

Беспроводная система точного времени с первичным датчиком от GPS

Часть 2

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Статья посвящена системе точного времени, которая получает значение точного времени по GPS и производит синхронизацию по радиоканалу ZigBee.

В первой части статьи, опубликованной в предыдущем номере, автор представил структурную схему и подробно остановился на первичных часах. Вторая часть посвящена наладке первичных и подробному описанию вторичных часов.

НАЛАДКА ПЕРВИЧНЫХ ЧАСОВ

После включения необходимо путём подбора сопротивления резистора R2 установить на выходе стабилизатора DA2 напряжение +3,3 В. Дальнейшая наладка осуществляется в два этапа.

На первом этапе, расположив устройство внутри здания в месте с видимым участком открытого неба, необходимо добиться устойчивого приёма сигнала хотя бы от одного спутника. Контроль приёма можно вести по индикатору в рабочем режиме или по NMEA-сообщениям GPS-приёмника в сервисном режиме 1, подключив ПК к

консольному порту устройства. При приёме сигналов от спутников следует, как минимум, добиться, чтобы в NMEA-сообщении RMC содержались корректные значения времени и даты UTC.

Второй этап наладки заключается в пользовательской настройке радиомодуля, для чего следует перейти в сервисный режим 2, сохранив аппаратное подключение ПК к консольному порту. Настройка радиомодуля с помощью подключенного ПК может быть осуществлена в любой компьютерной программе – эмуляторе терминала – путём подачи соответствующих AT-

команд. Однако удобнее производить настройку с помощью работающей под ОС Windows бесплатной сервисной программы X-CTU, которую можно загрузить по ссылке http://ftp1.digi.com/support/utilities/40002637_c.exe.

При инсталляции X-CTU на ПК будет предложено выполнить автоматическое обновление базы поддерживаемых устройств (радиомодулей). При наличии текущего подключения ПК к Интернету рекомендуется согласиться на указанное обновление, т.к. первоначальный вариант базы X-CTU не поддерживает работу с используемыми радиомодулями. Впрочем, обновление базы можно произвести и после инсталляции X-CTU с помощью кнопки Download new versions... страницы Modem Configuration программы.

После запуска программы X-CTU отрывается первая страница окна программы – PC Settings, как показано на рисунке 6. На ней необходимо задать COM-порт ПК, к которому физически подключен консольный порт первичных часов, и параметры обмена 9600 бит/с, 8-N-1, нет управления потоком. Эти заданные по умолчанию заводские параметры настройки интерфейса UART радиомодулей XBP08 совпадают с заданными в управляющей программе МК первичных часов параметрами настройки консольного UART и UART подключения радиомодуля. Затем с помощью кнопки Test/Query запускается проверка наличия подключенного радиомодуля. В случае корректного опознавания модуля программой отрывается окно, содержащее информацию о нём, как показано на рисунке 6. К этой информации относится тип модуля (в нашем случае XBP08-DP) и версия его программной «прошивки» (1027).

Далее необходимо перейти на страницу Modem Configuration и с помощью кнопки Read произвести чтение текущих параметров конфигурации подключенного радиомодуля. После завершения чтения тип и версия «прошивки», а также список прочитанных параметров конфигурации

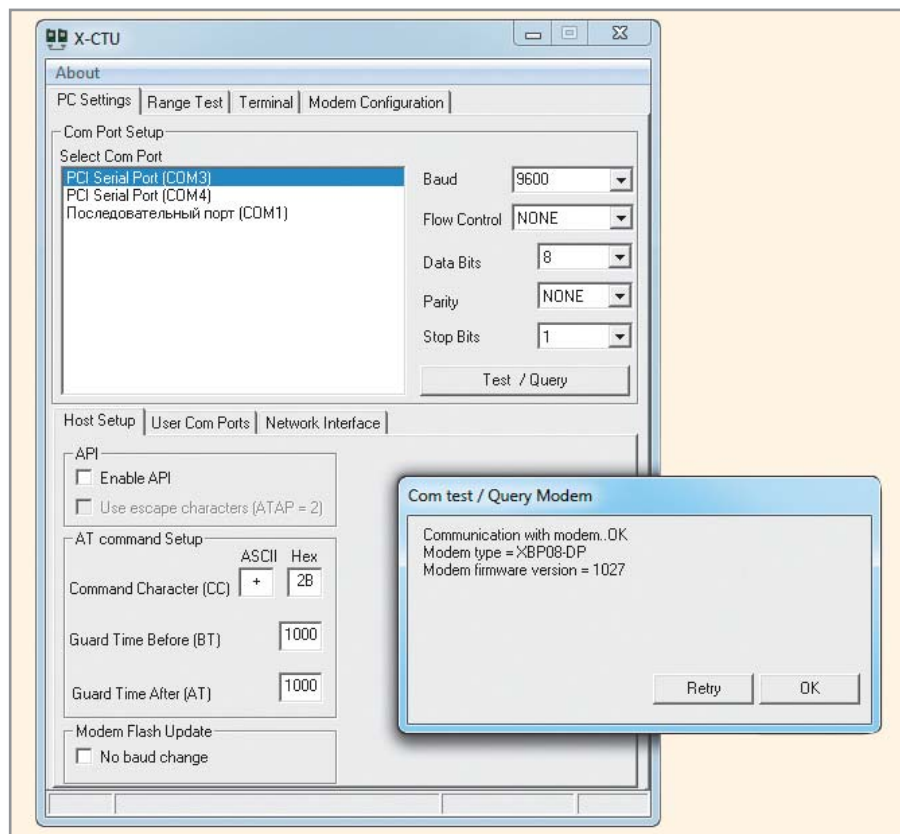


Рис. 6. Страница PC Settings, предназначенная для установления связи ПК с радиомодулем

модуля отобразятся в соответствующих полях страницы, как показано на рисунке 7.

Видно, что параметры конфигурации сгруппированы по тематическим разделам (папкам) и отображаются в окне в виде списка позиций таблицы разных цветов. Зелёным цветом выделены доступные для изменения параметры, имеющие значения по умолчанию. Чёрным цветом отображаются параметры, недоступные для изменения. Текущие значения доступных для изменения параметров сохраняются в энергонезависимой памяти радиомодуля. Совокупность всех параметров конфигурации образует профиль конфигурации радиомодуля, который может быть целиком сохранён в ПК (кнопка Save) или загружен из ПК (кнопка Load) в виде файла с расширением .pro.

Для перехода к редактированию конкретного параметра конфигурации следует щёлкнуть ЛКМ на его позиции таблицы в списке. При этом открывается окно с текущим значением параметра, которое может содержать стрелку для открытия выпадающего списка доступных значений, как показано на рисунке 7.

В нашем случае редактированию подлежат следующие параметры конфигурации:

- уровень мощности передатчика PL – TX Power Level. В зависимости от требуемого радиуса действия системы, может быть задан один из пяти уровней мощности: уровень 0 (минимальный) – 1 мВт (0 дБм), уровень 1 – 25 мВт, уровень 2 – 100 мВт, уровень 3 – 200 мВт, уровень 4 (максимальный) – 315 мВт (+25 дБм). При задании этого параметра необходимо учитывать рекомендацию производителя, т.е. располагать радиомодули, для которых задана максимальная мощность, на расстоянии не менее 7 м друг от друга. В противном случае возможно ухудшение связи из-за перегрузки приёмника. Необходимо также обращать внимание на соблюдение требований действующих нормативных документов по эксплуатации передающих радиосредств. Так, при заданных значениях мощности передатчиков 1 или 25 мВт радиомодули XBP08-DP подпадают под категорию устройств малого радиуса общего применения, для которых не требуется разрешение и присвоение радиочастоты

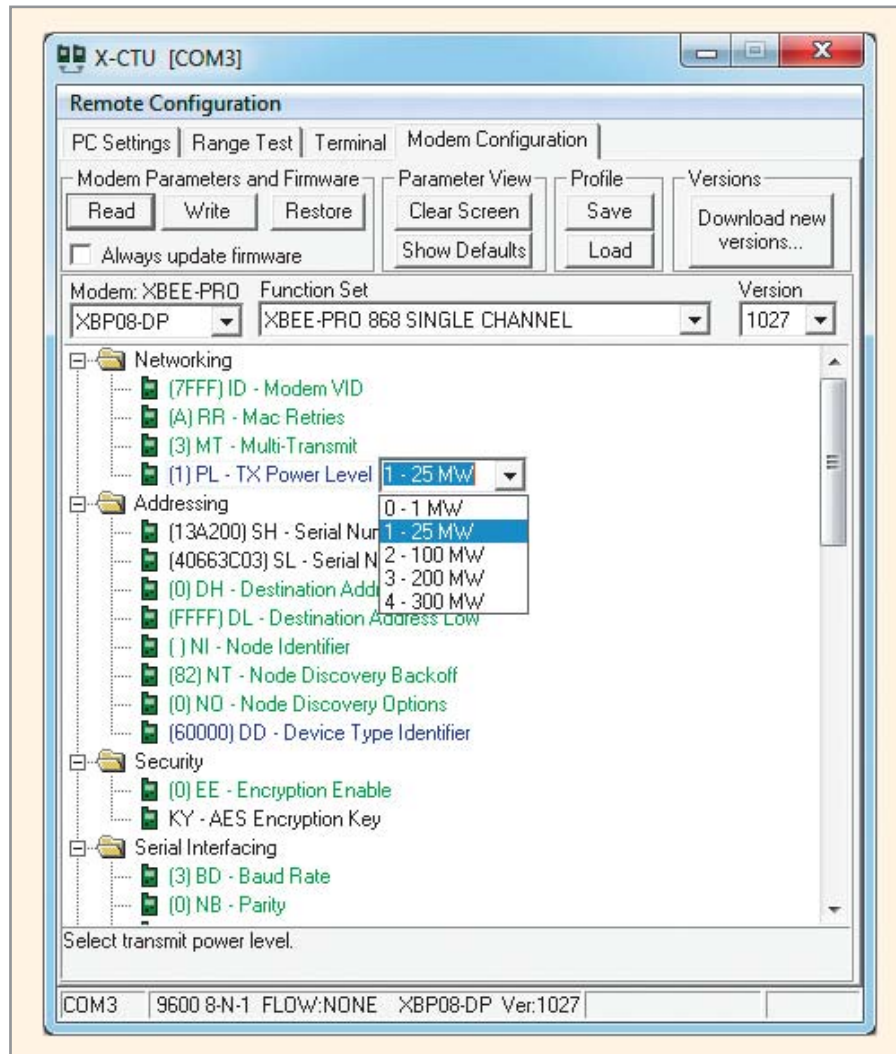


Рис. 7. Страница Modem Configuration, предназначенная для чтения/записи настроек радиомодуля

(Приложение 11 к решению ГКРЧ от 07.05.2007 № 07-20-03-001). Для эксплуатации радиомодулей при больших значениях мощности передатчиков может возникнуть необходимость получения разрешения и присвоения (назначения) радиочастоты в установленном порядке;

- 64-разрядный идентификационный код (IEEE-адрес) другого (удалённого) радиомодуля в используемой паре – адрес назначения. Этот код состоит из старшей части DH – Destination Address High и младшей части DL – Destination Address Low соответственно. Адресация при установлении радиоканала в режиме «точка-точка» обеспечивается записью в память каждого из модулей уникального IEEE-адреса другого модуля в паре. Собственный IEEE-адрес каждого радиомодуля содержится в его составном параметре SH – Serial Number High и SL – Serial Number Low, а также указан на корпусе модуля. В режиме «точка-точка» радиомодуль получает подтверждение при-

ёма каждого пакета данных. Модуль-приёмник посылает модулю-передатчику подтверждение (ACK) в случае, если пакет принят без ошибок. Если передатчик не получает подтверждения, он будет передавать пакет вновь (до трёх попыток). Указанный режим является оптимальным при наличии в системе только одних вторичных часов. При наличии в системе двух и более вторичных часов необходимо использовать т.н. широковещательный режим «точка-многоточка» (broadcast), при котором один радиомодуль может одновременно передавать данные всем остальным. Посылка подтверждения и повторная передача пакетов в указанном режиме не поддерживаются. Для работы в широковещательном режиме адрес назначения DH радиомодуля должен быть задан нулевым, а DL иметь значение 0x0000FFFF.

Значения остальных параметров профиля конфигурации в нашем случае можно оставить заданными по умолчанию. Для записи отредактиро-

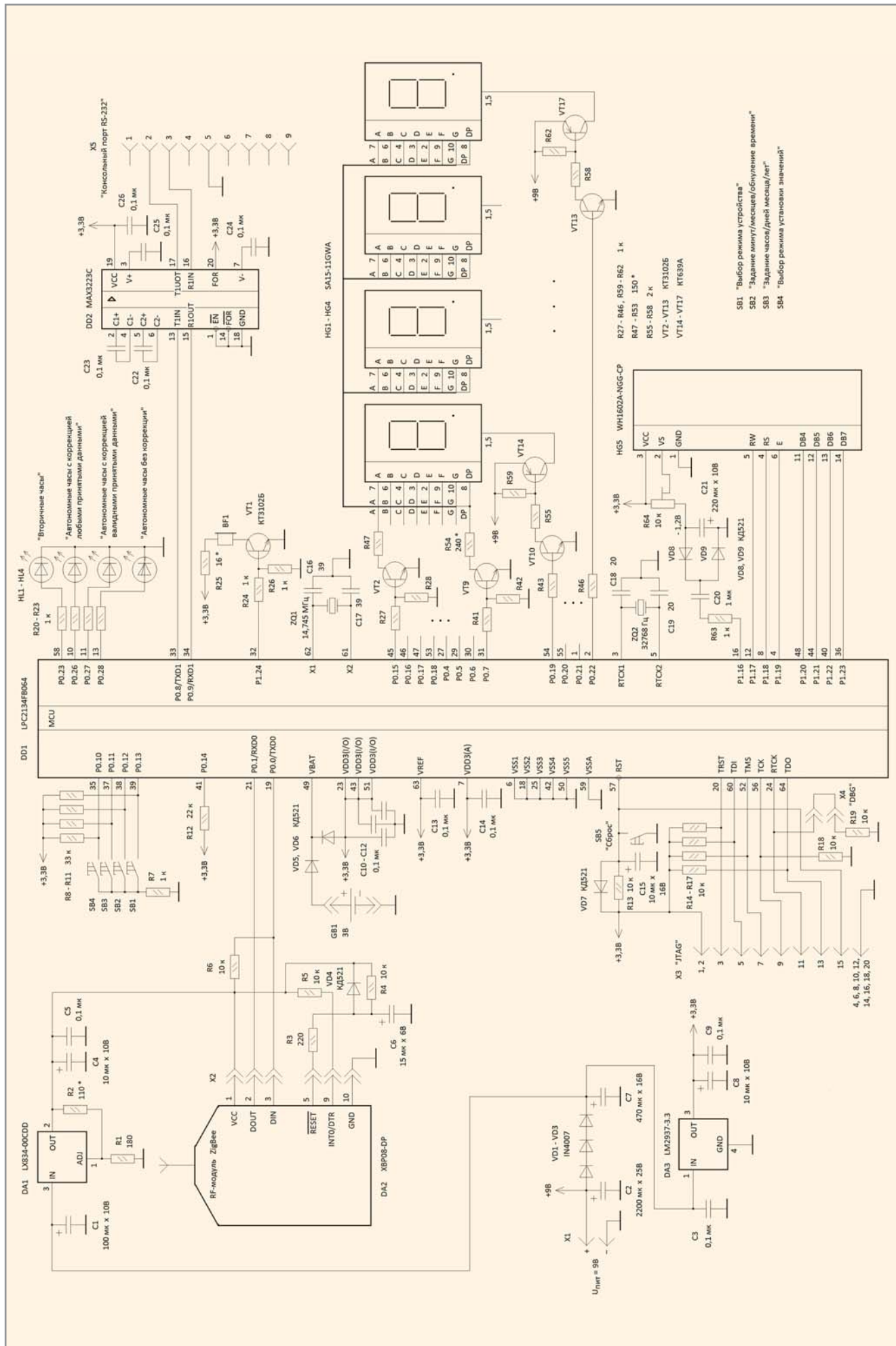


Рис. 8. Принципиальная схема вторичных часов

ванного профиля конфигурации в энергонезависимую память радиомодуля необходимо щёлкнуть на кнопке Write. Ход записи будет отображаться графической шкалой в нижней части страницы Modem Configuration.

ВТОРИЧНЫЕ ЧАСЫ

Структурная схема вторичных часов приведена на рисунке 3б. При выборе аппаратной платформы для этого устройства к целевому МК предъявлялись следующие требования: наличие не менее двух аппаратных модулей UART, наличие встроенного аппаратного модуля часов/календаря реального времени, имеющего отдельную линию автономного (батарейного) резервного электропитания, наличие достаточного числа линий ввода-вывода общего назначения для подключения индикатора (индикаторов) и цепей управления. Указанным требованиям вполне удовлетворяет 32-разрядный МК LPC2134 фирмы NXP в 64-выводном корпусе.

Принципиальная схема вторичных часов приведена на рисунке 8, а общий вид макета устройства – на рисунке 9.

Для отображения информации о времени и дате в устройстве предусмотрены следующие средства индикации:

- крупногабаритный светодиодный (семисегментный) индикатор на четыре знакоместа (HG1 – HG4). Он отображает текущее время, индицирует секундный или двухсекундный ритм и часть возможных режимов устройства. С этим индикатором устройство может использоваться, например, в качестве настенных часов;
- малогабаритный жидкокристаллический знаковосинтезирующий индикатор на две строки по 16 символов, совместимый со стандартом HD44780 (HG5). Индикатор отображает текущее время, дату и все режимы устройства. С этим индикатором устройство может использоваться, например, в качестве настольных часов и календаря;
- светодиодная линейка из четырёх светодиодов (HL1 – HL4) для индикации основных режимов устройства.

По выбору пользователя устройство можно эксплуатировать с одним (любым) из цифровых индикаторов или с обоими. При этом не требуется вносить какие-либо изменения во встроенную управляющую программу МК.

Имеющийся в составе МК DD1 встроенный аппаратный модуль ча-

сов/календаря реального времени (RTC) получает питание +3,3 В от стабилизатора DA3 по отдельной линии VBAT (вывод 49 DD1), которое резервируется литиевой батареей GB1 напряжением 3 В. Ток потребления модуля RTC по этой линии составляет несколько мкА, что позволяет устройству сохранять автономный отсчёт времени при отсутствии внешнего электропитания МК в течение нескольких дней. Тактирование модуля RTC в МК осуществляется от отдельного генератора, стабилизированного кварцевым резонатором ZQ2 с частотой 32 768 Гц.

Выпрямитель на элементах R63, C20, VD8, VD9, C21 предназначен для выработки небольшого (порядка 1 В) отрицательного (относительно общего провода) напряжения из импульсной последовательности с частотой 500 Гц, формируемой на линии МК P1.16 (вывод 16 DD1) программным способом. Указанное напряжение позволяет обеспечить приемлемую контрастность показаний ЖКИ HG5 даже при низком для него напряжении питания +3,3 В.

Разъём X3 JTAG, предназначенный для загрузки и отладки управляющей программы МК, – стандартный 20-контактный. Каждый из конденсаторов C10 – C14 должен располагаться в непосредственной близости от вывода питания МК DD1. Светодиоды HL1 – HL4 – любые малогабаритные для поверхностного монтажа, рассчитанные на рабочий ток 5...10 мА.

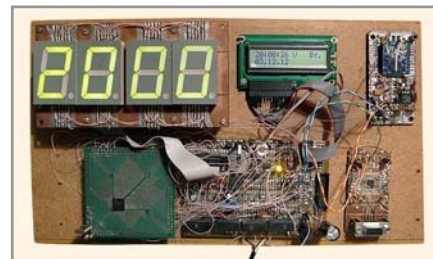


Рис. 9. Общий вид макета вторичных часов

Последовательно включённые гасящие диоды VD1 – VD3 предназначены для понижения входного питающего напряжения +9 В до его подачи на входы стабилизаторов DA1, DA3, что облегчает их тепловой режим. Напряжение +9 В используется для питания крупногабаритных семисегментных светодиодных индикаторов с общим анодом HG1 – HG4. Ток потребления всего устройства от источника напряжения +9 В при подключенных светодиодном индикаторе и ЖКИ не превышает 350 мА.

Для управления устройством в его составе имеются четыре кнопки SB1 – SB4. Кнопка выбора режима SB1 обеспечивает переключение всех режимов устройства по кольцу. Всего имеется четыре режима, каждый из которых отображается свечением соответствующего светодиода HL1 – HL4, а также соответствующей буквенной аббревиатурой в правой части верхней строки ЖКИ HG5.

Во всех режимах между портами МК UART0 (порт подключения радиомодуля) и UART1 (консольный порт) обес-

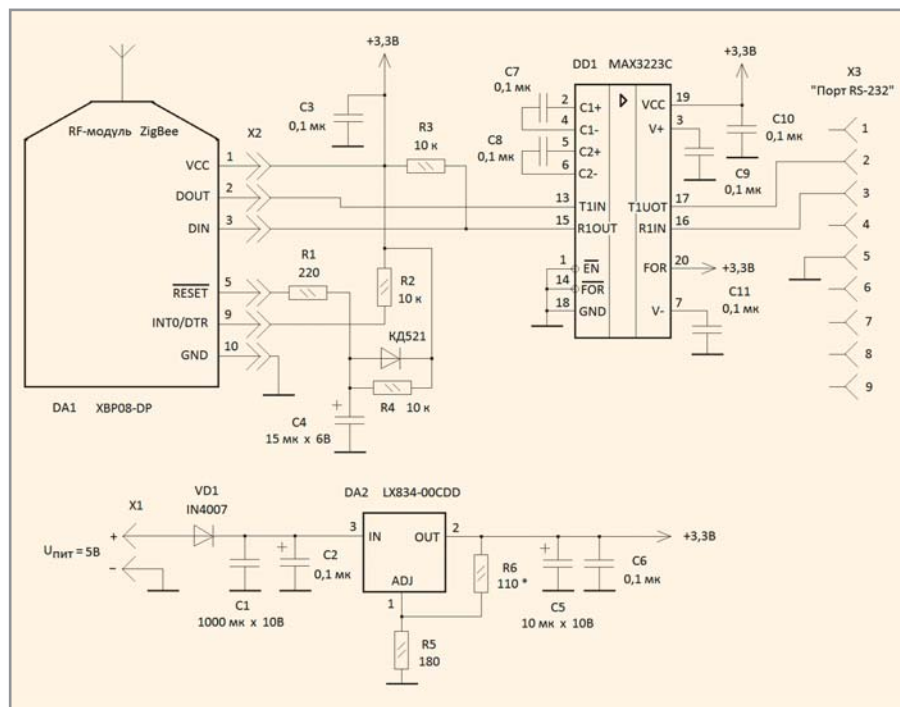


Рис. 10. Принципиальная схема радиоретранслятора

печивается двухсторонний обмен. При этом данные, поступившие извне через UART0, без изменений передаются в UART1 и наоборот. Также во всех режимах модуль RTC МК производит непрерывный автономный отсчёт времени и даты.

По умолчанию после включения питания устройство переходит в режим вторичных часов (аббревиатура на ЖКИ «Вт.»). В этом режиме на индикаторах отображаются значения времени, даты и признака достоверности («V» или «A»), поступающие из первичных часов по радиоканалу. Для пользовательского редактирования они недоступны. Результаты автономного отсчёта времени и даты в этом режиме нигде не отображаются и недоступны для редактирования; кнопки SB2 – SB4 неактивны. При поступлении каждого пакета данных из первичных часов десятичная точка второго знакоместа семисегментного светодиодного индикатора мигает с частотой 0,5 Гц (двухсекундный ритм). При пропадании пакетов на приёме мигание точки прекращается, а на индикаторах остаётся отображение последних принятых значений даты и времени.

Следующий возможный режим – автономные часы с коррекцией любыми принятыми данными («Кор.»). В этом режиме устройство отображает значения отсчитываемых в модуле RTC времени и даты. Для редактирования эти значения недоступны. Десятичная точка второго знакоместа мигает с частотой 1 Гц (секундный ритм), вне зависимости от наличия пакетов на приёме. Поступающие по радиоканалу пакеты анализируются программой МК на предмет корректности формата, а на ЖКИ отображается значение признака достоверности, взятое из каждого принятого правильного пакета.

Правильные пакеты подсчитываются, и когда их число превышает заданное (60), текущее содержимое аппаратных счётчиков времени модуля RTC заменяется на значения времени, взятые из последнего правильного пакета. Текущее содержимое аппаратных счётчиков даты RTC при этом не затрагивается, т.е. значение даты не корректируется. Таким образом, при поступлении пакета один раз в секунду коррекция текущего времени осуществляется один раз в минуту при условии, что все принятые пакеты имели правильный формат. Искажённые пакеты программой отбрасываются, соответственно, затягивается интервал коррекции. При пропадании пакетов на приёме, устройство продолжает автономный отсчёт времени и даты и индикацию его результатов сколь угодно длительное время. Кнопки SB2 – SB4 в этом режиме неактивны.

Следующий возможный режим – автономные часы с коррекцией только достоверными принятыми данными («Кор.V») – отличается от предыдущего только тем, что программа, помимо анализа правильности формата каждого

пакета, анализирует значение признака достоверности. Если признак достоверности имеет значение, соответствующее достоверным данным (0x41, символ 'A' в ASCII-коде), то такой пакет подсчитывается программой и участвует в коррекции счётчиков времени RTC, как было описано выше. Таким образом, коррекция RTC осуществляется только в том случае, когда поступившие из радиоканала данные содержат гарантированно достоверные значения времени и даты.

Последний возможный режим устройства – автономные часы без коррекции («Авт.»). В этом режиме устройство является обычными часами, производящими отсчёт времени и даты с отображением его результатов на индикаторах, а отсчитываемые значения доступны для пользовательского редактирования. Приём пакетов из радиоканала ведётся, но принятые данные программой не используются и нигде не отображаются, а только передаются без изменений в консольный порт UART1. В этом режиме кнопки SB2 – SB4 используются для ручной установки значений счётчиков времени и даты модуля RTC. Кнопка выбора режима SB4 обеспечивает переключение всех режимов часов по кольцу.

Всего у часов имеется четыре режима, каждый из которых индицируется соответствующей буквенной аббревиатурой в правой части нижней строки ЖКИ («Реж.0» – «Реж.3»), а также свечением десятичных точек соответствующих знакомест семисегментного индикатора. По умолчанию после перехода устройства в режим «автономные часы» задан режим «Реж.0», в котором кнопки SB2, SB3 неактивны. В режиме «Реж.1» (светится десятичная точка первого знакоместа семисегментного индикатора) кнопкой SB3 можно задавать значения часов от 0 до 23, а кнопкой SB2 – значения минут от 0 до 59. В режиме «Реж.2» (светится десятичная точка третьего знакоместа) кнопкой SB3 можно задавать значения дней месяца от 1 до 31, а кнопкой SB2 – месяцев от 1 до 12. В режиме «Реж.3» (светится десятичная точка четвертого знакоместа) кнопкой SB3 можно задавать значения лет по кольцу от 1990 до 2050, а при нажатии на кнопку SB2 производится обнуление всех счётчиков времени RTC, включая счётчик секунд, и установка даты 01.01.2012.

Для определения високосного года в модуле RTC производится простое

для определения високосного года в модуле RTC производится простое

поразрядное сравнение с целью определить, являются ли два самых младших разряда счётчика лет нулевыми. Если результат сравнения логически истинный, то RTC рассматривает текущий год как високосный. Таким образом, RTC считает все годы, значение которых делится на 4, високосными. Заметим, что этот алгоритм корректен для всех значений лет от 1901 до 2099 гг., однако, он неверен для 2100 г., который не является високосным. Для обнаруженного високосного года RTC соответствующим образом изменяет число дней в феврале с соответствующим переносом на счётчики месяцев и лет.

Во всех режимах, кроме режима «автономные часы без коррекции», управляющая программа МК анализирует значение признака наличия/отсутствия звукового сигнала в каждой принятой посылке. В случае активного значения этого признака программа формирует импульсную последовательность с частотой 500 Гц на линии МК P1.24 (вывод 32 DD1) до поступления следующей посылки. Для генерации звукового сигнала с указанной частотой используется электромагнитный зуммер BF1, включённый через транзисторный ключ VT1. Время непрерывного звучания звукового сигнала (минимум 1 с) на приёмной стороне определяется количеством смежных посылок с активным уровнем признака наличия/отсутствия звукового сигнала.

Программирование и отладка встроенной программы МК производились с помощью USB-JTAG-адаптера JetLink8 (функциональный аналог фирменного адаптера J-Link от IAR), подключаемого к разъёму X3 JTAG и к ПК хоста через порт USB. Исходный текст управляющей программы и файл «прошивки» флэш-памяти МК, реализующей функции вторичных часов, содержатся в каталоге проекта Timd, архив которого доступен для загрузки с интернет-страницы журнала. Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE IAR Embedded Workbench for ARM V6.40 (демоверсия с ограниченным объёмом выходного бинарного файла 32К) от IAR. Заметим, что при записи «прошивки» программы во флэш-память МК необходимо замкнуть перемычку X4 DBG в разъёме X3 JTAG. При нормальной работе устройства эту перемычку следует разомкнуть.

НАЛАДКА ВТОРИЧНЫХ ЧАСОВ

Для начала необходимо путём подбора сопротивления R2 установить на выходе стабилизатора DA1 напряжение +3,3 В. Желательную яркость сегментов и десятичных точек индикаторов HG1 – HG4 можно установить подбором резисторов R47 – R54, а желательную контрастность ЖКИ HG5 – подстройкой резистора R64. Требуемую громкость звукового сигнала можно задать резистором R25.

Второй этап наладки заключается в проведении настройки радиомодуля DA2, которая может быть осуществлена в любом режиме устройства, однако (это важно!) без наличия в эфире пакетов от первичных часов. Для проведения настройки необходимо подключение ПК с запущенной на нём программой X-CTU к консольному порту устройства. Профиль конфигурации радиомодуля при его настройке задаётся таким же, как в первичных часах.

По умолчанию устройство находится в режиме вторичных часов. В случае, если радиомодуль устройства находится в зоне досягаемости сигналов радиомодуля первичных часов, на индикаторах будут отображаться принятые по радиоканалу значения времени, даты и признака достоверности. В противном случае на семисегментном индикаторе будут отображаться нули, а на ЖКИ – только аббревиатура режима («Вт.»). Для начальной установки значений времени и даты RTC необходимо перейти в режим автономных часов

без коррекции, а затем перейти в тот режим, который пользователь сочтёт оптимальным для эксплуатации.

К консольным портам первичных и вторичных часов возможно подключение внешнего (выносного) радиоретранслятора, применение которого позволяет расширить зону покрытия системы по радиоканалу [1]. Длина соединительного кабеля RS-232 может составлять до нескольких десятков метров. Лучше использовать кабель с экранной оплёткой, подключенной к общему проводу.

Принципиальная схема радиоретранслятора показана на рисунке 10. По сути это устройство представляет собой преобразователь уровней интерфейсов UART – RS-232 для радиомодуля. Последовательность наладки ретранслятора аналогична наладке вторичных часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Редькин П. Беспроводная система точного времени с первичным датчиком от GPS. Часть 1. Современная электроника. 2013. № 2. С. 54–59.
2. XBee-PRO 868. Long-range RF connectivity for European applications. www.digi.com.
3. XBee-PRO 868. Long-Range Embedded RF Modules for OEMs. www.digi.com.
4. www.nmea.org.
5. www.keil.com.
6. www.compel.ru/infosheet/WPT/M3126/.
7. CoreSight Debug and Trace Connectors for ARM Cortex-M devices. www.keil.com/core-sight/connectors.asp.

