

# Микропроцессорный беспроводной измеритель расхода электроэнергии

Пётр Иванов (Москва)

**В статье описывается несложное устройство для «Умного дома», которое значительно облегчает съём показаний счётчика расхода электроэнергии. Использование радиоканала позволяет разместить измерительное устройство в любом удобном месте. Применение батарейного питания и бесконтактный метод подключения измерительного устройства гарантируют полную электробезопасность при эксплуатации устройства.**

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы экономного потребления электроэнергии актуальны сегодня как никогда. С ростом экономики в крупных городах ощущается нехватка энергии в периоды пикового потребления – в сильную жару и при крайне низкой температуре. Экономия электроэнергии – это бережное расходование природных ресурсов, сохранение окружающей среды и, учитывая парниковый эффект, сохранение нашей планеты. Для многих это уже не просто «громкие слова». Для прожжённых прагматиков это, в конце концов, экономия денег в собственном кармане. Простая истина: когда мы платим за что-то «по счётчику», мы относимся к этому гораздо бережливее. Практика показывает, что при установке счётчиков расхода воды или газа затраты семьи на оплату этих услуг снижаются. Кроме удобств конечного пользователя, автоматизированный съём показаний приборов учёта очень важен и для эксплуатирующих организаций.



Рис. 1. Электросчетчик с импульсным выходом

Этой теме посвящено множество публикаций, некоторые отечественные заводы уже выпускают или готовятся к выпуску электросчётчиков с дистанционным съёмом показаний.

В Европе инвестиции в приборы учёта с автоматизированными средствами измерений (AMR, Automatic Meter Reading) к 2010 г. составят 3,5 миллиарда долларов! В повышенном интересе к теме AMR не последнюю роль играют и небывало высокие цены на энергоносители. В Швеции, где потребление электроэнергии на одну семью примерно в 3 раза превышает средневропейский показатель, планируется принятие закона, по которому к 2009 г. интеллектуальные измерители должны быть у каждого потребителя. Около 35% от 3,4 млн. «умных» приборов учёта будут подключены к сети GPRS для дистанционного съёма показаний.

Большие надежды в области автоматизированного сбора данных возлагаются на технологию ZigBee. Однако для наших квартир всё это, возможно, и не очень далекое, но всё же будущее. В большинстве старых домов стоят обычные счётчики с механическими индикаторами, в новостройках широко распространены счётчики воды и электричества с импульсными выходами, которые, к сожалению, никуда не подключены. При этом счётчики располагают в не очень удобных местах. Меня, например, раздражает необходимость залезать с головой в сантехнический шкаф, чтобы списать в квитанцию цифры со счётчиков воды. Чтобы рассмотреть показания электросчётчика через мутное окошко электрошкафа, на лестничную площадку приходится выходить с фонариком. При наличии в доме двух компьютеров, вы-

деленной линии Интернет, Wi-Fi-сети и спутниковой тарелки такой съём показаний является явным анахронизмом.

Выходом из ситуаций, описанных выше, явилось создание микропроцессорного измерителя для счётчика электроэнергии, передающего данные по радиоканалу и отображающего результаты измерений на автономном устройстве с ЖКИ. Дистанционный измеритель снимает показания с импульсного выхода электросчётчика СЭБ-2 (рис. 1), вычисляет текущую потребляемую электроэнергию, суммарное потребление электроэнергии за месяц и необходимую для оплаты сумму. В данной статье описывается упрощённая, но полностью работоспособная версия такого прибора.

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ

Электросчётчик СЭБ-2 в принципе является микропроцессорным прибором и накапливает в своей памяти множество данных. Однако пользователю доступны лишь показания механического счётчика. Во-первых, протокол выдачи информации производителем не раскрывается. Во-вторых, электросчётчик является опломбированным прибором и доступ к клеммам встроенного интерфейса RS-485 и контактам импульсного выхода закрыт. Для преодоления этих препятствий съём первичной информации осуществляется оптическим методом. Говоря проще, измеритель считывает вспышки встроенного красного светодиода, расположенного на лицевой поверхности счётчика. Число вспышек с некоторым коэффициентом соответствует суммарной потреблённой мощности, частота вспышек обратно пропорциональна текущей потребляемой мощности. Как видно из надписи на передней панели счётчика, 1 кВтч соответствует 500 световым импульсам. Исходя из этого соотношения, можно рассчитать текущую потребляемую мощность как функцию времени между двумя импульсами по формуле:  $P = A/NT$ , где  $A$  – время, соответствующее потребляемой мощности 1 кВтч,

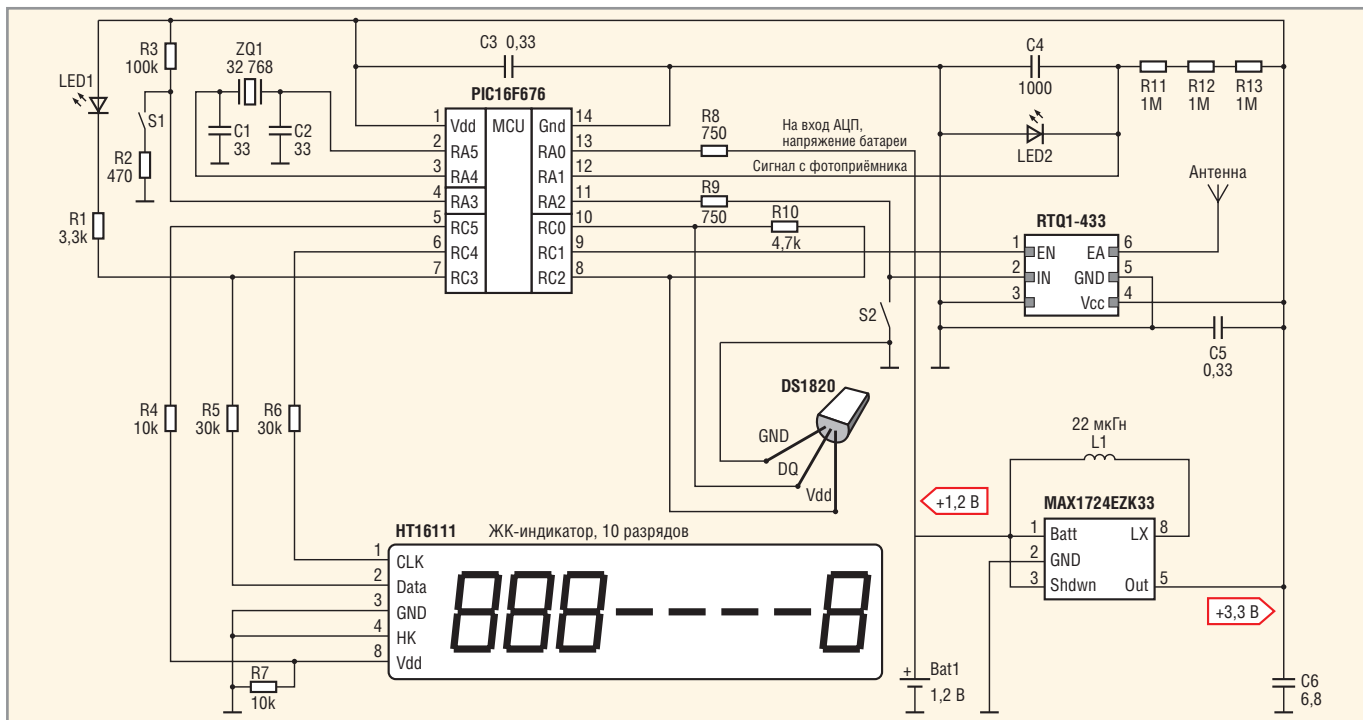


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема передающей части измерительного устройства

$N$  – число вспышек (импульсов) светодиода, соответствующее 1 кВтч, а  $T$  – период следования световых импульсов.

В качестве знаменателя используется 24-битная константа (6DDD00 Hex), а измеренный период следования импульсов сохраняется в 16-битной переменной. Минимальное измеряемое значение мощности ограничивается разрядностью знаменателя и при максимальной величине 65 535 будет примерно равно 110 Вт. Для снижения минимально измеряемой мощности до 11 Вт можно измерять период в миллисекундах. В этом случае необходимо двухбайтовую переменную увеличивать на 1 каждые 10 мс в течение времени между началами двух последовательных вспышек светодиода.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА**

Принципиальная электрическая схема передающей части измерительного устройства приведена на рис. 2. В качестве вычислительного устройства использован 8-разрядный микроконтроллер PIC16F676 (программа TX\_PIC16F676.HEX) компании Microchip. Микроконтроллер работает от внутреннего RC-генератора с частотой 4 МГц. В качестве времязадающего элемента используется кварцевый резонатор ZQ1. Это часовой кварц (32768 Гц), подключенный к осциллятору 16-битного таймера TMR1 (регистры TMR1H, TMR1L). Применение независимого ос-

циллятора для таймера позволяет производить измерение периода в спящем режиме. Таймер работает в паре с делителем, имеющем коэффициент деления 0,5. Переполнения таймера накапливаются в 8-битной переменной TMR1U. В этом случае мы не привязываемся к измерению периода в величинах, кратных 10, поэтому формула для расчёта мощности упрощается до вида:  $P = B/N$ , где  $P$  – текущая потребляемая мощность в Вт,  $B = 460\ 800$  (070800 Hex),  $N$  – значение в 16-битной переменной TMR1U, TMR1H.

Минимальная измеряемая мощность, обусловленная максимально возможным значением переменной  $N$ , составляет около 7 Вт. Для вычислений используется подпрограмма деления 24/16 бит. В качестве оптического датчика для съёма показаний используется фотоприёмник из обычной компьютерной мышки (рис. 3). Данный фотоприёмник необходимо закрепить напротив светодиода электросчётчика, например, обычным прозрачным скотчем (рис. 4).

Резисторы R2 – R4 задают необходимый ток смещения. Их суммарное значение подбирается следующим образом. При включенном светодиоде электросчётчика на входе RA1 должно быть напряжение не более 0,5...0,7 В, а при выключенном светодиоде напряжение должно превышать 2,2 В. Вычисленное значение потребляемой мощности передается по радиоканалу

с помощью передатчика RTQ1-433 (фирмы Telecontrolli, но можно применить передающий модуль и любого другого производителя). Передатчик работает на частоте 433,92 МГц с ампл-

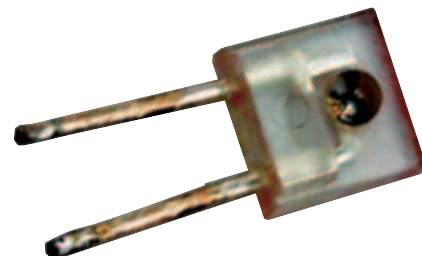


Рис. 3. Внешний вид фотодатчика



Рис. 4. Внешний вид измерительного устройства, подключённого к счётчику

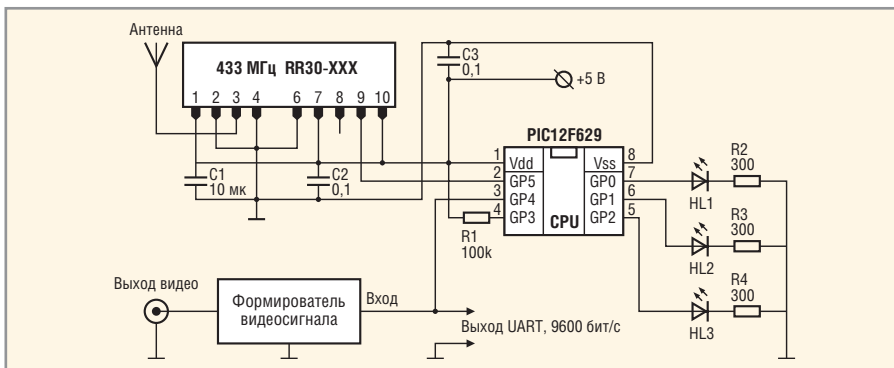


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема приемной части измерительного устройства

литудной манипуляцией (ООК) и с выходной мощностью не более 10 мВт. Микроконтроллер передаёт пакет данных при каждой вспышке светодиода электросчётчика. Пакет состоит из нескольких байт данных (до 10), двух стартовых байт и байта контрольной суммы (CRC8). Перед посылкой каждого пакета формируется преамбула в виде потока 1, необходимая для лучшей работы приёмника. Кодировка «0» и «1» осуществляется следующим образом: сначала формируется стартовый импульс («1») длительностью  $T$ , далее следует передаваемый уровень («1» или «0») длительностью  $T$ , завершает посылку нулевой импульс с той же длительностью  $T$ . Таким образом, время передачи бита всегда равно  $3T$ .

Передаваемые данные подаются на вход модуляции передатчика  $I_n$  (вывод 2 модуля RTQ1-433). Подача «1» на этот вход включает несущую частоту, подача уровня «1» выключает передатчик. Для снижения потребляемой мощности в паузах между передачей пакета данных передатчик также управляется по линии  $E_n$  (вывод 1 модуля RTQ1-433). Общая длительность пакета не превышает нескольких сотен миллисекунд. Пакет состоит из набора следующих данных:

- номер отсылаемого пакета – 3 байта,
- напряжение батареи – 1 байт,
- текущая потребляемая мощность – 2 байта,



Рис. 6. Приёмная часть измерительного устройства с отображением информации на ЖКИ

• температура – 1 байт.  
 Номер каждого отсылаемого пакета увеличивается на единицу. Если взять количество отосланных пакетов за месяц и поделить на 500, то мы получим потреблённую мощность за этот период в кВтч.

Измерительное устройство может питаться от батареи напряжением 1,5 В (батарейное питание применяется из соображений безопасности). Для получения рабочего напряжения 3,3 В используется микросхема повышающего (Step-Up) DC/DC-преобразователя MAX1724, имеющего низкий ток потребления и высокий КПД. Микроконтроллер большую часть времени находится в спящем режиме с включенным таймером TMR1. Ток потребления от батареи в этом случае не превышает 100 мкА. Время работы устройства будет зависеть от измеряемой потребляемой мощности, т.к. при большой потребляемой мощности светодиод электросчётчика и, соответственно, передатчик включаются чаще (грубый расчёт показывает, что при использовании батареи типоразмера D можно ожидать автономной работы устройства не менее 1 года).

В качестве конденсатора  $C_4$  необходимо применять танталовый конденсатор. Светодиод LED2 используется как дублёр светодиода электросчётчика и полезен лишь при настройке тока смещения фотодатчика. Индикатор HT1611 отображает передаваемые по радиоканалу данные: номер отсылаемого пакета и текущую потребляемую мощность. Он используется только на этапе настройки измерителя и в рабочий вариант устройства не устанавливается. Температурный датчик DS1820 контролирует температуру в шкафу, где расположен счётчик. Измерение напряжения батареи происходит с помощью встроенного в микроконтроллер АЦП. Напряжение батареи измеря-

ется до передачи каждого пакета. При этом следует иметь в виду, что ток потребления самого АЦП, постоянно подключённого к батарее питания, составляет 50 мкА (из 100 мкА) даже в спящем режиме. С помощью кнопки S1 можно выполнить сброс устройства.

Принципиальная электрическая схема приёмной части измерительного устройства приведена на рис. 5. В качестве приёмного модуля использован сверхрегенеративный приёмник RR30-433 (фирмы Telecontrolli). Для декодирования входных пакетов использован микроконтроллер PIC12F629 (программа RX\_PIC16F629.HEX). Светодиоды HL1 – HL3 отображают процесс декодирования пакета. Светодиоды HL1 и HL2 загораются последовательно при правильном приёме синхрослова. Светодиод HL3 индицирует совпадение контрольной суммы по факту приёма всего пакета. По характеру мигания и яркости светодиодов легко оценить радиус действия измерительного устройства и наличие помех. При постепенном увеличении дистанции от передатчика первым перестанет загораться светодиод HL3. Если при выключенном передатчике периодически вспыхивает светодиод HL1, то это говорит о наличии помех на данной частоте. Следует заметить, что в крупных городах частота 433,92 МГц довольно зашумлена и пропуски пакетов могут наблюдаться даже на дистанции устойчивой связи.

Принятая информация о текущей потребляемой мощности, температуре и текущем номере пакета выводится на дисплей по линии GP4 микроконтроллера в текстовом виде по последовательному протоколу со скоростью 9600 бит/с в кодировке КОИ-8. В качестве дисплея может быть использовано любое устройство отображения информации. В нашем измерительном устройстве данные выводятся на ЖКИ (рис. 6). На этапе отладки устройства оказалось удобным применение телевизионного монитора. В последнем случае в качестве устройства преобразования последовательных данных в стандартный видеосигнал использовано устройство «Видеотекст», схему и описание которого можно найти по адресу: [www.telesys.ru/projects/proj069/index.shtml](http://www.telesys.ru/projects/proj069/index.shtml).

На сайте журнала выложены прошивки для микроконтроллеров приёмника (RX\_PIC16F629.HEX) и передатчика (TX\_PIC16F676.HEX) с упрощённой рабочей версией программы.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Интерфейсный элемент для емкостных тактильных датчиков

Компания Cypress представляет семейство PSoC-элементов (Programmable System-on-Chip), разработанных специально для использования в качестве интерфейса для емкостных тактильных датчиков. Имеются три варианта новых CapSense-разработанных элементов: CY8C20234 (в корпусе QFN-16), CY8C20334 (QFN-24) и CY8C20434 (QFN-32). Принцип действия CapSense, емко-



стной тактильной технологии Cypress, базируется на том, что палец пользователя на элементе управления изменяет ёмкость встроенного датчика. PSoC-элемент с помощью сенсоров может определять положение пальца и формировать по результатам различные функции управления системой. При этом сенсором является просто медная поверхность на печатной плате, а не какой-либо элемент. Все схемы управления сенсором находятся в PSoC-элементе. PSoC-элементы являются конфигурируемыми массивами смешанных сигналов, которые наряду с 8-разрядным микроконтроллером содержат многочисленные функции периферии типичных Embedded-решений. С помощью PSoC-комплекта разработчик может выбрать конфигурируемые, жёстко описанные элементы библиотек.

[www.cypress.com](http://www.cypress.com)

### Синхронный повышающий преобразователь

Фирма Austriamicrosystems представляет AS1322, синхронный повышающий преобразователь, размещённый в корпусе TSOT23 с шестью выводами. Чип работает от входного напряжения 0,85 В, а выходное напряжение может выставляться



внешними резисторами в диапазоне от 2,5 до 5 В. С элементом типа AA схема выдаёт при выходном напряжении 3,3 В ток 150 мА. Модуль AS1322 имеется в двух версиях: экономичный по току вариант (AS1322A) и вариант с фиксированной частотой (AS1322B). При пониженной нагрузке AS1322A автоматически переходит в энергосберегающий режим. При этом, когда выходное напряжение находится в пределах допуска, элемент переключается в режим покоя. За счёт этого потребляемый ток AS1322A снижается до 30 мкА. К тому же в прерывистом режиме схема Anti-Ringing-контроля снижает путём демпфирования катушки электромагнитную интерференцию (EMI). В отличие от этого AS1322B остаётся при низких нагрузках в режиме фиксированной частоты.

[www.austriamicrosystems.com](http://www.austriamicrosystems.com)

### FPGA с интегрированной функцией PCI-Express

Фирма Xilinx начала поставки Virtex-5 LXT FPGAs. Вторая из четырёх платформ семейства Virtex-5, разработанных для определённых областей применения, включает в себя FPGAs, жёстко смонтированный конечный пункт PCI Express и функциональные Tri-Mode-Ethernet-MAC-блоки. Virtex-5-LXT-платформа содержит 65-нм трансивер с потребляемой мощностью менее 100 мВт в каждом канале при 3,2 Гбит/с. По данным Xilinx, мультистан-



дартные интерфейсы PCI Express и Gigabit-Ethernet отвечают ведущим на рынке стандартам интерфейсов, управляемых FPGAs, от которых ожидается, что в 2009 г. они будут составлять свыше 80% поставок.

[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

### 32-разрядный микроконтроллер с интегрированными USB-Host и Flash-памятью 512 Кб

Фирма Toshiba Electronics Europe (TEE) представляет 32-разрядный микроконтроллер, который должен упростить подключение USB- и SD-Card (например, для аудиоустройств), которым требуется интерфейс USB. TMP92FD28FG содержит контроллер USB-2.0, 512 Кб Flash-памяти, 32 Кб RAM, а также возможности последовательных соединений. Чип работает на тактовой частоте до 20 МГц и базируется на 32-битном CPU-ядре TLCS-900/H1 компании Toshiba. Интегрированный контроллер USB-2.0 обладает возможностью Full-Speed-работы со скоростью 12 Мбит/с. Другими возможностями подключения является контроллер UART/SPI, обеспечивающий SPI-коммуникацию с SD- и MMC-Memory-Cards; последовательный интерфейс, обеспечивающий скорости до 10 Мбит/с; I<sup>2</sup>C-интерфейсы и интерфейс IrDA (версия 1.0).



Наряду с этим TMP92FD28FG имеет Memory- и Interrupt-контроллер, а также real time and RTC-, Watchdog-, 8-разрядный (6-канальный)- и 16-разрядный (2-канальный) таймер. Микроконтроллер может поставляться в двух 100-контактных корпусах QFP размерами 14 × 14 мм или 14 × 20 мм. Диапазон рабочего напряжения от 3,0 до 3,6 В для внешних I/O и от 1,4 до 1,6 В для внутренних.

[www.toshiba-components.com](http://www.toshiba-components.com)