



Электронные счетчики бытового и промышленного назначения

Е.Рожнов

Не секрет, что по разработке и производству электронной аппаратуры автоматизированного учета, контроля и управления распределением энергоресурсов российская энергетика значительно отстает от мирового уровня. Отечественная микроэлектронная база не ориентирована на решение этих задач и не выдерживает никакой конкуренции с аналогичной продукцией ведущих зарубежных фирм. Именно поэтому еще в 1990 году была образована научно-производственная фирма “Прорыв” (г. Жуковский Московской области), в задачи которой вошла разработка микроэлектронной аппаратуры для контроля и учета эффективного распределения энергоресурсов. В ходе работ специалисты фирмы создали специализированные микросхемы с оригинальными алгоритмами обработки информации. На основе этих микросхем уже выпускается полный ряд электронных статических счетчиков электроэнергии бытового и промышленного назначения, позволяющих оптимизировать систему учета энергоресурсов.

Приступая к решению поставленных задач, научно-производственная фирма “Прорыв”, основу которой составили опытные специалисты из Минэлектронпрома, Минрадиопрома, Минэнерго и других отраслей промышленности, прежде всего разработала программу “Электроника для приборов и аппаратуры энергетики”. Программа была одобрена Минтопэнерго и согласована с Российской Академией наук. И хотя бюджетное финансирование программы так и не началось, для ее выполнения помимо НПФ “Прорыв” объединились Мосэнерго, ТОО “Силиком” (Москва), ЗАО “ЭНЭЛЭКО” (Москва), МЗЭП (Москва), ПО “Октябрь” (Каменск-Уральский), ГРПЗ (Рязань), завод им. М.В.Фрунзе (Нижний Новгород), ВНИИМ им. Менделеева (С.-Петербург), ГП “Восход” (Калуга), УППО (Уфа), завод “Прогресс” (Саратов) и ряд других заинтересованных в этой программе предприятий и организаций страны.

Результатом коллективного труда стала разработка, регистрация в Государственном реестре средств измерений РФ и поставка потребителям всего комплекса новейших аппаратных и программных средств для автоматизированных систем контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ). Начало было положено созданием универсальной системы телемеханики “Прорыв” для автоматизированного контроля и управления объектами в нефтегазодобывающей промышленности, энергетике, на транспорте, в перерабатывающих отраслях и ком-

мунальном хозяйстве. С 1991 года система в различных конфигурациях эксплуатируется в нефтегазодобывающих управлениях АО “Ноябрьскнефтегаз”, “Сургутнефтегаз”, “Юганскнефтегаз” и других объектах нефтегазовой промышленности..

Далее НПФ “Прорыв” разработала и стала поставлять автоматизированную систему “Телескоп”, предназначенную для потребителей и производителей электроэнергии, заинтересованных в получении оперативных данных о работе их энергосистем (количество потребляемой электроэнергии, мощность, превышение лимитов, коэффициенты спроса, нагрузки и использования). Такие данные позволяют осуществлять окончательные расчеты между производителями и потребителями, анализировать эффективность энергоснабжения на предприятии, контролировать энергосберегающие мероприятия, выявлять места нерационального использования электроэнергии. Система “Телескоп” — универсальное средство для технического и коммерческого учета энергоресурсов — постоянно модифицируется по мере роста требований к ней пользователей АСКУЭ.

И наконец, на основе разработанных фирмой “Прорыв” специализированных микросхем с оригинальными алгоритмами обработки информации выпускается полный ряд электронных статических счетчиков электроэнергии бытового и промышленного назначения, позволяющих оптимизировать систему учета энергоресурсов.

В энергетике уже несколько лет применяются два базовых типа пре-

цизионных микросхем (ИС ваттметра КМ1095ПП1 и ИС драйвера КМ1095-АП1), в свое время отмеченных золотой медалью Минэлектронпрома. Созданные на их базе электронные одно- и трехфазные счетчики электрической энергии стали в 1992 году лауреатами Конкурса на лучший прецизионный счетчик России и, кроме того, были награждены Почетным дипломом и медалями “Лауреат Всероссийского выставочного центра”.

Опыт разработки перспективных ИС с оригинальными алгоритмами обработки сигналов получил высокую оценку и за рубежом. Фирма D-Tech (Германия) передала авторам современные САПР и технологию производства ИС, что позволило в короткий срок разработать однокристалльную прецизионную ИС SPM-1 для производства одно- (одна ИС) и трехфазных (три ИС) статических многотарифных счетчиков электроэнергии (рис.1).

Проведенный фирмой D-Tech анализ состояния мирового рынка подобных изделий подтвердил конкурентоспособность ИС SPM-1 в категории недорогих микросхем. Поэтому НПФ “Прорыв” приступила к разработке однокристалльной прецизионной ИС (условное название SPM-3) для трехфазного статического многотарифного счетчика электроэнергии, а фирма D-Tech — к производству ИС SPM-1.

ИС SPM-1 осуществляет вычисление активной мощности входных сигналов, изменяющихся в динамическом диапазоне 60 дБ, с точностью, соответствующей классу 0,5 для счетчиков электрической энергии. При напряжении питания $\pm 2,5$ В ИС потребляет ток

не более 3 мА без учета потребления тока выходными цепями, управляющими низкоомными нагрузками. Два телеметрических выхода делают удобным использование ИС SPM-1 в автоматизированных системах учета энергопотребления.

Микросхема изготавливается по КМОП-технологии и содержит аналоговую измерительную часть (преобразователь мощности в частоту следования импульсов), цифровую часть (таймер, интерфейс для формирования выходной информации), драйверы, работающие на низкоомные нагрузки, а также источник опорного напряжения (ИОН) и схему автокомпенсации внешних воздействий. Последняя гарантирует стабильность параметров при любых условиях эксплуатации в течение всего срока службы, что позволяет значительно увеличить межповерочный интервал счетчиков.

Типовая схема подключения ИС SPM-1 к внешним элементам на печатной плате представлена на рис.2. В тех случаях, когда требуется высокая точность обработки сигналов, желательно разделять линии питания аналоговой (VDD1) и цифровой (VDD2) частей ИС. Кварцевый генератор обеспечивает внешний сигнал с тактовой частотой f_{CLK} , синхронизирующей работу всех блоков.

Входные аналоговые сигналы ИС представляют собой дифференциальные напряжения $U_U = (U_{INVP} - U_{INVM})$ и $U_C = (U_{INCP} - U_{INCM})$, где U_{INVP} , U_{INVM} , U_{INCP} и U_{INCM} — сигналы, поступающие соответственно от датчиков напряжения и тока. Обработка входных напряжений осуществляется в дискретно-аналоговой форме с помощью полностью дифференциальной схемы на коммутируемых конденсаторах. При этом входные сигналы дискретизируются с частотой f_S , равной половине тактовой частоты внешнего сигнала на выводе OSCOUT, т.е. $f_S = f_{CLK}/2$. Номиналь-

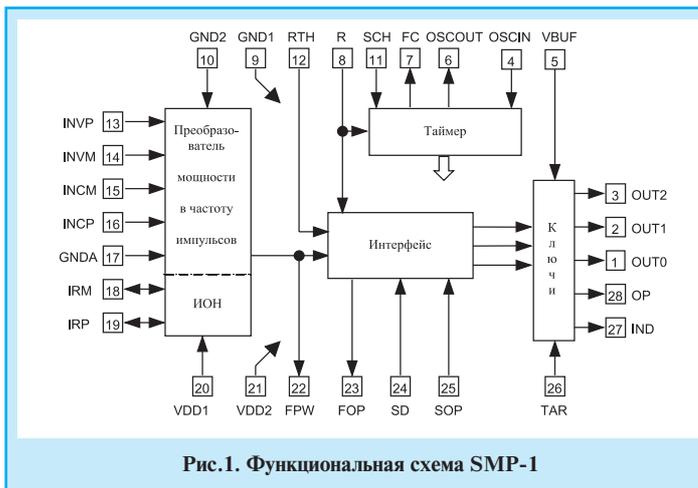


Рис.1. Функциональная схема SMP-1

ное значение тактовой частоты 1 МГц позволяет сохранять точность обработки при наличии во входном сигнале большого числа гармоник (вплоть до 15).

Аналоговая измерительная часть ИС SPM-1 преобразует произведение входных напряжений ($U_U \cdot U_C$) в последовательность импульсов на выводе FPW, которая после соответствующей цифровой обработки подается на выходы FOP, OP, OUT0, OUT1, OUT2. Последовательность импульсов синхронна с тактовым сигналом, и в результате сигнал на выводе FPW представляет собой субгармоники с частотами, кратными частоте дискретизации. В зависимости от того, синусоидальные или постоянные напряжения прикладываются к входам ИС, средняя частота следования импульсов f_{FPW} на выводе FPW определяется соотношениями:

$$f_{FPW} = \frac{f_{CLK}}{4U_R} |U_U \cdot U_C \cdot \cos(\varphi)|$$

$$f_{FPW} = \frac{f_{CLK}}{2U_R^2} |U_U \cdot U_C|$$

где $U_R = (U_{IRP} - U_{IRM})$ — опорное напряжение на входах IRP, IRM; φ — сдвиг фаз между входными напряжениями U_U и U_C . При использовании внутреннего ИОН $U_R = (3,0 \pm 7\%) \cdot V$.

Измерительная часть ИС обеспечивает высокие метрологические характеристики счетчика без какой-либо настройки при длительной работе в жестких условиях эксплуатации. Это достигается благодаря правильным схемотехническим и топологическим решениям, а также использованию непрерывной аналоговой и цифровой коррекции напряжения смещения нуля и его температурного дрейфа в аналоговых блоках. Коррекция осуществляется автоматически с периодичностью сигнала частотой f_{FC} на выводе FC. Значение частоты f_{FC} зависит от логического уровня сигнала на входе SCH. В результате напряжение смещения нуля по входам INCP, INCM при комнатной температуре не превышает 30 мкВ, а его дрейф — $\pm 0,5$ мкВ/°C; температурный дрейф коэффициента передачи составляет не более $\pm 0,02$ %/°C.

Допустимая основная ошибка вычисления мощности δ_L определяется на основании ГОСТа 26035-83. Зависимость ошибки измерения мощности

от отношения значения измеренной мощности к номинальной для реальных микросхем SPM-1 иллюстрирует график на рис.3.

Импульсная последовательность с выхода FPW поступает на вход цифрового интерфейса, формирующего сигналы для внешних устройств индикации и телеметрии и управляющего режимами работы. Основу интерфейса составляют блок режекции низкочастотных сигналов, делители частоты, формирователи импульсов, мультиплексоры для управления режимами. Выходные драйверы содержат преобразователи уровней и низ-

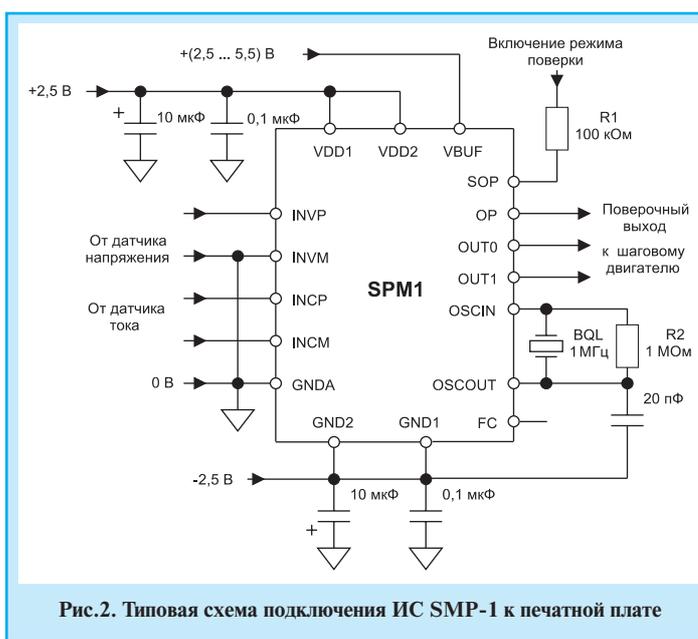


Рис.2. Типовая схема подключения ИС SMP-1 к печатной плате

коомные ключи. Функциональная схема, иллюстрирующая работу интерфейса и выходных ключей, приведена на рис.4.

Работа ИС предполагает использование электромеханических счетчиков импульсов на основе шагового двигателя (ШД) в качестве энергонезависимых устройств накопления и индикации информации. Для раздельного учета электроэнергии по двум тарифам к выводам OUT1 и OUT2 могут непосредственно подключаться обмотки двух ШД. Выводы переключаются между линиями питания VBUF и GND с помощью низкоомных ключей, длительность замыкания которых определяется формирователями одиночных коротких импульсов (ФИ1, ФИ2 и ФИ3). Вывод OUT0 является общим. Один ШД включается между OUT0 и OUT1, второй — между OUT0 и OUT2. Вывод OUT1 или OUT2 активизируется в зависимости от логического уровня сигнала на выводе TAR. При TAR=1 импульсы подаются на выводы OUT0 и OUT1, а вывод OUT2 переводится в разомкнутое z-состояние. Для TAR=0 вывод OUT1 находится в разомкнутом состоянии, а пара OUT0-OUT2 является активной.

Максимальная частота импульсов, управляющих работой ШД, ограничена несколькими герцами и зависит от типа ШД. Поэтому сигнал с выхода FPW масштабируется с помощью нескольких каскадов двоичных счетчиков импульсов. ИС содержит вспомогательный вывод FOP, сигнал на котором получается делением на 16 импульсной последовательности с выхода режектора. Коэффициент передачи от аналоговых входов к выводу FOP установлен таким образом, что при амплитуде синусоидальных входных сигналов $U_{U\sim} = U_{C\sim} = U_R$ средняя частота сигнала на выводе FOP за период входного сигнала составляет примерно 7,8 кГц. Вывод FOP не используется в типовом применении ИС, однако суммирование последовательностей импульсов от трех микросхем SPM-1 на таких выводах позволит проектировать трехфазные счетчики электроэнергии.

Чтобы иметь возможность подключать к выводам OUT1 и OUT2 два раз-

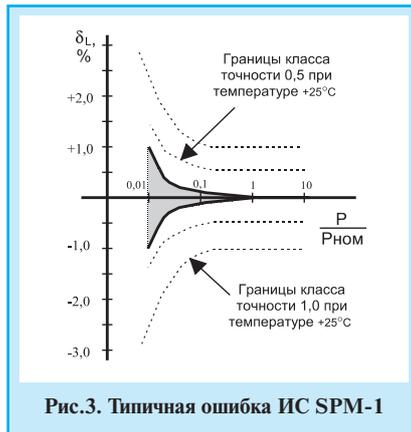


Рис.3. Типичная ошибка ИС SPM-1

личных типа ШД, интерфейс работает в двух режимах, переключаемых изменением логического уровня сигнала на выводе SD. При этом изменяются коэффициент передачи от вывода FOP к выводам OUT1, OUT2 и длительность выходных импульсов $t_{И}$. В том случае, если на входы формирователей одиночных импульсов поступают сигналы с периодом менее $2t_{И}$, они передаются на выходы OUT1 и OUT2 без формирования по длительности.

Вывод OP предназначен для подключения к телеметрической аппаратуре в автоматизированных системах учета энергопотребления и включения режима поверки счетчиков на ИС SPM-1. Управление режимами работы выхода OP осуществляется переключением входа SOP. Поскольку на выводе SOP может присутствовать высокое напряжение (при нарушении электроизоляции или правил монтажа счетчика), предусмотрено включение дополнительной защиты от перенапряжений с помощью внешнего резистора сопротивлением более 100 кОм. При этом внутренний сигнал управления мультиплексором в состоянии логической единицы пере-

ключается при напряжении $(U_{SOP} - U_{GND1}) \leq 2,5$ В.

Для удобства индикации текущего состояния выбранного тарифа предусмотрен выход IND. Это низкоомный ключ, замыкающийся на потенциал GND1 при высоком уровне на выводе TAR. В модификациях ИС SPM-1 предусмотрены встроенные дешифраторы для работы на жидкокристаллические и светодиодные индикаторы. Микросхема под условным названием SPM-2 будет иметь встроенный микроконтроллер для расширения сервисных функций и функциональных возможностей.

Наши зарубежные партнеры сейчас ведут работу по сертификации ИС в Общеввропейском стандарте. К микросхемам SPM уже проявили интерес ведущие фирмы Германии, Австрии, Швейцарии, Италии и Франции. В конце 1996 года эта работа была отмечена международной премией.

На взаимовыгодной основе подготовлены к серийному производству еще несколько типов ИС для приборов и аппаратуры энергетики различного функционального назначения. При этом наша сторона взяла на себя наиболее дорогостоящую (по западным меркам) интеллектуальную часть работы. Она включает разработку топологии микросхем, перенос ее на машинные носители информации в пригодной для последующего изготовления фотошаблонов форме, разработку методик контроля параметров кристаллов непосредственно на кремниевой пластине. Остальные работы по изготовлению микросхем выполняют зарубежные партнеры. Такое распределение труда снижает стоимость производства микросхем и гарантирует качество, надежность, а также соблюдение сроков поставок.

Срок от начала финансирования до выпуска серийной продукции не превышает четырех месяцев.

Для снижения стоимости электронных счетчиков электрической энергии подготовлен к производству ряд недорогих функционально законченных и не требующих дополнительной настройки печатных плат. Они содержат бескорпусные и безвыводные элементы, присоединенные методом поверхностного



Рис.4. Функциональная схема интерфейса и выходных ключей

монтажа, и герметизированы силиконовыми покрытиями. Применение таких плат значительно увеличивает стабильность параметров счетчиков электрической энергии и уменьшает объем оборудования для их настройки и поверки. Все счетчики имеют оригинальные экономичные источники питания, которые не боятся “провалов и пропаданий” напряжений, регламентируемых ГОСТами. Трехфазные счетчики сохраняют точность измерений при пропадании одной или двух фаз напряжения сети.

В заказных счетчиках можно предусмотреть прецизионное измерение электроэнергии систем любого числа фаз, текущего значения мощности, напряжений и токов сети, сдвига фаз между ними, коэффициента мощности и других необходимых энергетических параметров и характеристик энергосети.

Основная масса выпускаемых отечественной промышленностью счетчиков электроэнергии пока не удовлетворяет требованиям современной энергетики. В частности, стоимость обработки одного канала или одной точки учета энергоресурсов счетчиками АСКУЭ превышает допустимую в два-три раза. С 1997 года все счетчики, разработанные НПФ “Прорыв”, соответствуют ГОСТам 30206-94 и 30207-94, заменившим ГОСТ 26035-83. В них также учтены рекомендации Международной электротехнической комиссии и возросшие требования потребителей к счетчикам АСКУЭ.

Сейчас в России создается некоммерческая научно-техническая ассоциация юридических и физических лиц, активно действующих в данной области техники. Ее цель — выработка единой технической политики, координация усилий в проектировании, разработке и освоении производства прогрессивных комплексов технических средств для энергосберегающих технологий; содействие развитию межрегионального рынка услуг по внедрению автоматизированных систем учета и оптимального распределения энергоресурсов, а также формированию его инфраструктуры.

НПФ “Прорыв” приглашает принять участие в реализации программы по разработке новых изделий, постановке их на серийное производство или по долевному финансированию работ на взаимовыгодных условиях.

Представляем автора статьи

РОЖНОВ Евгений Иванович. Выпускник Московского авиационного института, главный специалист НПФ “Прорыв”. Автор более 30 статей и 10 изобретений. Сфера профессиональных интересов: микроэлектроника, аппаратура учета энергоресурсов, датчики физических величин.

Компания Microsoft заботится об автомобилистах

Одной из сенсаций Всемирной выставки бытовой электроники в Лас-Вегасе (январь с.г.) стала система AutoPC, разработанная компанией Microsoft. Эта система для бортового компьютера легкового автомобиля позволяет принимать и обрабатывать голосовые команды водителя автомобиля и отвечать на них также голосом. Помимо работы с навигационными данными, AutoPC обеспечивает подключение к компьютерным сетям в процессе движения, прием пришедшей почты, которую может зачитать по просьбе пользователя. Там же фирма Clarion продемонстрировала действующую модель такого компьютера, объединенного в одном корпусе с автомобильной магнитолой, приемником и проигрывателем компакт-дисков.

Собств. инф.

Новости

Давным-давно, в эпоху становления полупроводниковой промышленности, многие фирмы разрабатывали собственное технологическое оборудование. Сейчас они его в основном приобретают у крупных специализированных фирм, производящих это оборудование. Если будет принято предложение корпорации Philips Semiconductor, то завтра изготовители полупроводниковых приборов уже не смогут приобретать в собственность нужные им установки. Согласно этому предложению, производителям оборудования следует продавать не продукцию, а услуги по производству ИС. Появление такого предложения связано с чрезвычайно высокими издержками производства полупроводниковых приборов: строительство нового предприятия превышает 1 млрд. долл., и более половины этих затрат приходится на долю технологического оборудования. Только его амортизация еженедельно составляет 4 млн. долл. Производство большинства схем, за исключением ИС с высокой добавленной стоимостью — типа схем Pentium, — оказывается нерентабельным. При этом даже в лучшем случае большинство заводов загружено на 50% своей проектной мощности. Все это выдвигает требование более активного участия поставщиков оборудования в планировании и выпуске продукции.

Как отмечает Стюарт Макинтош, главный управляющий средствами эксплуатации фирмы Philips Semiconductor, в идеальном случае изготовители оборудования должны и владеть выпускаемыми изделиями, и эксплуатировать их. Так, фирма, производящая установки последовательного шагового экспонирования и конвейерные системы, могла бы продавать услуги по проведению определенного числа операций совмещения. Однако один из крупнейших поставщиков установок последовательного шагового экспонирования — Nikon Precision отмечает, что такая идея рассматривалась руководством фирмы несколько лет назад и была отвергнута как несостоятельная. С другой стороны, вице-президент фирмы Алан Диксон не исключает возможности ее реализации в случае, если изготовители ИС вложат деньги в стимулирование перехода промышленности к такой модели.

Electronic Business, Nov. 1997

Нет ничего невозможного

Дайджест