часто сталкиваются с требованием заказчиков уменьшить число репитеров в заданной сети. Этого можно добиться улучшением надёжности звена передачи.

Существует множество способов экономии питания передатчика. Наиболее очевидным решением является увеличение выходной мощности передатчика за счёт использования усилителя мощности (УМ). Это выгодно, если говорить о сроке эксплуатации батареи. Другим вариантом является улучшение протокола для минимизации числа пропущенных сообщений и последующих ретрансляций. Хотя этот метод и будет уступать по мощности подходу с УМ, но такая технология на 40% лучше существующих решений по экономии питания.

При переработке конструкции интеллектуального счётчика необходимо учитывать три требования:

- установить на 40% большую мощность передатчика, чтобы увеличить дальность связи;
- сохранить существующий размер и ёмкость (3650 мАч) батареи LiSOCL2;
- сохранить существующий срок службы батареи (20 лет).

Стратегия очевидна: увеличить мощность передатчика, не увеличивая общей мощности устройства. Однако это отразится на других функциях: приёме сигнала, ресурсах активного режима и режиме сна. На рис. 1а показан стандартный ресурс мощности, на рис. 1б – целевой ресурс после изменения дидейна интеллектуального счётчика.

## СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ C8051F96X

Семейство микроконтроллеров C8051F96x – это маломощное современное решение для встроенных систем с высокой чувствительностью, используемое устройствами, питаемыми от батарей, и устройствами с электроэнергией, полученной экологически чистым методом. C8051F96x может работать совместно с приёмопередатчиком EZRadioPRO(R) Silicon Labs в субгигагерцовом диапазоне.

Направления применения микроконтроллеров C8051F96x:

- системы безопасности;
- детекторы дыма;
- датчики температуры и системы давления;
- датчики движения;
- контроль «утилит»;
- счётчики.

Уникальной особенностью микроконтроллеров C8051F96x является наличие встроенного управляющего DC/DC-преобразователя, который преобразовывает напряжения эффективнее, чем линейный стабилизатор напряжения, не влияя на производительность системы.



Рис. 1. Диаграммы стандартного бюджета мощности (а) и целевого ресурса мощности для «смарт»-счётчика (б)

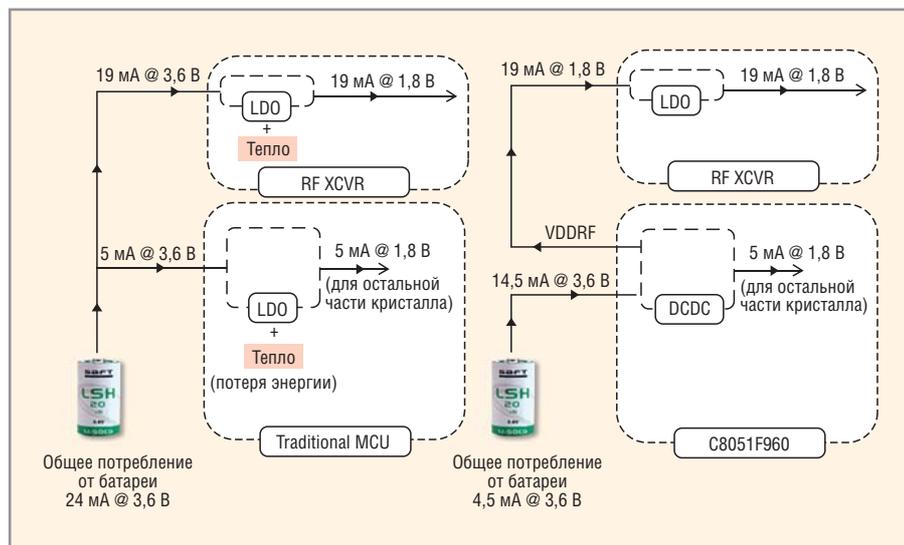


Рис. 2. Сравнение КПД традиционных микроконтроллеров и C8051F960x

Сравнение КПД традиционных микроконтроллеров и усовершенствованных C8051F960 показано на рисунке 2. Используя этот метод, мы можем существенно уменьшить ресурс питания для приёмника:

$$I_{dd}(\text{батареи}) = \frac{I_{dd(xcvr)} \times 1,8}{3,6V \times 85\% \text{КПД}} \rightarrow$$

$$I_{dd}(\text{батареи}) = 62,5\% I_{dd(xcvr)}$$

Другими словами, потребляемый от батареи ток радиоприёмника составляет 62,5% от того, что использовал бы понижающий DC/DC-преобразователь (в отличие от использования просто LDO).

**Основные характеристики C8051F96x**

Параметры	Значения
Количество входов/выходов	57
Диапазон напряжений питания, В	1,8...3,8
Типы поддерживаемых интерфейсов	SMBus™ (совместимый с I <sup>2</sup> C™), 2 × SPI™, UART
Количество и разрядность таймеров	Четыре 16-битных таймера общего назначения
Объёмы встроенной Flash-памяти, Кб	128, 64, 32, 16
Объём RAM-памяти, Кб	До 8
Быстродействие АЦП при разной разрядности	75 Квыб/с для 12 разрядов, 300 Квыб/с для 10 разрядов
Токи потребления при напряжении питания 3 В	В активном режиме 110 мкА/МГц, разрешён режим DC/DC
	В режиме сна: 110 нА с сохранением энергии, разрешён режим контроля сигнала сброса при включении питания (POR)
	В режиме сна с RTC: 400 нА (внутренний LFO)
	В режиме сна с RTC: 700 нА (внешний XTAL)
Температура эксплуатации, °C	-40...+85
Типы поддерживаемых корпусов	76-DQFN (6 × 6 мм), 40-QFN (6 × 6 мм), 80-QFP (12 × 12 мм)
Другие характеристики	Высокоскоростное совместимое с 8051 ядро (до 25 миллионов команд за секунду)
	Встроенный высокоскоростной неинтрузивный (работающий без сбоев) интерфейсный отладчик
	16 внешних аналоговых входов
	4 внутренних аналоговых входа
	6-битное программируемое значение тока
	Прецизионный программируемый внутренний генератор на 24 МГц с технологией широкополосного спектра
	Аппаратное обеспечение: AES, DMA и счётчик импульсов
	Ультранизкая мощность потребления
	Два компаратора с низким током
Наличие встроенного управляющего DC/DC-преобразователя	

Основные характеристики семейства микроконтроллеров C8051F96x приведены в таблице, а блок-схема – на рисунке 3.

Основные задачи, для решения которых были разработаны микроконтроллеры C8051F96x:

- уменьшение времени активного режима;
- уменьшение мощности режима бездействия;
- улучшение КПД при передаче энергии от батареи к системе.

Рассмотрим, каким образом они были реализованы.

**УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ В АКТИВНОМ РЕЖИМЕ**

Основными функциями контроля над потреблением мощности для счётчиков газа или воды являются:

- проверка положения герконового реле (20 раз в секунду) для вычисления потока;
- формирование каждые 15 с пакета радиоинформации и её передача на радиопередатчик.

Для уменьшения потребления питания и времени работы в активном режиме у микроконтроллеров C8051F96x можно выделить такие функции:

- AES (Advanced Encryption Standard – симметричный алгоритм блочного шифрования) модулей аппаратного шифрования/дешифрования, быстродействие которого в 500 раз выше, чем та же функция в программном обеспечении;
- аппаратная реализация для циклического избыточного кода (Cyclic Redundancy Code), позволяющая генерировать CRC за такое же время, как и в программном обеспечении;
- аппаратная реализация «Манчестерский кодер и декодер 3 из 6» для спецификации M-Bus, обеспечивающая линейные переходы напряжения прямо пропорционально частоте и помогающая восстановить импульс. Использование этого периферийного модуля значительно повышает эффективность кодирования информации;
- прямой доступ к памяти (DMA – Direct Memory Access), позволяющий микроконтроллеру осуществить полный цикл обмена данными без задействования микропроцессора;

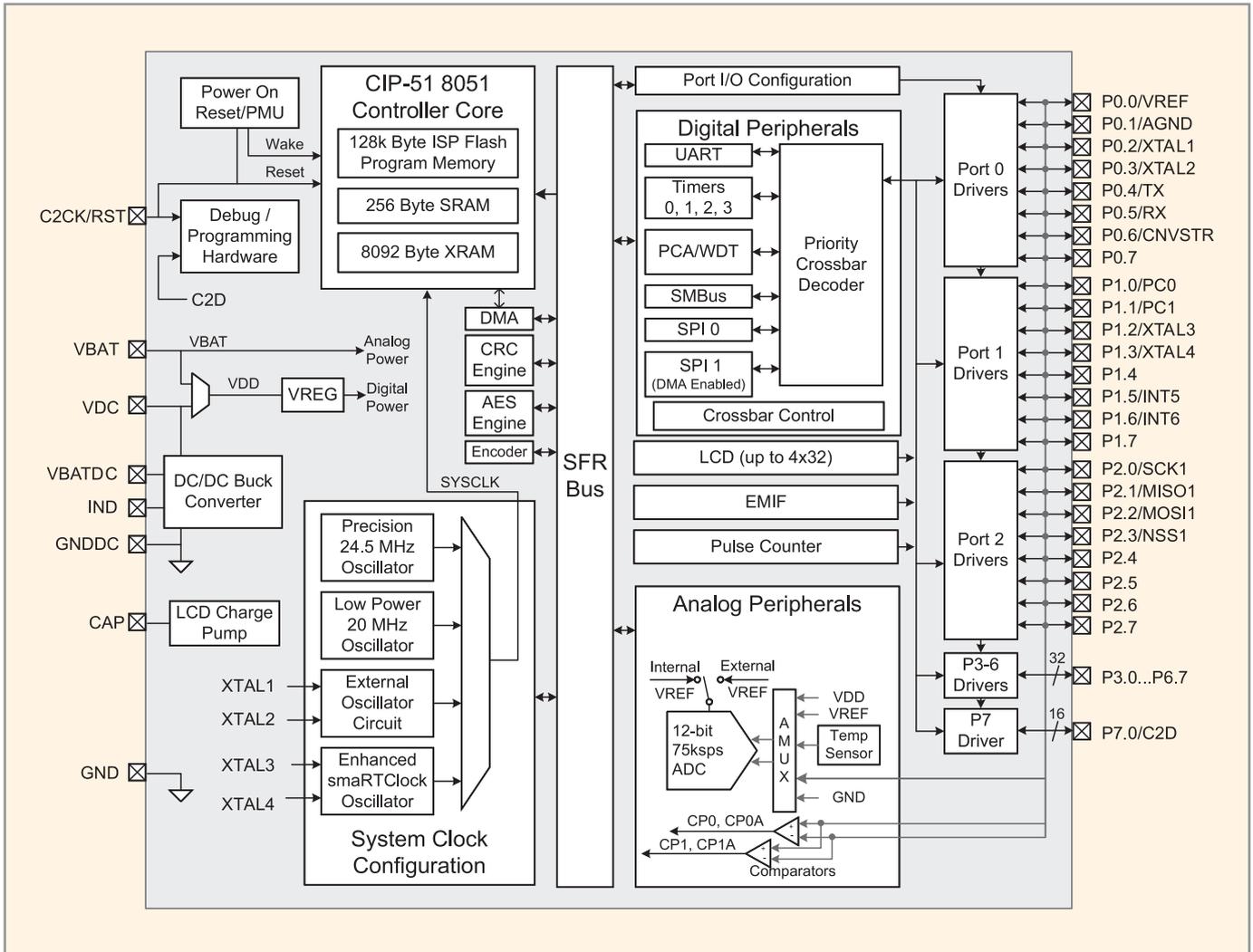


Рис. 3. Конфигурация микроконтроллеров семейства C8051F96x

- маломощный счётчик импульсов, выполняющий функцию счёта импульсов в спящем режиме.

### УМЕНЬШЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ МОЩНОСТИ В СПЯЩЕМ РЕЖИМЕ

Часто счётчики, которые питаются от батарей, находятся в спящем состоянии на протяжении 99,9% времени. Поэтому очень важно иметь как можно меньшее потребление мощности в спящем режиме. Для этих целей в микроконтроллере Silabs организованы такие решения:

- оптимизированный расход мощности для часов реального времени (RTC, Real Time Clock). Блок RTC имеет на 15% меньшую мощность, чем предыдущая разработка, и на 40% меньшую, чем наилучший микроконтроллер. Другими словами, данные RTC обладают самой низкой мощностью в мире;
- низкочастотный внутренний генератор (LFO) – опция для RTC. Он используется для дальнейшего снижения уровня тока в спящем режиме.

Данный генератор может периодически переключаться в режим резонатора;

- ультранизкочастотный ЖКИ. Включает в себя 32 четырёхсегментных ЖКИ-контроллера.

### УВЕЛИЧЕНИЕ КПД ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ НАПЯЖЕНИЯ

Для увеличения производительности и уменьшения требований по питанию для КМОП-микросхем, разработчики чипов применяют минимизацию геометрии устройств для построения интегральных микросхем. Нет ничего удивительного в том, что встроенные процессоры и РЧ-приёмопередатчик сделаны с размерами 0,18, 0,13 или даже 0,09 мкм. Одним из способов уменьшения потребляемой мощности является уменьшение внутреннего рабочего напряжения:

$$I \text{ (импульсные потери)} = C(\text{канала}) \times V(\text{канала}) \times \text{частота.}$$

Даже если батарея, поддерживающая устройство, имеет конечное напряжение 3,6 В, само устройство будет работать со значительно меньшим внутренним напряжением. Практически каждое рыночное устройство включает в себя внутренние встроенные линейные стабилизаторы напряжения (LDO). Поэтому, имея входное напряжение 3,6 В и используя линейный стабилизатор с выходом 1,8 В, мы получаем 50% КПД при преобразовании. Очевидно, что КПД становится меньше при уменьшении выходного напряжения. Более современные встроенные контроллеры, такие как C8051F960, имеют встроенные импульсные регуляторы с эффективностью, значительно большей, чем их аналоги, – стабилизаторы с низким падением напряжения. Во многих случаях эти устройства имеют КПД преобразования более 85%. Такой высокий КПД способствует уменьшению общего тока питания от батареи и увеличивает срок её эксплуатации.

