

Системы на кристалле компании Maxim для счетчиков электроэнергии и систем мониторинга

Роман ГОРЕЛКОВ
russia-feedback@maxim-ic.com

Цель этой статьи — познакомить читателя с функциональными особенностями архитектуры интегральных микросхем (ИС), предназначенных для построения интеллектуальных счетчиков электроэнергии и систем ее мониторинга, а также с новыми возможностями изделий для счетчиков электроэнергии 4-го поколения (71M654x).

Введение

Требования производителей счетчиков электроэнергии к уровню интеграции ИС постоянно возрастают. Инновационная архитектура систем на кристалле компании Maxim для счетчиков электроэнергии и систем мониторинга обеспечивает лучшие в классе метрологические и точностные характеристики при минимальной стоимости. Изначально эти микросхемы выпускала компания Teridian, которая была основана в 1972 г., тогда она называлась Silicon Systems. В 1996 г. Teridian вошла в состав корпорации TDK и была известна как TDK Semiconductor Corp. В 2005 г. компания вновь обрела самостоятельность и получила новое имя — Teridian Semiconductor Corp. В мае 2010 г. ее приобрела компания Maxim Integrated Products, Inc.

Обзор архитектуры ИС для счетчиков электроэнергии

Микросхемы Maxim для применения в интеллектуальных счетчиках электроэнергии представляют собой так называемую «систему на кристалле» (System-on-Chip, SoC),

содержащую все функциональные блоки, необходимые для построения счетчика: аналоговую часть, 2 процессорных ядра, датчик температуры, часы реального времени, драйвер ЖКИ, 2 UART'a, аппаратный сторожевой таймер и т. д. Схематически архитектура SoC изображена на рис. 1.

Аналоговая часть состоит из входного мультиплексора, осуществляющего коммутацию входных сигналов, и одного 22-разрядного дельта-сигма АЦП, осуществляющего дискретизацию входных сигналов. Это архитектурное решение запатентовано компанией Teridian под названием "Single Converter Technology" и отличается от конкурирующих решений с применением нескольких параллельных АЦП для оцифровки входных сигналов. Количество коммутируемых мультиплексором сигналов зависит от применения ИС в 1-фазном или 3-фазном счетчике (от 3 до 7).

Далее выборки АЦП в цифровом виде обрабатываются специализированным 32-разрядным цифровым сигнальным процессором (так называемым Compute Engine, CE), который производит все вычисления метрологических параметров — напряжения, тока, активной и реактивной энергии, частоты в со-

ответствии с программой в флэш-памяти. Вторым вычислительным узлом является стандартный микроконтроллер 8051-архитектуры (1 такт на инструкцию) с сопутствующей периферией, необходимой для построения однокристалльного интеллектуального счетчика электроэнергии (часы реального времени, драйвер ЖКИ, линии ввода/вывода, 2 UART'a, флэш-память, датчик температуры, схемы управления батареями и др.). Кроме метрологической информации, Compute Engine генерирует служебные прерывания, а также может передавать информацию о пропадании или «проседании» входных напряжений.

Как видим, эта архитектура достаточно универсальна и позволяет осуществлять адаптацию в соответствии с требованиями потребителя с минимальными затратами. Причем метрологическая часть может быть переконфигурирована в случае, если у заказчика возникают специфические требования (например, расчет гармонических составляющих тока, напряжения или энергии).

Преимущества этой архитектуры:

- Минимальная стоимость системы благодаря использованию системы на кристалле (минимизированы как перечень дополнительных внешних компонентов, так и занимаемая площадь печатной платы).
- Минимальные стоимость разработки и время выхода на рынок (полностью программируемая платформа, богатый набор периферии).
- Минимальный риск разработки (программируемые метрологические алгоритмы, широкий динамический диапазон, различные опции размера встроенной флэш-памяти программ от 8 до 256 кбайт).
- Лучшие в классе метрологические и точностные характеристики (зависимость от температуры и нагрузки, программируемые механизмы компенсации нелинейности датчиков).

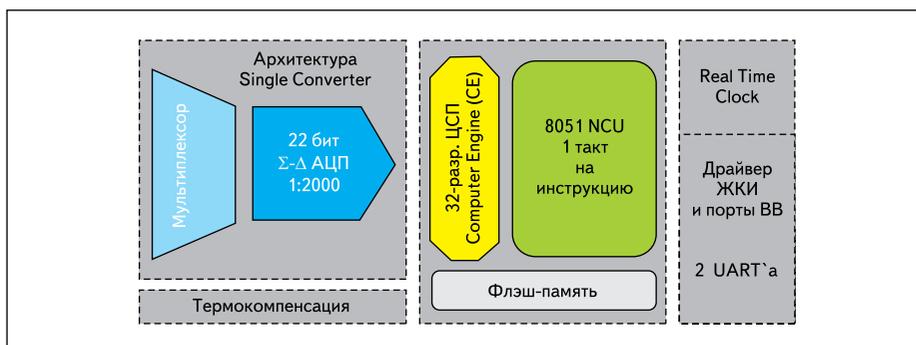


Рис. 1. Архитектура SoC Maxim для счетчиков электроэнергии

На рис. 2 приведена блок-схема 3-фазного счетчика электроэнергии на ИС 71M65xx.

Сравнительные характеристики ИС 1–3-го поколений для счетчиков электроэнергии

На рис. 3 представлено портфолио микросхем для счетчиков электроэнергии, включающее в себя как уже выпускаемые продукты, так и разрабатываемые компанией в настоящее время. В таблице приведены основные параметры этих микросхем. Их подразделяют на поколения, внутри каждого из которых ИС имеют сходную структуру, отличаясь незначительными параметрами функциональных блоков. Рассмотрим ИС каждого поколения отдельно.

1-е поколение: 71M6511/Н, 71M6513/Н. Эти ИС, производство которых началось еще в 2005 г., представляют собой базовые системы на кристалле для построения интеллектуального счетчика среднего уровня (71M6511/Н — однофазного, 71M6513/Н — трехфазного). Среди ИС 1-го поколения есть и 71M6515H — только метрологическая часть 71M6513H (Analog Front End, AFE), предназначенная для построения 3-фазных счетчиков электроэнергии с дополнительным внешним процессорным ядром.

2-е поколение: 71M6521BE/DE/FE. ИС 2-го поколения предназначены для построения 1-фазных интеллектуальных счетчиков эконом-класса. Предлагается несколько опций этой ИС с различным объемом флэш-памяти, начиная с 8 кбайт (71M6521BE, без RTC), 16 кбайт (71M6521DE) и заканчивая 32 кбайт (71M6521FE). В соответствии с пожеланиями заказчиков, в эти ИС были добавлены несколько дополнительных возможностей, расширяющих область их применения (оптический модулятор 38 кГц, аппаратно реализованное мигание сегментов ЖКИ и различные параметрические улучшения). В ИС 2-го поколения реализованы гибкие батарейные режимы, позволяющие ИС при пропадании основного питания перейти в один из трех энергосберегающих режимов (Brownout, LCD и Sleep) с сохранением части функциональности.

В режиме Brownout измерительная часть отключена, а процессорное ядро работает на сниженной частоте 28,7 кГц, позволяя сохранить необходимые данные в энергонезависимую память или передать биллинговую информацию системе сбора, а уже затем перейти в более экономичный режим: LCD или Sleep. В режиме LCD отключено и процессорное ядро, работают только часы реального времени с возможностью отображения информации на ЖКИ (накопленное энергопотребление) с двумя мигающими сегментами. В режиме Sleep работают только часы реального времени. ИС может выйти из режимов LCD или Sleep по внешнему событию (например, срабатыванию датчика снятия

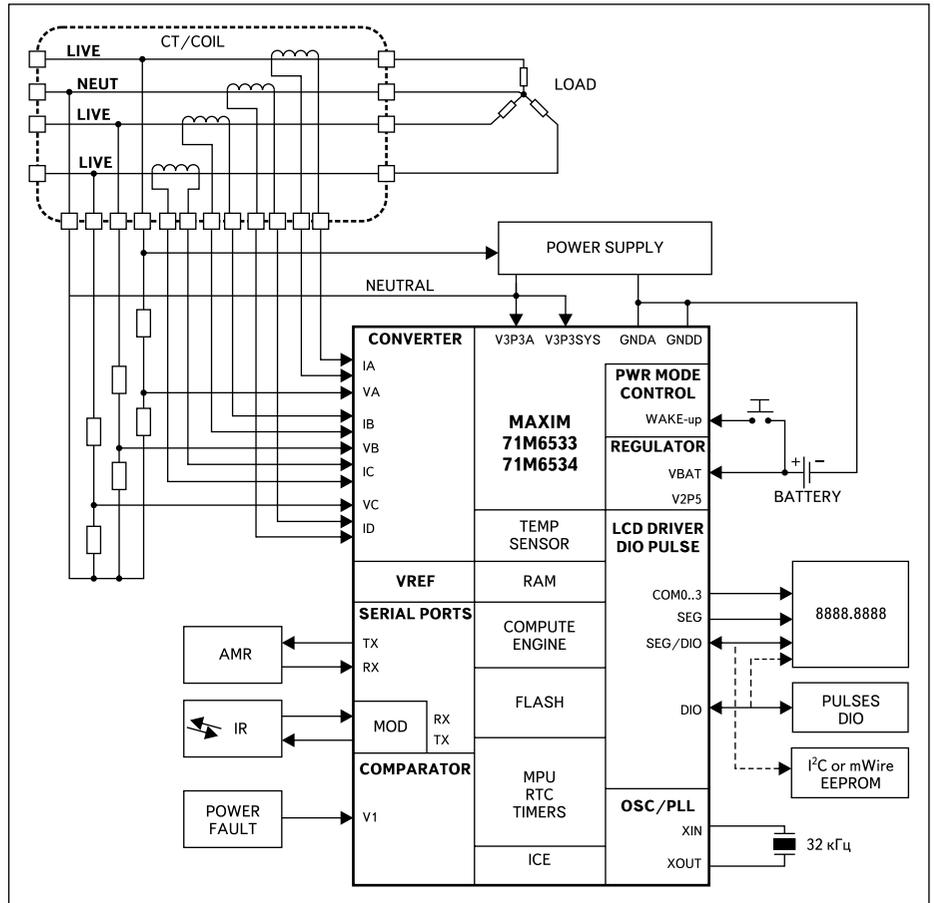


Рис. 2. Блок-схема 3-фазного счетчика электроэнергии на базе 71M6533/71M6534

Таблица. Основные параметры систем на кристалле Maxim для счетчиков электроэнергии

71M...	6511/Н	6513/Н	6521BE/DE/FE	6531D/F	6532D/F	6533/Н	6534/Н	6541D/F	6542F	6543F/Н
Применение	1-ф	3-ф	1-ф	1-ф	1-ф	3-ф	3-ф	1-ф	1-ф	3-ф
Точность, Вт·ч	0,5/0,1%	0,5/0,1%	0,4%	0,1%	0,1%	0,5/0,1%	0,5/0,1%	0,5%	0,5%	0,5/0,1%
Объем флэш-памяти, кбайт	64	64	8/16/32	128/256	128/256	128	128/256	32/64	64	64
Объем ОЗУ, кбайт	7	7	2	4	4	4	4	3/5	5	5
Дифф. входы АЦП	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+
Каналы АЦП	3	7	4	4	4	7	7	3	4	7
Сегменты ЖКИ (max)	128	168	140 (LQFP), 152 (QFN)	156	268	228	300	210	336	336
Линии ввода/вывода (max)	12	22	14 (LQFP), 18 (QFN)	22	43	39	52	30	51	51
Тип корпуса	LQFP-64	LQFP-100	LQFP-64, QFN-68	QFN-68	LQFP-100	LQFP-100	LQFP-120	LQFP-64	LQFP-100	LQFP-100

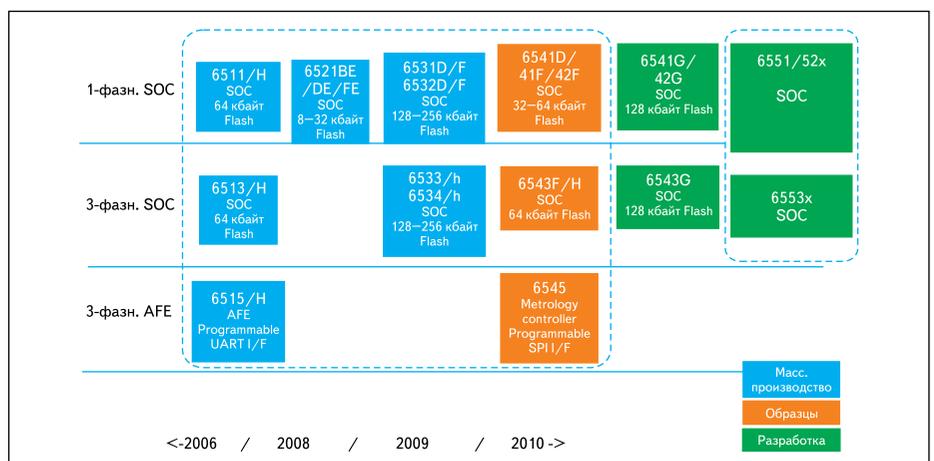


Рис. 3. ИС для счетчиков электроэнергии компании Maxim

крышки счетчика/клеммного блока или нажатия кнопки) и, проделав действия в соответствии с программой заказчика (передать данные, зафиксировать вскрытие корпуса и т. д.), снова «уснуть». Те же действия ИС может производить автоматически по встроенному программируемому таймеру в зависимости от выдвигаемых требований.

3-е поколение: 71M6531D/F, 71M6532D/F (1-фазные приложения) и 71M6533/H, 71M6534/H (для 3-фазных приложений). ИС 3-го поколения представляют собой дальнейшее развитие в сторону дополнения функциональности счетчиков за счет увеличенного объема флэш-памяти (128–256 кбайт), возможности использования ЖКИ с большим количеством сегментов (таблица) или управления большим числом периферийных устройств. Микросхемы этого поколения имеют опцию корпуса с увеличенным количеством выводов (71M6532 — LQFP-100, 71M6534 — LQFP-120). Из прочих усовершенствований необходимо отметить следующие: увеличенная до 10 МГц частота процессорного ядра, расширенный объем ОЗУ (4 кбайт) с совместным доступом СЕ и MPU, сниженные параметры потребления в энергосберегающих режимах, дифференциальные входы АЦП (71M6532, 71M6533, 71M6534), а также дополнительный вход АЦП для контроля тока в нейтральном проводе в 3-фазных приложениях для предотвращения хищений электроэнергии.

Функциональные особенности микросхем 4-го поколения

В конце 2010 г. планируется запуск в массовое производство микросхем нового, 4-го поколения, предназначенных для построения как бюджетных интеллектуальных счетчиков электроэнергии, так и счетчиков среднего и высокого уровня. При разработке этих ИС был учтен значительный опыт, накопленный в ходе реализации и поддержки проектов на базе ИС первых трех поколений, а также пожелания потребителей. В ИС 4-го поколения реализована революционная технология, позволяющая построить счетчик электроэнергии с применением шунтов вместо традиционно используемых трансформаторов тока или катушек Роговского.

Рассмотрим дополнительные функциональные особенности ИС 71M654х подробнее.

- Возможность работы с шунтами посредством дополнительной ИС интерфейса шунта. Эта опция реализована следующим образом: входы ИС 71M654х могут работать в двух режимах — аналоговом и цифровом. В аналоговом режиме входной сигнал поступает на вход АЦП для последующей его оцифровки и обработки СЕ (аналогично ИС предыдущих поколений). Для работы в цифровом режиме входы ИС могут быть сконфигурированы как выходы двунаправленного последовательного интерфейса для

связи через импульсный трансформатор с ИС интерфейса шунта 71M6xxx. В этой конфигурации гальваническая развязка между ИС обеспечивается с помощью импульсного трансформатора, служащего для передачи данных в обоих направлениях. Кроме того, ИС 71M654х генерирует импульсы, которые, будучи выпрямленными на стороне ИС интерфейса шунта, служат для нее источником питания. Эта технология позволяет изготовить 1-фазный счетчик, использующий в качестве датчиков тока 2 шунта (в проводах фазы и нейтрали) или 3-фазный счетчик, использующий 3 или 4 шунта (с дополнительным датчиком тока нейтрали). Соответствующие ИС интерфейса шунта содержат в себе усилитель с фиксированным коэффициентом усиления (в зависимости от максимального тока доступны варианты на 60, 100 и 200 А), 22-разрядный дельта-сигма АЦП и вспомогательные периферийные блоки (интерфейс связи с основной ИС, источник питания, термодатчик). Эти ИС выполнены в миниатюрном корпусе SO-8.

- Датчики температуры и напряжения батареи независимы от основного АЦП.
- Механизм термокомпенсации часов реального времени, функционирующий во всех батарейных режимах работы. ИС предыдущих поколений имели программируемый механизм компенсации температурного ухода RTC по сигналу встроенного термодатчика. Поэтому, поскольку в батарейных режимах (при отсутствии внешнего питания) АЦП отключен, термокомпенсация RTC также отключалась. В ИС 4-го поколения термокомпенсация не отключается, так как основной АЦП для оцифровки сигнала термодатчика не используется.
- Частота работы процессорного ядра в батарейном режиме программируется вплоть до полной тактовой частоты 5 МГц (по сравнению с ИС предыдущих поколений, имевших тактовую частоту в этом режиме 28,7 кГц). Это позволяет более быстро обрабатывать события при отсутствии основного питания (вскрытие корпуса, снятие данных и т. д.) и экономить энергию встроенной батареи.
- Больше источников выхода ИС из спящих режимов. В дополнение к источникам пробуждения ИС, реализованным во 2-м и 3-м поколениях (таймер, вывод PB), добавлены еще несколько — входы UART (RX, OPT_RX) и некоторые из портов ввода/вывода, что предоставляет большую гибкость при разработке.
- Драйвер ЖКИ с поддержкой 6 общих (common) сигналов, позволяющий подключить высокоинформативные индикаторы (более 300 сегментов).
- 2 входа батарей (VBAT, VBAT_RTC): один предназначен для питания исключительно RTC, а второй — для пользовательских задач. Это позволяет избежать потерь дан-

ных RTC при разряде основной батареи (например, при «зажатии» кнопки пробуждения с целью мошенничества).

- Различные параметрические улучшения: снижение потребляемой ИС мощности до 15 мВт в рабочем режиме (что позволяет использовать конденсаторный источник питания мощностью 4 ВА), возможность работы со сниженной частотой выборок АЦП, 2 дополнительных источника прерывания от СЕ (для быстрого детектирования провала напряжения), улучшенная топология кристалла и разводка выводов для борьбы с помехами и т. д.

Образцы микросхем 4-го поколения, а также демонстрационные платы для оценки параметров решения и ускорения цикла разработки доступны для заказа. Уже начата работа по разработке ИС 5-го поколения, предназначенных для высокоинтеллектуальных счетчиков электроэнергии самого высокого уровня с поддержкой различных интерфейсов передачи данных с внешними устройствами сбора (DLMS, SFSK, TCP/IP и проч.).

Решения для мониторинга электроэнергии

Одним из направлений развития решений для счетчиков электроэнергии стали микросхемы для мониторинга электроэнергии, предназначенные для встраиваемых приложений с целью измерения параметров потребления самого устройства (или его узла) и передачи этой информации основному процессору системы. Структура ИС данного семейства аналогична (та же система на кристалле), однако, для упрощения задачи, разработчикам не нужно создавать код (ИС поставляются предварительно запрограммированными). Перед разработчиком стоит только задача подключения обвязки (шунт, кварцевый резонатор и т. д.) и соединения с основным процессором системы по встроенному интерфейсу (UART, SPI, PMBUS) для передачи параметров потребления (ток, напряжение, активная и реактивная мощность и т. д.). Поскольку в таком применении не нужно обеспечивать защиту от хищения электроэнергии (информация не является биллинговой), можно расширить возможности ИС, увеличив количество каналов. В частности, с помощью ИС 78M6618 осуществляется одновременный контроль потребления до 8 потребителей (то есть фактически 8 счетчиков в одном корпусе). Более подробно о решениях для мониторинга электроэнергии мы планируем рассказать в одной из следующих статей.

Аппаратные и программные средства поддержки

Для ускорения разработки и оценки технических решений, предлагаемых компанией, выпускаются демонстрационные платы, представляющие собой практически готовый

счетчик электроэнергии (для однофазных приложений — укомплектованный шунтом), который можно использовать как основу для построения своего дизайна. Также предоставляется готовое ПО на уровне исходного кода С наряду с сопутствующим руководством. В дополнение к этому имеется большое количество заметок по применению (Application Notes), которые можно найти на сайтах компании — russia.maxim-ic.com и www.teridian.com. К услугам заказчиков высококвалифицированная поддержка со стороны команды инженеров, имеющих более чем 20-летний

опыт разработки решений для счетчиков электроэнергии.

Заключение

Описанные в статье системы на кристалле компании Maxim представляют собой основу для построения интеллектуальных счетчиков электроэнергии различного уровня, от бюджетного бытового счетчика электроэнергии до промышленного счетчика высокого класса точности (0,2%). Однокристалльное решение с широким набором периферии,

полностью цифровой и реконфигурируемой метрологической частью обеспечивает минимальное время реализации проекта при низкой стоимости устройства. Благодаря используемым нововведениям, ИС 4-го поколения предоставляют больше функциональных возможностей при разработке счетчиков электроэнергии, а также, при одновременном снижении стоимости решения, обеспечивают применение шунтов как датчиков тока в приложениях, где ранее можно было использовать только традиционные трансформаторы тока или катушки Роговского. ■