

Андрей Никитин

СОВРЕМЕННЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С МАЛЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ



Упомянув микросхемы часов реального времени (RTC – *Real Time Clock*), компания Maxim в своих материалах использует слоган “If it’s electronic, it needs a clock” – «Если это электроника – ей нужны часы». Практически любое электронное устройство, имеющее для отображения информации внешний экран или жидкокристаллический индикатор, в дежурном режиме выводит на него текущее время и дату.

MAXIM
INNOVATION DELIVERED™

Первые микросхемы часов реального времени были выпущены компанией Dallas Semiconductor (ставшей в дальнейшем структурным подразделением Maxim Integrated Products) еще в 1985 году. С тех пор компания Maxim является безусловным лидером на этом сегменте рынка электронных компонентов. В настоящее время компания Maxim выпускает более 80 типов микросхем RTC.

Как составная часть, часы реального времени входят во многие современные микросхемы. Поэтому определим, что под микросхемами RTC (часов реального времени) мы будем понимать только те, для которых функция учета времени является основной.

Классификация микросхем RTC

Компания Maxim в качестве основного критерия для классификации микросхем RTC использует тип интерфейса управления, а именно

- Микросхемы RTC с последовательным интерфейсом управления:

- I²C,
- 3-wire,
- SPI.

- Микросхемы RTC с параллельным интерфейсом управления:

- с мультиплексированной шиной «адрес/данные»,
- с разделенными шинами адреса и данных.

- Микросхемы RTC с однопроводным интерфейсом 1-wire.

Вторым классификационным признаком может служить формат представления данных, а именно:

- Календарный, в виде шаблона YY-MM-DD (дата); HH-MM-SS (время) или его разновидностей,

- Бинарный, то есть непрерывный двоичный счетчик определенных единиц времени (секунд или их долей).

Строго говоря, этот признак определяет назначение микросхемы. В первом случае это часы и календарь, а во втором – счетчик прошедшего времени. Отметим, что во втором случае подсчет времени может быть как прерывным (например, для счетчиков электроэнергии), так и непрерывным (например, отсчет гарантийного срока или срока действия лицензии).

В качестве критерия для классификации может выступать факт наличия или отсутствия определенной функциональной характеристики микросхемы. К основным из таких характеристик можно отнести:

- Наличие встроенного генератора и/или батарейного источника питания.

- Возможность использования резервного (батарейного) источника питания.

- Тип и объем внутренней памяти.

- Наличие фантомного (phantom) интерфейса для доступа к внутренним регистрам микросхемы.

пользования внешнего генератора частоты, возможность «капельной» подзарядки внешней батареи и другие.

Важным параметром является ток, потребляемый микросхемой, в режиме счета времени. Для линейки микросхем RTC компании Maxim он лежит в пределах от 200 до 1500 нА. Очевидно, что в мобильных приложениях необходимо использовать микросхемы с низким энергопотреблением. Определение конкретного значения, которое позволило бы отнести микросхему к этой категории, – вопрос субъективный. Для примера отметим, что потребляемый ток 300 нА и менее имеют 14 микросхем из 82, имеющих в полной линейке. Перспективными в этом классе являются новые изделия компании Maxim – DS1341 и DS1342.

Микросхемы часов реального времени с малым энергопотреблением – DS1341/42

Данные устройства относятся к RTC-микросхемам с последовательным интерфейсом I²C и одним источником питания. Простота применения, низкая стоимость, малое энергопотребление

Микросхемы часов реального времени с малым энергопотреблением DS1341/42 относятся к RTC-микросхемам с последовательным интерфейсом I²C и одним источником питания. Простота применения, низкая стоимость, малое энергопотребление определяют оптимальность их применения в широком спектре экономичных приложений.

- Другие дополнительные функции: индивидуальный номер микросхемы, функции сторожевого таймера (*watchdog*) и будильника (*alarm*), секундный выход, контроль уровня основного питания, возможность ис-

определяют оптимальность их применения в широком спектре экономичных приложений. На рисунке 1 приведена типовая схема их включения.

Назначение выводов SCL, SDA (линии интерфейса I²C) и X1, X2 (подклю-

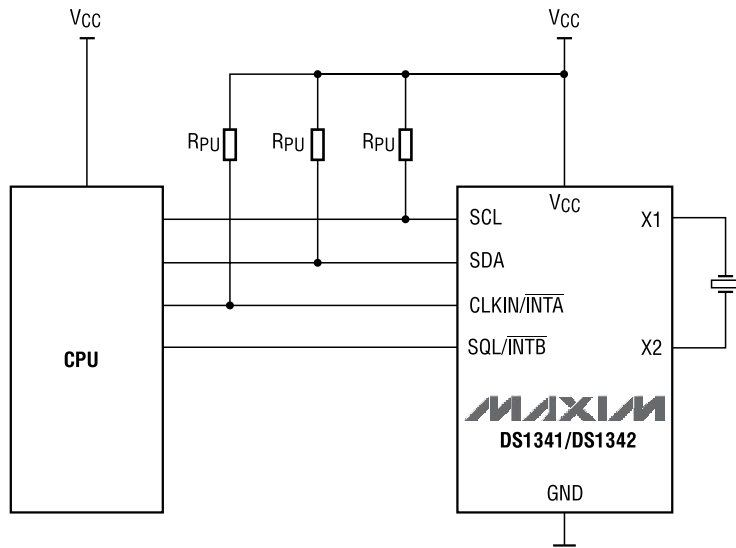


Рис. 1. Типовая схема включения микросхем DS1341/42

чение кварцевого генератора «часовой» частоты 32,768 кГц) очевидно. Коротко рассмотрим назначение остальных сигналов.

Вход CLKIN позволяет подключить внешний генератор частоты. Например, большинство GPS-приемников имеют выход 1PPS (*1 Pulse per Second*) — высокостабильный сигнал, положительный фронт которого индицирует «первую микросекунду в секунде». Соответственно, если в качестве датчика сигнала времени использовать его, то точность часов будет эталонной, не-

зависимо от параметров часового кварца. При этом наличие или отсутствие подтягивающего резистора будет зависеть от типа выхода 1PPS. Кроме того, вход может быть использован для подачи сигналов частотой 50 или 60 Гц, что удобно при построении систем, в которых в качестве синхросигнала используется частота сети (например, в счетчиках электроэнергии). Допускается также возможность использования внешнего генератора «часовой» частоты. Это имеет смысл для высокостабильных генераторов с температурной компенса-

цией, параметры которых существенно лучше типовых. Выбор конкретного режима осуществляется настройкой соответствующих разрядов регистра управления. Очевидно, что в этих случаях функции выхода INTA будут заблокированы. Отметим также, что при использовании этого входа в качестве датчика времени часовой кварц все равно необходим, поскольку он используется для синхронизации других элементов микросхемы.

Выход INTA — выход основного прерывания. В зависимости от настроек соответствующих разрядов регистра управления он может быть использован в качестве:

- выхода первого будильника Alarm1,
- композиции выходов Alarm1 + Alarm2.

Выход INTB — выход дополнительного прерывания. Также в зависимости от настроек регистра управления он может быть использован в качестве:

- выхода второго будильника Alarm2,
- композиции выходов Alarm1 + Alarm2.

Выход SQW — выход сигнала прямоугольной формы (разработчики имели в виду, что сигнал имеет скважность, равную 2). В зависимости от настроек частота этого сигнала может быть 1 Гц; 4,098 кГц, 8,192 кГц или 32,768 кГц. Выбор между режимами INTB или SQW

Таблица 1. Карта программно-доступных регистров микросхем DS1341 и DS1342

Адрес	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0	Функция	Диапазон
00h	0	10 сек			Секунды			Секунды	00...59	
01h	0	10 мин			Минуты			Минуты	00...59	
02h	0	12/24	AM/PM	10 ч	Час			Часы	1...12+ AM/PM 00...23	
03h	0	0	0	0	0	День			День	1...7
04h	0	0	10 дат		Дата			Дата	01...31	
05h	CENT	0	0	10 мес	Месяц			Месяц/век	01...12+век	
06h	10 лет			Год			Год	00...99		
07h	A1M1	10 сек			Секунды			Сигнал 1 секунды	00...59	
08h	A1M2	10 мин			Минуты			Сигнал 1 минуты	00...59	
09h	A1M3	12/24	AM/PM	10 час	Час			Сигнал 1 часы	1...12+ AM/PM 00...23	
0Ah	A1M4	DY/DT	10 дат		День, дата			Сигнал 1 день, Сигнал 1 дата	1...7 1...31	
0Bh	A2M2	10 мин			Минуты			Сигнал 2 минуты	00...59	
0Ch	A2M3	12/24	AM/PM	10 час	Часы			Сигнал 2 часы	1...12+ AM/PM 00...23	
0Dh	A2M4	DY/DT	10 дат		День, дата			Сигнал 2 день, Сигнал 2 дата	1...7 1...31	
0Eh	EOSC	0	EGFIL	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Контроль	—
0Fh	OSF	DOSF	LOS	CLKSEL2	CLKSEL1	ECLK	A2F	A1F	Контроль/статус	—

осуществляется настройками соответствующих разрядов регистра управления.

Управление работой микросхемы осуществляется путем записи соответствующего пакета данных в программно доступные регистры микросхемы. Карта этих регистров приведена в табл. 1.

Начальный запуск микросхемы заключается в записи текущих значений времени, даты и дня недели в регистры 00h...06h, а также в задании режима работы (и непосредственно запуска) в регистре управления 0Eh.

Запуск будильников Alarm1 и Alarm2 производится следующим образом. Записываются шаблоны момента срабатывания в регистры 07h...0Ah для будильника Alarm1 и 0Bh...0Dh для будильника Alarm2. При этом условия срабатывания определяются значением разрядов A1Mx и A2Mx, соответственно. В регистре управления устанавливаются биты, разрешающие запуск.

Возможны следующие условия срабатывания. Для будильника Alarm1:

- каждую секунду;
- при совпадении значения секунды;
- при совпадении значений минут и секунд;
- при совпадении значений часов, минут и секунд;
- при совпадении значений даты, часов, минут и секунд;
- при совпадении значений дня недели, часов, минут и секунд.

Для будильника Alarm2:

- каждую минуту (в «нулевую» секунду);
- при совпадении значения минуты;
- при совпадении значений часов и минут;
- при совпадении значений даты, часов и минут;
- при совпадении значений дня недели, часов и минут.

Как видим, при всей «экономичности» микросхем они обладают достаточно широкими функциональными возможностями.

Обратим внимание на следующий факт. Большинство микросхем RTC в линейке компании Maxim имеют два источника питания: основной (из категории ВИП) и резервный (батарейный). Пропадание основного питания вызывает переключение с основного напряжения на батарейное питание. Соответственно, возникает потребность, как минимум, в механизме коммутации, функции «капельной» подзарядки батареи и контроле величины основного напряжения. Микросхемы DS1341 и DS1342 имеют один источник питания. Казалось бы, это недостаток. Но следует учесть, что данные микросхемы ориентированы на применение в мобильных устройствах, которые не имеют другого питания, кроме батарейного. Далее,

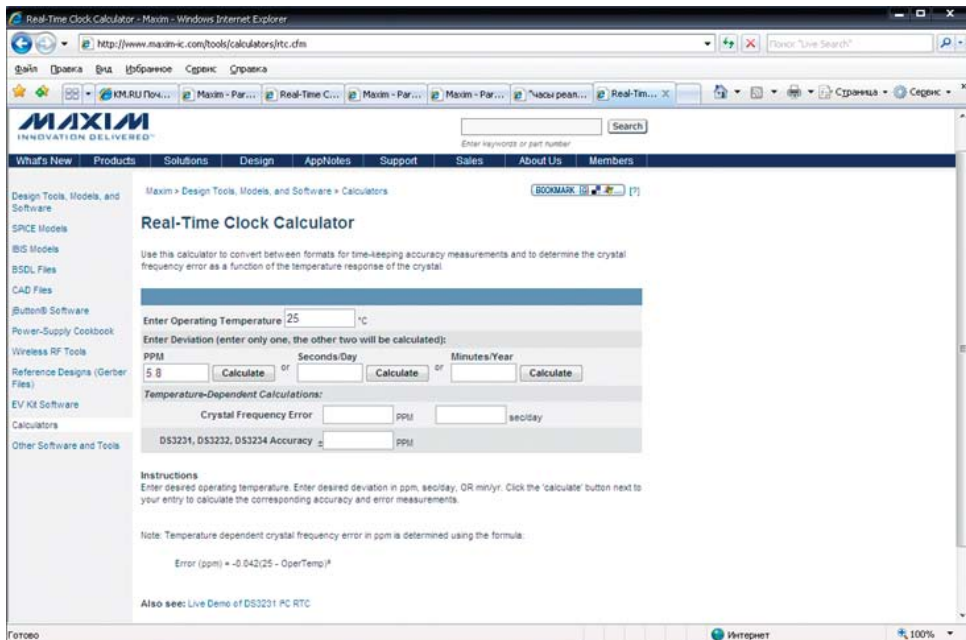


Рис. 2. Исходное состояние калькулятора

диапазон рабочего напряжения весьма широк: от 1,8 до 5,5 В. Следовательно, единственный источник питания — разумное и естественное решение.

Очевидно, что данная статья не ставит целью заменить техническую документацию. Конкретные детали: назначение разрядов регистров, протокол интерфейса, электрические характеристики, различия между DS1341 и DS1342 можно найти в документации производителя [1].

Точность часов реального времени

Для конечного устройства, использующего микросхему часов реального времени, определяющим параметром качества является его точность, то есть уход за некоторый интервал времени, например,

минуты за год. Факторы, влияющие на точность, можно разделить на конструктивные, электрические и системные.

Конструктивные факторы сводятся, в основном, к требованиям по разводке печатной платы. Главное из них — кварцевый резонатор должен быть размещен как можно ближе к выводам X1 и X2 микросхемы, поскольку это минимизирует шумы на подводящих проводниках. Пример фрагмента разводки и необходимые пояснения приведены в [1].

Электрические факторы: электрическая нагрузка, в частности — внутренний генератор микросхемы часов, имеет определенную входную емкость. Как правило, она нормирована и для схем «часовой» частоты составляет 12,5 пФ. Другие значения: 6, 7, 9 пФ — встреча-

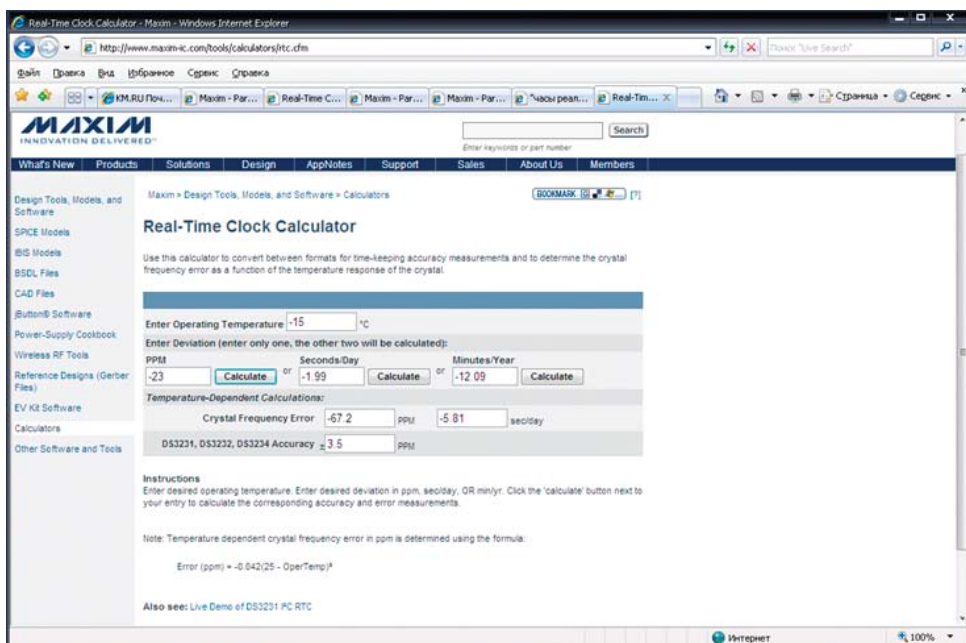


Рис. 3. Итоговое состояние калькулятора

ются реже. Кварцевый резонатор также подогнан под конкретное значение емкости нагрузки. Необходимо обращать внимание, чтобы значения входной емкости устройства (для DS1341 – 6 пФ, а для DS1342 – 12,5 пФ) совпадали с емкостью нагрузки кварца.

Основными являются **системные** факторы, которые определяются точностными параметрами кварцевого резонатора, а именно:

- Номинальной частотой F_n . В нашем случае 32,768 кГц.

- Базовой частотой – реальной частотой резонатора F_0 , измеренной в заданных условиях эксплуатации. Как правило, определяются только климатические условия – базовая температура окружающей среды T_0 , равная $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

- Рабочей частотой – частотой резонатора F , измеренной в реальных условиях эксплуатации (климатических, электрических и временных). Климатические: допустимый диапазон изменения рабочей температуры. Электрические – согласование емкостей (см. выше). Временные – фактор старения (см. ниже).

- Точностью настройки частоты – максимально допустимым относительным отклонением базовой частоты резонатора от номинальной частоты. Точность измеряется в миллионных долях от номинальной частоты, обозначаемых как ppm (*part per million*) или $1 \cdot 10^{-6}$. В отдельных редких случаях значение этого параметра приводится в процентах. Типовое значение – 20...30 ppm. Определяется по формуле:

$$\Delta_0 = \frac{(F_0 - F_n)}{F_n}$$

- Температурной нестабильностью частоты Δ_T – «добавкой» к Δ_0 при отклонении реальной температуры T от базовой T_0 . Для часовых кварцев этот параметр определяется по формуле:

$$\Delta_T = \beta(T - T_0)^2$$

Типовое значение нестабильности – $-0,042$. У качественных кварцев – меньше.

- Долговременной нестабильностью частоты (старение) Δ_a – систематическим изменением базовой частоты с течением времени из-за внутренних изменений в кварцевом резонаторе. Параметр старения задается как относительное изменение базовой частоты за заданный промежуток времени. Это значение выражается в частях миллиона за год (как правило, 3...5 ppm/year). Уход частоты под влиянием старения в максимальной степени сказывается в течение первых 30...60 дней эксплуатации, после чего влияние этого фактора уменьшается.

- Суммарным отклонением частоты Δ – сумма Δ_0 , Δ_T и Δ_a .

Типовой расчет:

Качественный кварцевый резонатор KX-327L немецкой компании Geyer Electronic [2].

Параметры: $\Delta_0 = \pm 20$, $\beta = -0,035$, $\Delta_a = \pm 3$.

Рабочая температура: $T = -15^\circ\text{C}$ (зима). Тогда $\Delta_T = -0,035 \cdot [(-15) + (-25)]^2 = -56$.

Суммарное отклонение (берем все со знаком «минус»): $\Delta = (-20) + (-56) + (-3) = -79$ ppm.

К чему это приводит за день: $24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 86400 \cdot (-79) \cdot 10^{-6} = -6,8$ секунды за день.

То же самое при температуре 25°C : $86400 \cdot (-23) \cdot 10^{-6} = -2,0$ секунды за день.

Вывод: для достижения точности при выборе кварца в первую очередь обращать внимание на значение коэффициента β .

Калькулятор расчета температурной ошибки

На сайте компании Maxim (по ссылке www.maxim-ic.com/tools/calculators/rtc.cfm) предложен калькулятор для расчета дополнительной ошибки от влияния рабочей температуры. На рисунке 2 представлен скриншот исходного состояния.

Для получения дополнительной «температурной» ошибки необходимо задать рабочую температуру и реальное значение PPM (лучше с учетом старения и со знаком «минус»). Подставим значения из примера. Нажав левый «Calculate», получим скриншот, представленный на рисунке 3.

Анализируем результат. Суммарная ошибка равна $(-1,99) + (-5,81) = -7,8$ секунды за день. В нашем расчете было $-6,8$ секунды за день. В чем причина?


Типовое значение коэффициента β , как отмечалось выше, равно $-0,042$. Кварцы с меньшим значением этого коэффициента появились на рынке не очень давно. К сожалению, калькулятор не предусматривает изменение этого коэффициента – отсюда и расхождение в результатах.

Тем не менее, автор все же советует выбирать кварцы с меньшим коэффициентом β и считать вручную.

Заключение

В данной статье детально рассматривались исключительно новые микросхемы часов реального времени, предназначенные для мобильных приложений с батарейным питанием. За рамками статьи осталась достаточно широкая номенклатура прецизионных RTC-микросхем, использующих кварцевые приборы с температурной компенсацией, имеющие существенно более высокую точность (до 2 ppm). Они рассматривались в более ранних выпусках журнала [3], [4]. Также в ранних выпусках рассматривались часы реального времени, предназначенные для стационарных изделий [5]. И, наконец, полная линейка RTC-микросхем представлена в выпуске Selector Guide компании Maxim, посвященном часам реального времени [6].

Литература

1. Low-Current I²C RTCs for High-ESR Crystals DS1341/DS1342// документ компании Maxim Integrated Products DS1341-DS1342.pdf.
2. Quartz Crystals KX-327L// документ компании Geyer Electronic Model-KX-327L.pdf.
3. Звонарев Е. Прецизионные часы реального времени Maxim// Новости электроники, №15, 2007.
4. Корсуков В. Часы реального времени компании Dallas Semiconductor. Часть 1//Новости электроники, №8, 2006.
5. Корсуков В. Часы реального времени компании Dallas Semiconductor. Часть 2//Новости электроники, №10, 2006.
6. Real-Time Clocks. Selector Guide. 1st Edition. June 2009// документ компании Maxim Integrated Products Real Time Clocks 1.pdf. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru



MAXIM INNOVATION DELIVERED™ ЧАСЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ DS1341/1342

- Интерфейс I²C
- Ток потребления 250 нА
- Напряжение питания 1,8...5,5 В
- Два независимых сигнала будильника с двумя выводами прерывания