

«Милур» — новый счетчик электроэнергии

ВЛАДИМИР АНУФРИЕВ, инженер отдела маркетинга, ЗАО «ПКК Миландр»

В статье рассказывается о новом приборе группы компаний «Миландр» — счетчике электроэнергии «Милур», созданном на базе высокопроизводительного малопотребляющего микроконтроллера (МК) MDR32F2Q11 с 32-разрядным RISC-ядром ARM Cortex-M0, также разработанного специалистами компании «Миландр».

Одна из важнейших стратегических задач страны, поставленная в Указе Президента № 889 от 4 июня 2008 г. «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» — снижение энергоёмкости отечественной экономики на 40% к 2020 г. Для реализации этой задачи необходимо создать эффективную систему управления энергосбережением. Ключевым инструментом энергосбережения являются счетчики, которые оценивают фактическое потребление ресурсов.

Группа компаний «Миландр» завершила разработку и приступила к серийному производству счетчиков электрической энергии под торговой маркой «Милур». Первым выпущен однофазный многотарифный счетчик электрической энергии «Милур-104», предназначенный для использования в автоматизированных системах коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) высшего уровня.

Электрический счетчик разработан под контролем швейцарской компании Milur S.A., регламентирующей ускоренные алгоритмы работы и структуру встроенного программного обеспечения. В основе счетчика — унифицированная плата на базе высокопроизводительного малопотребляющего микроконтроллера MDR32F2Q11 с 32-разрядным RISC-ядром ARM Cortex-M0, разработанного специалистами ЗАО «ПКК Миландр».

ОСОБЕННОСТИ МК MDR32F2Q11

Структура

MDR32F2Q11 — микроконтроллер со встроенной flash-памятью программ, разработанный на базе низкопотребляющего процессорного RISC-ядра ARM Cortex-M0. МК работает на тактовой частоте до 36 МГц, содержит 128 Кбайт flash-памяти и 16 Кбайт ОЗУ и имеет развитую периферию для построения счетчиков электроэнергии одно- и трехфазных бытовых и мелкомоторных электрических сетей. Периферия содержит 7 каналов для трехфазной (или 3 канала для однофазной) сети 16-разрядных независимых сигма-дельта АЦП. Каждый канал АЦП имеет предусилитель, фазовую подстройку (для коррекции фазы не хуже 0,1°), а также аппаратный блок для вычисления среднеквадратического значения сигнала. Каждый канал АЦП может быть включен или отключен независимо от других каналов и имеет отдельный канал прямого доступа в память. Еще один дополнительный 12-разрядный АЦП последовательного приближения может быть использован для мониторинга напряжения питания основного или батарейного доменов, а также для измерения температуры или захвата внешнего сигнала. В состав МК входит 1 SPI- и 2 UART-интерфейса. МК содержит два 16-разрядных таймера с 4 каналами схем захвата и ШИМ с функциями формирования «мертвой зоны» и аппаратной блокировки, а также системный 24-разрядный таймер и два сторожевых таймера.

Встроенные RC-генераторы HSI (8 МГц) и LSI (40 кГц) и внешние генераторы HSE (2...16 МГц) и LSE (32 кГц) и

схема умножения тактовой частоты PLL для ядра позволяют гибко настраивать скорость работы МК. Архитектура системной шины за счет регулировки частоты периферийных блоков позволяет уменьшить потребление всей системы. Контроллер DMA позволяет ускорить обмен информацией между ОЗУ и периферией без участия процессорного ядра.

Организация питания

Встроенный регулятор для формирования питания внутренней цифровой части формирует напряжение 1,8 В и не требует дополнительных внешних элементов. Таким образом, для работы МК достаточно одного внешнего напряжения питания в диапазоне 2,2...3,6 В. Помимо этого в МК реализован домен, работающий от внешней батареи при отсутствии основного питания. В батарейном домене могут быть сохранены специальные флаги и работают часы реального времени. Встроенные детекторы напряжения питания могут отслеживать уровень внешнего основного питания и уровень напряжения питания на батарее. Аппаратные схемы сброса по просадке питания позволяют исключить сбой микросхемы при превышении уровня напряжения питания. Микроконтроллер выполнен в корпусе LQFP64.

БЛОК АЦП ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

МК имеет в своем составе блок из 7 каналов 24-разрядных сигма-дельта АЦП. Все каналы разбиты на три пары F0-F2 (канал напряжения и канал тока) для трехфазной сети и еще одного независимого канала тока. Каждый из 7 каналов оцифровывает входной сигнал с выходной частотой отсчетов до 4 кГц. Кроме этого в каждой паре каналов F0-F2 реализована возможность рассчитывать среднеквадратические значения тока/напряжения, вычислять активную и реактивную мощности, потребленную активную и реактивную энергии, частоту сигнала в каналах напряжения, превышение пикового значения, падение сигнала ниже установленного уровня. Эти дополнительные блоки позволяют снизить нагрузку на процессор, что в свою очередь снижает потребляемую мощность всего кристалла. Каждый АЦП имеет независимый канал DMA, обеспечивая возможность сохранения данных в ОЗУ без участия процессора.

Функциональные характеристики блока АЦП:

- 7 независимых АЦП с выходной частотой отсчетов 4/8/16 кГц (4 канала тока и 3 канала напряжения). Эти каналы образуют три блока для измерения параметров каждой фазы F0-F2;
- в блоке каналов F0 реализуем автоматический выбор канала тока (который имеет максимальное значение) для последующих расчетов мощностных характеристик. Если разница токов превышает 6%, то формируется прерывание. Кроме этой функции в остальной блоки F0-F2 идентичны;

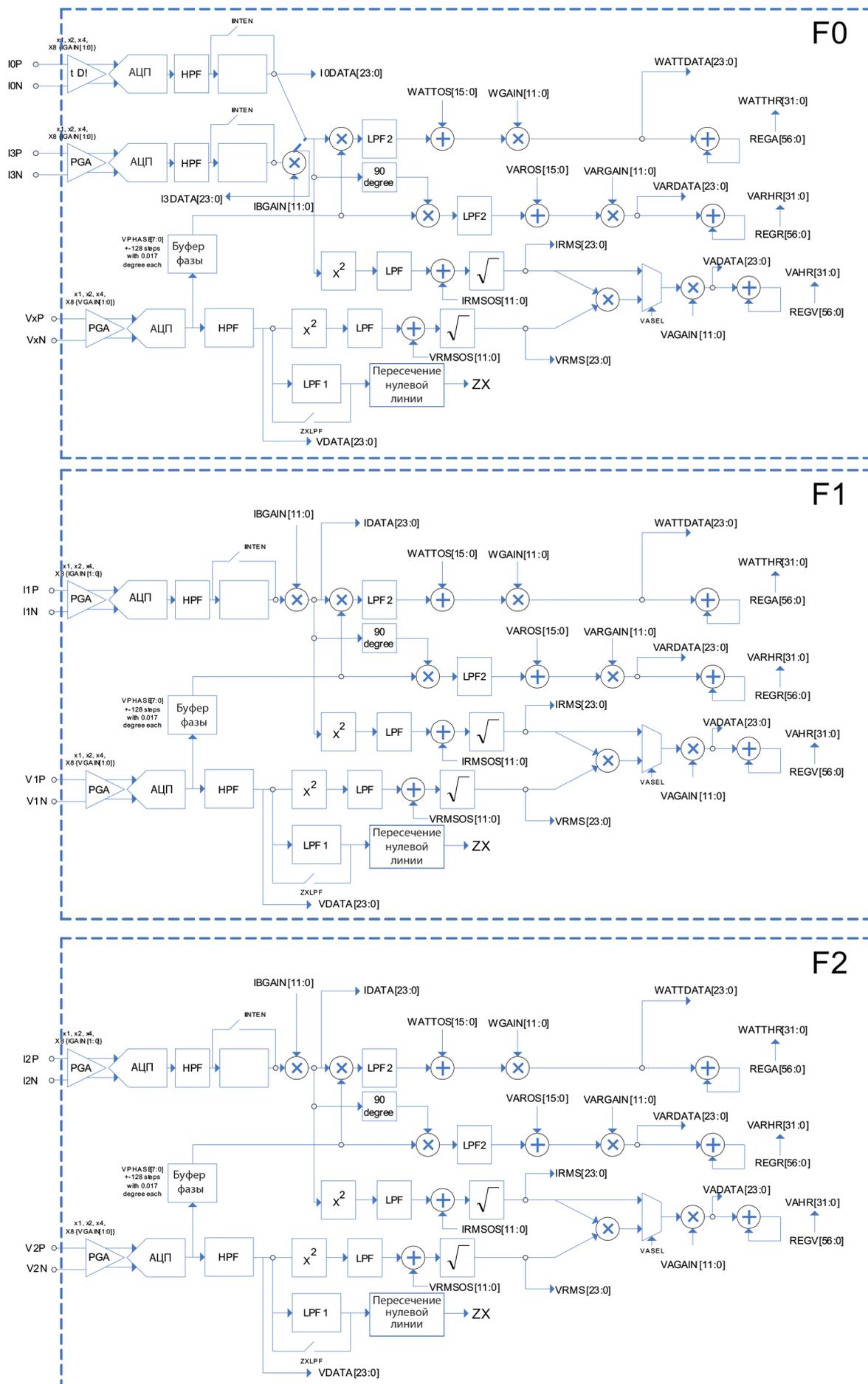


Рис. 1. Структурная схема 7 каналов АЦП

- все каналы АЦП имеют независимые калибровочные коэффициенты наклона характеристики;
- каждый канал тока имеет независимый интегратор;
- в каждом блоке АЦП (F0-F2) независимо рассчитывается период сигнала по каналу напряжения. Количество периодов, в течение которых рассчитывается эта величина, можно задавать следующим образом: 1/2/4/8/16/32/64/128;
- в каждом блоке есть проверка на пропажу периодического сигнала в канале напряжения;
- в каждом блоке проверяется просадка напряжения ниже заданного уровня, а также превышения сигнала в каналах тока и напряжения;
- реализована возможность коррекции фазы сигналов в каналах напряжения с точностью до 0,02%;
- вычисляются среднеквадратические, квадрат среднеквадратических значений токов и напряжений, а также их независимая калибровка;
- при вычислении активной и реактивной энергий их значения за период накапливаются в отдельных регистрах (для положительной и отрицательной энергий);
- вычисляются полная мощность и полная энергия;
- вычисляется сдвиг фаз по отношению к фазе 0.

Структурная схема 7 каналов АЦП представлена на рисунке 1.

АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОКОНЕЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все параметры вычисленных значений зависят от схемы включения микросхемы и от формата выходных данных. На рисунках 2, 3 приведены два вида включения АЦП: полностью дифференциальное и недифференциальное. Значения напряжения и токов после аналого-цифрового преобразования в случае недифференциального включения меньше дифференциального в 2 раза, а мощностные характеристики — в 4 раза. Для коррекции фазового сдвига в канале тока относительно канала напряжения в системе присутствует конфигурируемая линия задержки (см. рис. 4).

Варьируя значение задержки в канале напряжения, можно регулировать временной сдвиг каналов относительно друг друга. Поскольку частота отсчетов после преобразования равна 1,024 МГц, то один шаг равен 1/20480 периода 50-Гц сигнала или 0,018°. Поскольку в этой системе сдвиг осуществляется во временной области, то фазовый сдвиг в градусах зависит от частоты. В качестве децимирующего фильтра используется фильтр со структурой \sin^3 . Его характеристики в частотных диапазонах до 2 кГц и до 100 Гц приведены на рисунках 5 и 6 соответственно.

Как видно из вышеприведенных характеристик, фильтр подавляет частоты, близкие к 2 кГц до величин 12 дБ, что стоит учитывать при измерении гармоник основного тона. В полосе до 100 Гц подавление незначительно (на частоте 50 Гц подавление 0,008 дБ). Для коррекции влияния смещения и напряжения на вычисленную мощность в канале тока после децимирующего фильтра установлен высоко-частотный фильтр, отсекающий постоянную составляющую сигнала. Частота среза фильтра равна 1 Гц.

Если FIFO каналов сконфигурированы на прием отсчетов тока и напряжения ($FxI_{SEL} = 00$, $FxV_{SEL} = 00$), то значения отсчетов FIFO можно перевести в напряжения на входе по простейшим формулам, представленным в таблице 1. Значения приведены для усиления PGA = 0 дБ. Отсчеты, записанные в FIFO, представлены в двоичном формате с дополнением до 2.

Каждый из каналов тока (кроме I0) может быть скорректирован с помощью коэффициентов IBGAIN в соответствии с формулой 1. Значение IBGAIN записывается в двоичном формате с дополнением до 2.

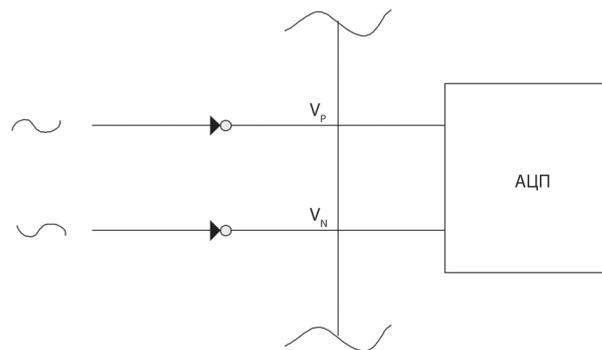


Рис. 2. Дифференциальное включение

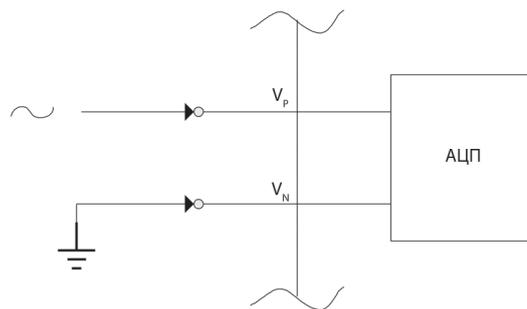


Рис. 3. Недифференциальное включение

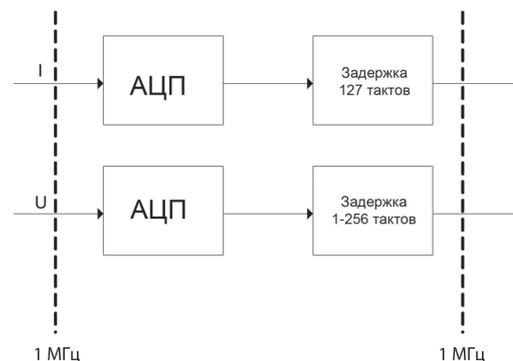


Рис. 4. Контролируемый фазовый сдвиг в канале напряжения

Таблица 1. Формулы перевода отсчетов FIFO в напряжения на входе

Режим	Входное напряжение АЦП, В
Дифференциальное включение, 24-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{23}}$, $\frac{FxI_{DAT}}{2^{23}}$
Дифференциальное включение, 16-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{15}}$, $\frac{FxI_{DAT}}{2^{15}}$
Недифференциальное включение, 24-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{22}}$, $\frac{FxI_{DAT}}{2^{22}}$
Недифференциальное включение, 16-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{14}}$, $\frac{FxI_{DAT}}{2^{14}}$

Таблица 2. Среднеквадратические величины

Режим	Напряжение, В
Дифференциальное включение	$\frac{F \times V_{RMS}}{2^{23}}, \frac{F \times I_{RMS}}{2^{23}}$
Недифференциальное включение	$\frac{F \times V_{RMS}}{2^{22}}, \frac{F \times I_{RMS}}{2^{22}}$

$$I_{COR} = I_{ADC} \cdot \left(1 + \frac{IBGAIN}{2^{11}}\right). \quad (1)$$

В регистрах FxV_{RMS} и FxI_{RMS} хранится вычисленная величина среднеквадратического значения тока и напряжения в соответствующей фазе. В таблице 2 приведены значения среднеквадратических величин. Для вычисления среднеквадратического значения используется следующий алгоритм (для примера выбран канал напряжения, но для канала тока алгоритм идентичный).

Входной сигнал представлен в виде:

$$V(t) = \sqrt{2} \cdot V_{rms} \cdot \sin(\omega t). \quad (2)$$

Отсчеты напряжения поступают с частотой 4 кГц. Далее каждый отсчет возводится в квадрат:

$$V^2(t) = 2 \cdot V_{rms}^2 \cdot \sin^2(\omega t) = V_{rms}^2 - V_{rms}^2 \cos(2\omega t). \quad (3)$$

Таким образом получаем сигнал с постоянной составляющей, равной среднеквадратическому значению напряжения, и пульсацией с удвоенной частотой по сравнению с входным сигналом. Для фильтрации пульсации полученный сигнал пропускается через фильтр с частотой среза 2 Гц. Этот фильтр подавляет пульсации на частоте 100 Гц ($50 \text{ Гц} \times 2$) с коэффициентом 35 дБ. Отфильтрованный сигнал поступает на блок извлечения квадратного корня. Результирующий сигнал также имеет пульсации, но ослабленные фильтром. Поэтому рекомендуется использовать режим синхронизации записи среднеквадратического значения с моментом перехода напряжения через 0 ($ZX_{RMS} = 1$).

После извлечения квадратного корня величину смещения среднеквадратического значения можно скорректировать с помощью 12-разрядных значений FxV_{RMSOS} и FxI_{RMSOS} . Перед корректировкой значение сдвигается на 8 бит вправо, что уменьшает шаг корректировки в 256 раз. Эта корректировка нужна для того, чтобы избавиться от ошибки, вызванной шумами на входе АЦП, которые после возведения в квадрат и накопления будут давать отклонения среднего уровня величины $V^2(t)$.

Формула коррекции выглядит следующим образом:

$$V_{cor}(t) = V_{rms}(t) + \frac{F \times V_{RMSOS}}{2^{20}}. \quad (4)$$

Значения FxV_{RMSOS} и FxI_{RMSOS} представлены в виде знаковых величин в двоичном коде с дополнением до 2. В регистрах FxV_{RMS}^2 и FxI_{RMS}^2 хранятся среднеквадратические значения напряжения и тока до извлечения квадратного корня. В таблице 3 приведены значения квадратов среднеквадратических величин.

Для вычисления реактивной мощности необходимо сдвинуть сигнал в канале тока на 90° . Это осуществляется с помощью фильтров, которые в достаточно широком диапазоне сохраняют сдвиг, равный 90° для обоих каналов. На рисунке 7 приведена его фазовая характеристика.

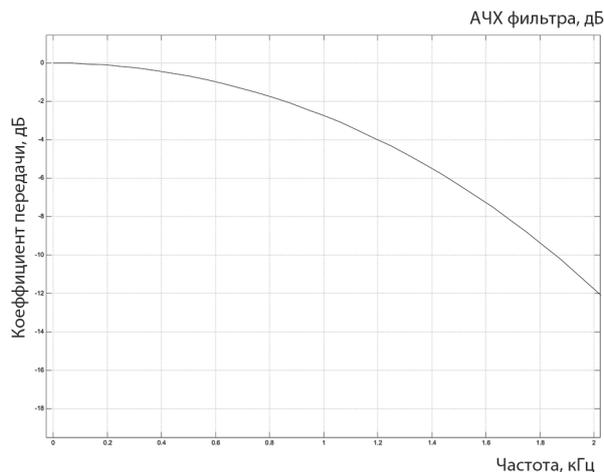


Рис. 5. Характеристика децимирующего фильтра в полосе до 2 кГц

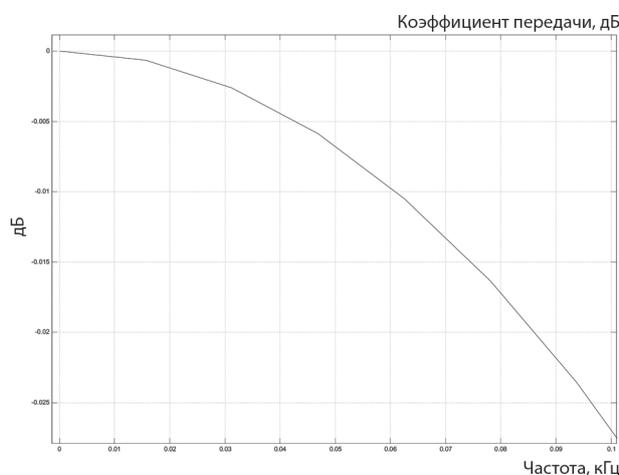


Рис. 6. Характеристика децимирующего фильтра в полосе до 100 Гц

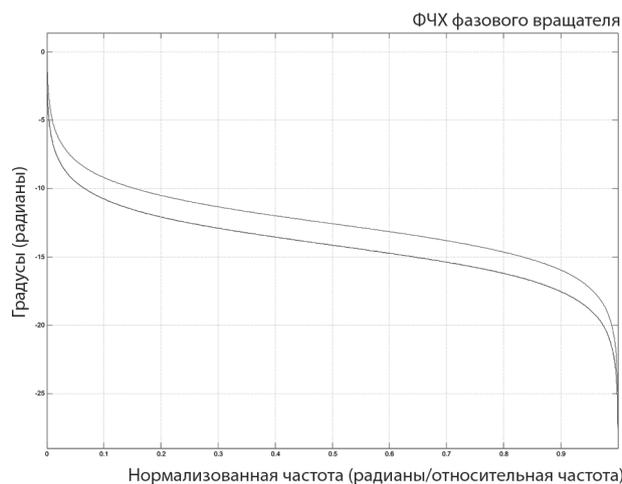


Рис. 7. Фильтр для сдвига сигнала на 90°

Таблица 3. Значения квадратов среднеквадратических величин

Режим	Напряжение, В
Дифференциальное включение	$\frac{F \times V_{RMS}^2}{2^{30}}, \frac{F \times I_{RMS}^2}{2^{30}}$
Недифференциальное включение	$\frac{F \times V_{RMS}^2}{2^{28}}, \frac{F \times I_{RMS}^2}{2^{28}}$

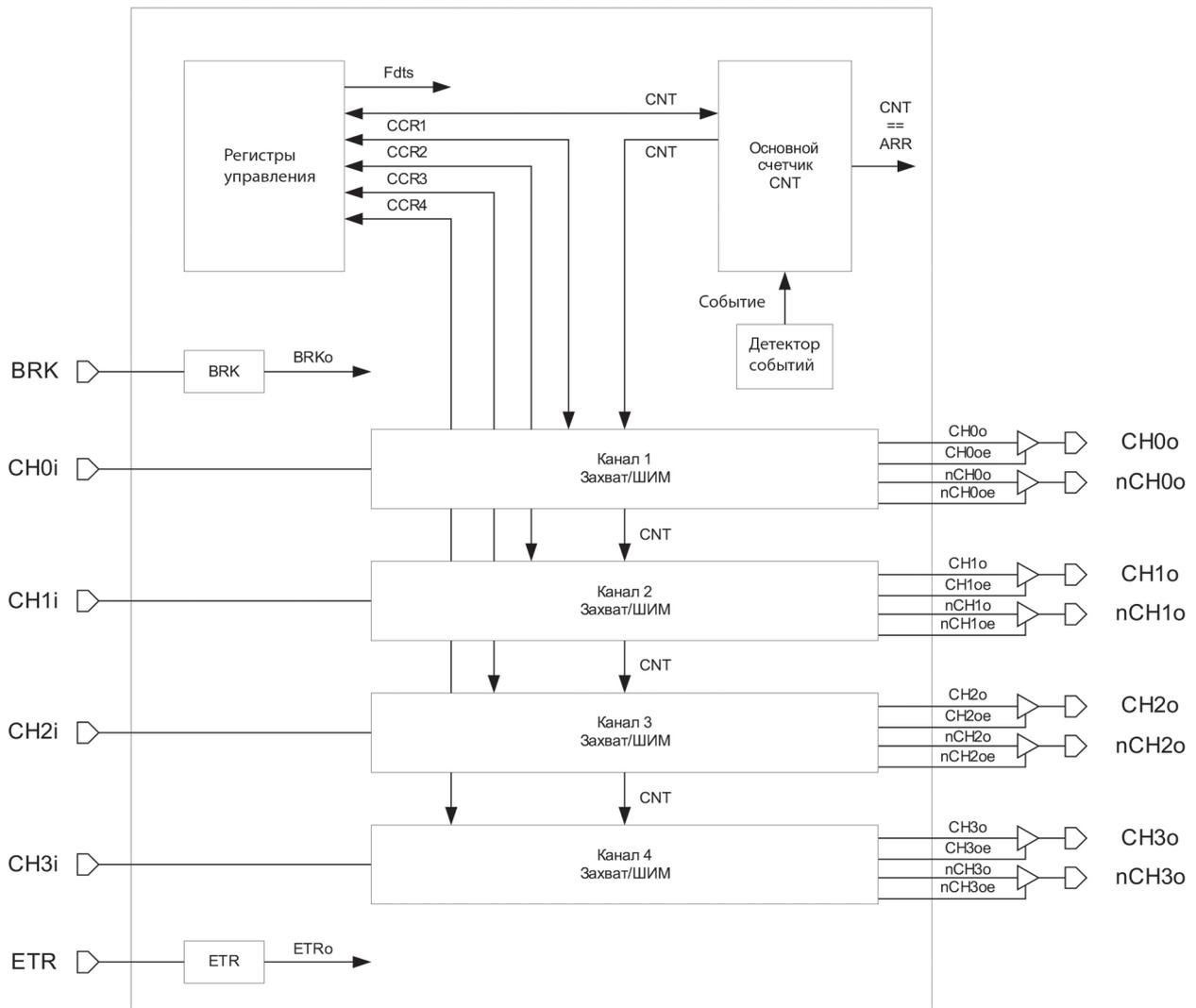


Рис. 8. Структурная схема таймера

Для вычисления активной и реактивной энергий используется подход, похожий на вычисление среднеквадратичного значения, только без извлечения квадратного корня:

$$V(t) = \sqrt{2} \cdot V_{rms} \cdot \sin(\omega t), \quad (5)$$

$$I(t) = \sqrt{2} \cdot I_{rms} \cdot \sin(\omega t). \quad (6)$$

При этом мгновенное значение мощности равно произведению тока на напряжение:

$$P(t) = V(t) \cdot I(t) = V_{rms} \cdot I_{rms} - V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos(2\omega t). \quad (7)$$

Среднее значение мощности за целое количество тактов равно:

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} P(t) dt = V_{rms} \cdot I_{rms}. \quad (8)$$

Таким образом мгновенное значение мощности равно постоянной составляющей произведения тока на напряжение. Для выделения постоянной составляющей используется низкочастотный фильтр с частотой среза 7 Гц. Значение мгновенной мощности можно получить из FIFO: и FxV_{DAT} , FxI_{DAT} .

Таблица 4. Формулы для перевода отсчетов FIFO в значения мощностей

Режим	Мощность, В×А
Дифференциальное включение, 24-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{23}}, \frac{FxI_{DAT}}{2^{23}}$
Дифференциальное включение, 16-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{15}}, \frac{FxI_{DAT}}{2^{15}}$
Недифференциальное включение, 24-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{21}}, \frac{FxI_{DAT}}{2^{21}}$
Недифференциальное включение, 16-разр. режим	$\frac{FxV_{DAT}}{2^{13}}, \frac{FxI_{DAT}}{2^{13}}$

Таблица 5. Формулы перевода значения в Вт×с.

Режим	Энергия, Вт×с
Дифференциальное включение	$\frac{FxWATTHR}{512 \cdot 4000}, \frac{FxWATTHR}{512 \cdot 4000}$
Недифференциальное включение	$\frac{FxWATTHR}{512 \cdot 1000}, \frac{FxWATTHR}{512 \cdot 1000}$

Если FIFO каналов сконфигурированы на прием отсчетов мощностей ($FxI_{SEL} = 01/10/11$, $FxV_{SEL} = 01/10/11$), то значения отсчетов FIFO можно перевести в значения мощностей по простейшим формулам, представленным в таблице 4. Значения приведены для усиления PGA = 0 дБ. Отсчеты, записанные в FIFO, представлены в двоичном формате с дополнением до 2.

Каждый из каналов мощности имеет независимую калибровку смещения (16 бит) и усиления (12 бит). Перед коррективкой смещение сдвигается на 8 бит вправо, что уменьшает шаг коррективки в 256 раз. Коррективка осуществляется в соответствии с формулой 9:

$$P_{cor} = (P + \frac{P_{os}}{2^{23}}) \cdot (1 + \frac{P_{gain}}{2^{11}}). \quad (9)$$

Вычисленная мощность после калибровки накапливается в регистре аккумулятора. Для каждой из трех мощностей есть свой аккумулятор. Значение в них определяет потребленную энергию. В таблице 5 приведена формула перевода значения в Втхс.

ТАЙМЕРЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Все блоки таймеров выполнены на основе 16-разрядного перезагружаемого счетчика, который синхронизируется с выхода 16-разрядного делителя. Перезагружаемое значение хранится в отдельном регистре. Счет может быть прямой, обратный или двунаправленный (сначала, до определенного значения — прямой, а затем — обратный).

Каждый из двух таймеров МК содержит 16-разрядный счетчик, 16-разрядный делитель частоты и 4-канальный блок захвата/сравнения. Их можно синхронизировать системной синхронизацией, внешними сигналами или другими таймерами.

Помимо составляющего основу таймера счетчика в каждый блок таймера входит четырехканальный блок захвата/сравнения. Этот блок выполняет как стандартные функции захвата и сравнения, так и ряд специальных функций.

Таймеры имеют 4 канала схем захвата и ШИМ с функциями формирования «мертвой зоны» и аппаратной блокировки. Каждый из таймеров может генерировать прерывания и запросы ПДП.

Схемотехнические особенности таймера:

- 16-разрядный вверх, вниз, вверх/вниз счетчик;
- 16-разрядный программируемый предварительный делитель частоты;
- до четырех независимых 16-разрядных каналов захвата на один таймер. Каждый из каналов захвата может захватить (скопировать) текущее значение таймера при изменении некоторого входного сигнала. В случае захвата имеется дополнительная возможность генерировать прерывание и/или запрос DMA;
- 4 (четыре) 16-разрядных регистра сравнения (совпадения), которые позволяют осуществлять непрерывное сравнение, с дополнительной возможностью генерировать прерывание и/или запрос DMA при совпадении;
- до четырех внешних выводов, соответствующих регистрам совпадения со следующими возможностями:
 - сброс в низкий уровень при совпадении,
 - установка в высокий уровень при совпадении,
 - переключение (инвертирование) при совпадении,
 - при совпадении состояние выхода не изменяется,
 - переключение при некотором условии.

Таймер предназначен для того, чтобы подсчитывать циклы периферийной тактовой частоты F_{dtc} или какие-либо внешние события и произвольно генерировать прерывания, запросы DMA или выполнять другие действия.

Таблица 6. Основные параметры счетчика «Милур-104»

Наименование параметра	Допускаемое значение
Класс точности по ГОСТ Р 52322-2005	1
Номинальное напряжение (Uном), В	230
Установка	На DIN-рейку
Межповерочный интервал	16 лет
Количество тарифов	До четырех
Установленный рабочий диапазон напряжения, В	От 207 до 253
Расширенный рабочий диапазон, В	От 184 до 265
Предельный рабочий диапазон напряжения, В	От 0 до 265
Базовый ток (Iб), А	5
Максимальный ток (Iмакс), А	80
Номинальное значение частоты, Гц	50
Стартовый ток (чувствительность), мА	20
Постоянная счетчиков, имп/кВт×ч – в режиме телеметрии; – в режиме поверки	5000 10000
Точность хода встроенных часов при включенном счетчике и при нормальной температуре не хуже, с/сут	± 0,5
Жидкокристаллический индикатор: – число индицируемых разрядов – цена единицы младшего разряда при отображении энергии, кВт×ч	8 0,01
Потребляемая мощность не более, В×А (Вт): – по цепи напряжения; – по цепи тока	8 (1,8) 0,5
Средняя наработка на отказ не менее, тыс. ч	220
Средний срок службы не менее, лет	30
Масса, кг	0,45
Габариты (длина×ширина×высота), мм	108×151×67
Интеграция в АСКУЭ	Готов

Значения таймера, при достижении которых будут выполнены те или иные действия, задаются восьмью регистрами совпадения. Кроме того, в МК имеются четыре входа захвата (чтобы захватить значение таймера при изменении некоторого входного сигнала) с возможностью генерировать прерывание или запрос DMA.

На рисунке 8 представлена структурная схема таймера. Таймер содержит основной 16-разрядный счетчик CNT, блок регистров управления, четыре канала схем захвата/ШИМ и функционирует в режимах: «таймер», «расширенный таймер» (с объединением нескольких таймеров), «схема захвата», «схема ШИМ».

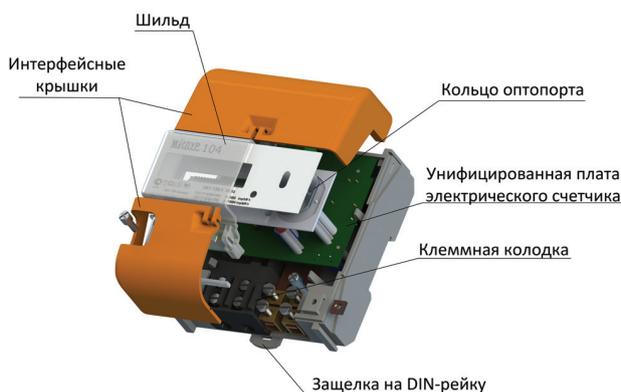


Рис. 9. Внешний вид электросчетчика «Милур-104»

Таблица 7. Сравнение показателей электросчетчика «Милур-104» и электросчетчиков других российских производителей

Параметр	«Милур-104»	СЕ102М-R5	СЭБ-2А.07Д	НЕВА 123 AS OP	Меркурий 200
Производитель	ЗАО «ПКК Миландр»	ОАО «Концерн Энергомера»	ННПО имени М.В. Фрунзе	ДЦ «Тайпит»	ООО «НПК «Инкотекс»
Класс точности	1	1	1	1	1
Количество тарифов	4	4	4	4	4
Номинальное напряжение, В	230	230	230	230	230
Номинальный (максимальный ток), А	5 (80)	5 (60)	5 (50)	5 (60)	5 (60)
Отображаемые параметры сети	Напряжение, ток, частота	Напряжение, ток, частота	нет	Напряжение, ток, частота	нет
Интерфейсы связи	Оптопорт и RS-485	Оптопорт или RS-485	Оптопорт или RS-485	Оптопорт	CAN
Межпервичный интервал, лет	16	10	16	16	16
Средняя наработка на отказ, тыс. ч.	220	160	140	140	150
Тип установки	DIN-рейка	DIN-рейка (возможность установки только в пломбируемый щиток)	DIN-рейка (возможность установки только в пломбируемый щиток)	DIN-рейка	DIN-рейка
Габариты, мм	108×151×67	110×89×72,5	108×110×65	116×78×65	156×138×58
Отечественный контроллер	Да MDR32F2Q11	Нет	Нет	Нет	Нет

ОДНОФАЗНЫЙ МНОГОТАРИФНЫЙ СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ «МИЛУР-104».

Внешний вид однофазного многотарифного электросчетчика «Милур-104», разработанного и выпускаемого группой компаний «Миландр», показан на рисунке 9.

Основные параметры счетчика «Милур-104» представлены в таблице 6.

Рабочие условия применения: группа 4 по ГОСТ 22261-94 с диапазоном рабочих температур — 40...55° С. При температуре –40...–20°С допускается частичная потеря работоспособности ЖКИ.

Преимущества электросчетчика «Милур-104»:

- реализован режим пониженного энергопотребления;
- предусмотрены режимы ручного и автоматического отключения нагрузки;
- оснащен стандартным оптопортом;
- расширен диапазон тока нагрузки — 80 А;
- реализована возможность отображения параметров сети (частота сети, напряжение, ток, потребляемая мощность);
- оснащен двумя интерфейсами интеграции в сеть верхнего уровня.

В таблице 7 сравниваются показатели электросчетчика «Милур-104» с характеристиками аналогичной продукции других российских производителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электросчетчик «Милур-104», выполненный на базе российского МК MDR32F2Q11, отвечает современным требованиям к изделиям подобного типа и обладает значительным потенциалом для модернизации и включения в перспективные системы автоматизированного учета всех видов коммунальных услуг, поскольку имеет большой резерв памяти программ и хороший запас внешних портов ввода-вывода.

Перспективные устройства на основе МК MDR32F2Q11 могут использоваться в качестве внутримодульных концентраторов и маршрутизаторов информационных потоков данных автоматизированных систем учета путем подключения к ним проводных и беспроводных локальных домашних сетей и передачи данных в сеть сбора информации.