

Электронный термометр на основе DS18B20

Павел Негроров

E-mail: hd44780@yandex.ru

Введение

Известно множество вариантов построения электронных термометров. Измерительным элементом в них всегда является термочувствительный элемент, и в подавляющем большинстве случаев это терморезистор. Основным преимуществом этого вида термодатчика является его простота и дешевизна. Однако, для построения каких-либо законченных схем (особенно с использованием цифровых узлов) на основе терморезистора необходима разработка и сборка ряда дополнительных схем – измерительный мост (для преобразования изменяющегося сопротивления терморезистора в напряжение), АЦП, и только после этого информацию можно вводить в цифровые системы. Последним этапом станет вычисление значения температуры на основании кода, считанного из АЦП, плюс всякие коррекции и ка-

либровка полученного измерительного узла. Все это, конечно же, приводит к удорожанию измерительного узла и, следовательно, всего изделия в целом.

В настоящее время фирмой Dallas/Maxim [1, 2] выпускается достаточно большой ассортимент цифровых датчиков температуры, как отдельных, так и в составе других устройств, например, батарейных мониторов. Все эти датчики откалиброваны на заводе, имеют встроенный АЦП и выдают управляющей системе либо значение температуры в градусах по Цельсию (DS18B20), либо код, который пересчитывается в температуру по формуле, приведенной в документации (DS18(S)20/DS1821). Таким образом, отпадает необходимость устанавливать в конечной схеме какие-либо регулировочные узлы и заниматься калибровкой. Диапазон измерений достаточно широк

(-55...+125°C), точность измерения выбирается программно (0,5; 0,25; 0,125; 0,0625 °C – от одного до четырех двоичных знаков после двоичной точки). Все датчики имеют однопроводной интерфейс 1-Wire, позволяющий подключить большое число таких устройств к одной линии данных управляющей системы. Более детальную информацию можно получить в документации [1, 2].

Рассмотрим реализацию одноканального бытового электронного термометра на основе температурного датчика DS18B20 с 7-сегментным светодиодным дисплеем и возможностью автоотключения.

Схема устройства и ее работа

Сердцем схемы является микроконтроллер (МК) ATmega8515 фирмы ATMEL, относящийся к семейству AVR. Микроконтроллер считы-

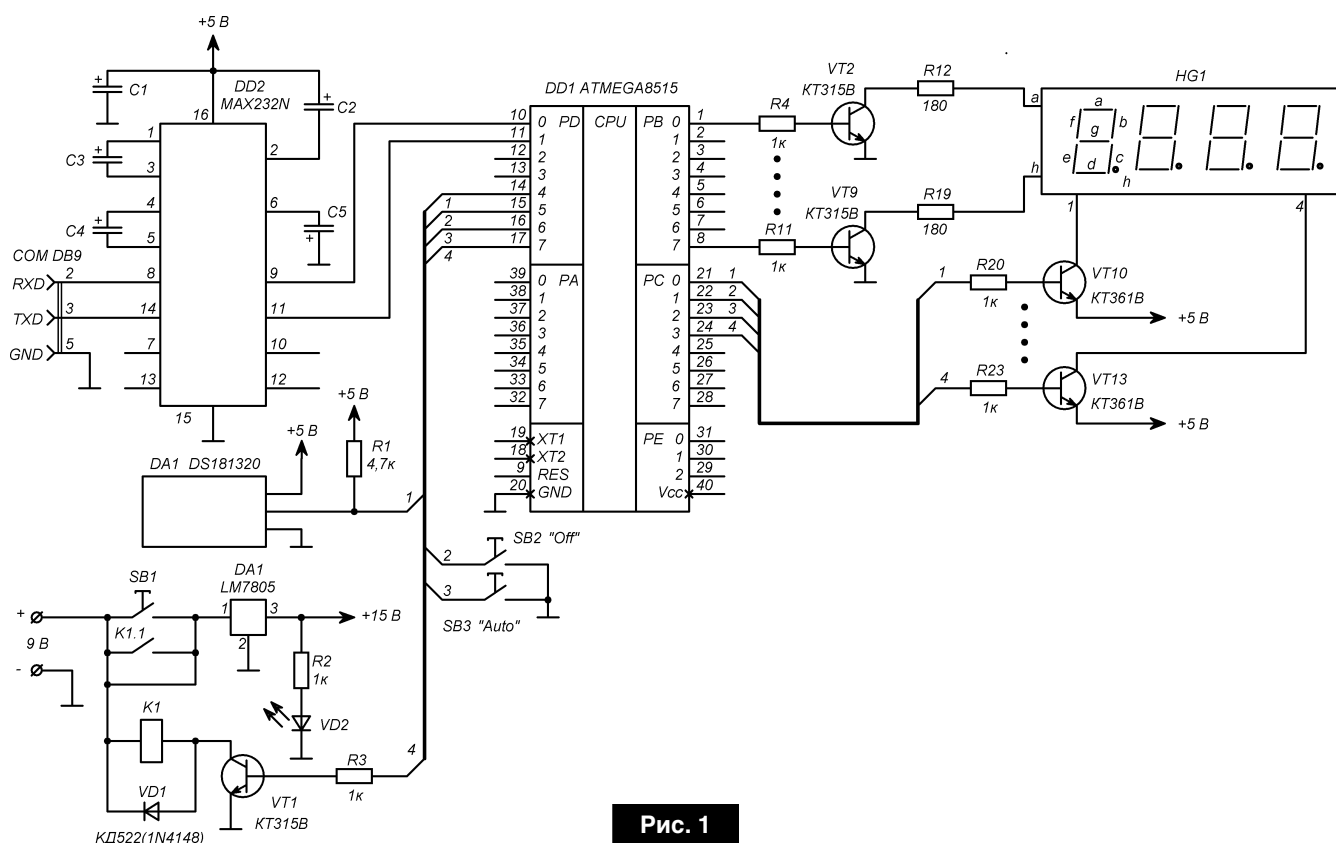


Рис. 1

вает из датчика температуру и отображает ее на четырехразрядном 7-сегментном индикаторе с динамической индикацией, реализованной программно. Кроме того, схема имеет возможность подключения к последовательному порту компьютера.

Питается устройство от батарейки "Крона" или любого блока питания постоянного тока напряжением 9 В.

Схема электрическая принципиальная изображена на **рис. 1**. Рассмотрим ее детальнее.

К МК DD1 подключены:

1. DD2 – преобразователь (конвертер) TTL сигналов USART контроллера в стандарт RS-232, используемый в COM-портах ПК. Это микросхема MAX232N той же фирмы Dallas/Maxim со стандартной конденсаторной обвязкой.

2. Датчик температуры DA1 – DS18B20. Его выход, подключенный к DD1, имеет "pull-up" резистор R1 сопротивлением 4,7 кОм, как рекомендует документация на этот датчик.

3. Четырехразрядный 7-сегментный индикатор HL1 – любой с общими анодами (OA). Сегменты-катоды подключены к порту PB DD1 через ключи на транзисторах VT2...VT9. Резисторы R4...R11 ограничивают ток баз транзисторов,

а резисторы R12...R19 ограничивают токи индикатора. Четыре анода индикатора подключены через ключи R20...R23, VT10...VT13 к младшим 4 разрядам порта PC DD1. Таким образом, МК полностью управляет индикатором.

4. Узел управления питанием. Включает в себя резистор R3, транзистор VT1, реле K1 и диод VD1. Сюда также можно отнести однокристалльный стабилизатор DA2 типа LM7805, светодиод VD2, резистор R2 и кнопку включения SB1.

Используемый МК имеет внутренний тактовый генератор на 4 МГц и цепи формирования аппаратного сброса при включении, поэтому внешний кварц либо генератор частоты и цепочки формирования сброса не нужны.

Рассмотрим работу схемы.

В исходном состоянии схема выключена. Включаем ее нажатием кнопки SB1. На выходе DA2 появляется напряжение 5 В. Загорается светодиод VD2, индицируя включенное состояние устройства. Микроконтроллер стартует и при инициализации выдает высокий уровень на порту PD7, что открывает транзистор VT1 и включает реле K1, которое своими контактами шунтирует кнопку SB1, которую

можно отпустить. Устройство остается включенным. Микроконтроллер опрашивает датчик и формирует цифры на индикаторе. По истечении 10 с (если этот параметр не был изменен с ПК) на ножке PD7 появится низкий уровень, VT1 закроется, реле выключится и отключит схему. Отключить устройство принудительно можно нажатием кнопки SB2.

Если датчик не обнаружен, то на индикаторе появится слово FAIL.

Если автоотключение не нужно, следует нажать кнопку SB3. Правая точка на индикаторе перестанет мигать. Для включения таймера снова нажмите эту кнопку. После выключения/включения таймер начинает работу с начала (с 10 с).

Для нормальной работы устройства МК необходимо прошить (внеести в него управляющую микропрограмму). Это можно сделать любым программатором, поддерживающим AVR микроконтроллеры и, в частности, АТМega8515. Я пользовался программатором PonyProg [3].

Двоичный файл прошивки и ее исходный текст на языке С для компилятора CAVR прилагаются.

ВНИМАНИЕ! В прилагаемой прошивке обработка кнопки SB2 отключена.

Таблица 1

Команда	Входные данные	Выходные данные	Описание
T (t)	Нет	ASCIIZ-строка температуры или ASCIIZ "FAIL", если датчик не обнаружен	Считать температуру
O (o)	Нет	Нет	Выключение питания
C (c)	Нет	3 байта: 1-й – флаг работы таймера (0 – выключен, 1 – включен); 2-й – Задержка в мс. Младший байт; 3-й – Задержка в мс. Старший байт.	Считать конфигурацию из EEPROM микроконтроллера
A (a)	Нет	См. команду 'C'	Состояние таймера автоотключения
S (s)	Нет	9 байт Scratchpad.	Считать scratchpad датчика. См. документацию
R (r)	Нет	8 байт ROM-кода.	Считать ROM-код датчика. См. документацию
G (g)	3 байта – см. 'C'	Нет	Установить конфигурацию в EEPROM микроконтроллера
P (p)	Нет	Нет	Перезапуск таймера автоотключения
M (m)	Нет	1-й – Младший байт; 2-й – Старший байт	Считать миллисекунды
Иначе	Нет	Инверсия принятого байта	Некорректная команда

Программа для МК

Управляющая микропрограмма управляет действиями МК и всей схемы в целом.

Рассмотрим ее основные функции.

1. Опрос датчика температуры DS18B20. Происходит согласно документации на датчик. Временные задержки выполняются либо программно, с учетом тактовой частоты в 4 МГц, либо с использованием таймера-счетчика TC1, один интервал счета которого равен 1 мс. Кнопка SB2 (вкл./выкл. таймер автоотключения) опрашивается здесь же.

2. Динамическая индикация. Выполняется обработчиком прерывания TC0, период импульсов которого равен 0,25 мс. При каждом вызове обработчик выполняет обновление дисплея – переключение позиций и формирование цифр. Такая частота достаточна, чтобы человеческий глаз не замечал смену цифр на индикаторе.

3. Реакция на команды с компьютера. Микропрограмма при работе постоянно проверяет наличие команд, пришедших с ПК через USART (Протокол – см. ниже). При обнаружении команды, она выполняется. Данные USART обрабатываются прерываниями. Это позволяет заметно снизить риск потери данных.

Протокол обмена с ПК

USART работает на частоте 9600, 8N1 (8 бит, 1 стоп-бит без контроля четности).

Команды и ответы приведены в таблице 1.

Величина задержки перед выключением хранится в EEPROM микроконтроллера.

Программа на ПК

Программа на ПК предназначена для взаимодействия с устройством. Написана на Visual C++ 6.0 с использованием библиотеки MFC. Работа с COM-портом осуществляется с помощью стандартных функций WindowsAPI.

Скомпилированный exe-файл и

полный исходный текст прилагаются.

Достоинства, недостатки, выбор деталей и возможные модификации

Устройство собрано из широко распространенных и относительно дешевых радиоэлементов. Схема собирается на макетной плате подходящих размеров. Соединения выполняются кусочками монтажного провода. Я использовал эмалированный провод диаметром 0,1...0,2 мм из обмотки старого трансформатора. При необходимости можно развести печатную плату.

Для микросхем DD1 и DD2 на плате устанавливаются колодки DIP40 и DIP16 соответственно. Это позволяет избежать возможной порчи микросхем при сборке схемы. Выбор DIP исполнений микросхем обусловлен тем, что с ними наиболее легко и удобно работать. Если есть возможность, можно использовать планарные исполнения деталей. Это позволит уменьшить размеры платы.

Микроконтроллер можно заменить более дешевым ATmega8 или любым другим с подходящим количеством выводов. При использовании старых МК семейства AT90S необходимо использовать внешний кварц на 4 МГц и, возможно, RC цепочку внешнего сброса, т.к. микроконтроллеры AT90S не имеют внутреннего генератора. При использовании МК других типов необходима модификация микропрограммы и, возможно, разводки платы.

Микросхему DD2 можно заменить любым из многочисленных аналогов (ST232, ADM232 и пр.). Номера и количество ножек у аналогов могут отличаться от приведенной на схеме MAX232N. Также могут отличаться количество и параметры конденсаторов обвязки. Планарные исполнения микросхем также могут использовать конденсаторы другой емкости.

ВНИМАНИЕ! Микросхема MAX232 (аналоги не проверялись) довольно чувствительна к параметрам конденсаторов об-

вязки. Если они неисправны или же сильно отличаются от номинала, она может сильно искажать передаваемую информацию. Поэтому, если нет связи устройства с ПК, проверьте либо замените конденсаторы.

Если интерфейс с ПК не нужен, то эту микросхему можно исключить из схемы вместе с конденсаторами. При этом выводы 10 и 11 микроконтроллера можно никуда не подключать. На работу МК это не влияет, но для точного соблюдения стандартов последовательной связи необходимо поддерживать на входе приемопередатчика USART высокий уровень – подключить вывод 11 микроконтроллера к +5 В через резистор сопротивлением 1 кОм.

В качестве датчика температуры можно использовать DS1820/DS18S20/DS1821 с соответствующей коррекцией микропрограммы.

Семисегментный светодиодный индикатор – наиболее дешевый вариант устройства отображения. Однако он требует обвязки в виде электронных ключей и реализации динамической индикации.

Приведенная схема позволяет использовать любые типы индикаторов с ОА. Можно подключать даже старые советские индикаторы с большим динамическим (импульсным) током. При этом придется заменить токоограничивающие резисторы R12...R19 и использовать более мощные транзисторы VT2...VT13 (с большим током коллектор-эмиттер) и более мощный источник питания. Все остальное остается неизменным. Если используется индикатор с токами сегментов менее 20 мА (максимально допустимый ток для портов МК), то можно исключить транзисторы VT2...VT9 с их базовыми резисторами и подключить резисторы R12...R19 (предварительно пересчитав их сопротивление) непосредственно к выводам микроконтроллера. При этом также необходимо внести изменения в микропрограмму, чтобы она выдавала на порт В инверсные значения.

Недостаток такой схемы – боль-

шой ток потребления. При использовании резисторов, указанных на схеме, ток одного сегмента равен $5/180 = 0,028 \text{ A} = 28 \text{ mA}$. Т.к. сегментов 8, то общий ток равен $8 * 28 = 224 \text{ mA}$. Снизить ток можно, применив менее энергоемкий индикатор или использовать ЖКИ на базе контроллера HD44780 (см. ниже).

Преимущество – низкая стоимость схемы и возможность использовать термометр в полной темноте, т.к. светодиодные индикаторы являются светоизлучающими.

Минусы – большое энергопотребление и необходимость регенерации (динамической индикации).

Существенное упрощение системы индикации заключается в использовании ЖКИ – жидкокристаллического индикатора на базе контроллера HD44780 или аналогичных. Такой индикатор не требует регенерации со стороны МК, поэтому управлять им гораздо проще. Его ток потребления составляет 1...2 мА, а самый экономный вариант подключения к МК требует всего 6 линий (4 данных, 2 управления) без каких-либо ключей и прочих согласующих элементов. Это позволяет использовать МК AT90S2313 – самая младшая выпускающаяся до сих пор модель, имеющая оперативную память RAM.

Здесь не рассматриваются способы подключения HD44780 к МК и работа с ним. В сети Интернет можно найти немало примеров устройств и схем на базе таких ЖКИ.

Главный недостаток – высокая стоимость ЖКИ – дисплей 2x16 стоит порядка 7...10 USD (для сравнения AT90S2313 – 2 USD). Также изображение формируемое на таких индикаторах невозможно увидеть в темноте – необходим внешний источник света. Существуют дисплеи со встроенной подсветкой, но они дороже стоят. Кроме того, подсветка требует достаточно большой ток порядка 100...150 мА, поэтому держать ее постоянно включенной не рекомендуется.

Реле – любое малогабаритное с небольшим током срабатывания.

Если подобрать реле, надежно срабатывающее от напряжения 5 В, то его можно подключить не ко входу DA2, а к ее выходу (т.е. на 5 В). В этом случае схема может питаться от напряжения 8...35 В (допустимый диапазон для DA2).

Разъем X1 – 9-пиновый папа для установки в плату. Такой разъем позволяет подключить термометр к компьютеру любым нуль-модемным кабелем.

Еще одна возможная модификация – подключение устройства к USB.

Для этого необходимо вместо MAX232 подключить узел-конвертер USB-UART на базе микросхемы FT232BM [4] либо использовать довольно широко известный IgorPlug USB key [5]. Но при этом нельзя питать 7-сегментный индикатор или подсветку ЖКИ от шины USB в силу их большого энергопотребления.

Двоичный файл прошивки микроконтроллера и ее исходный текст на языке C для компилятора CcAVR (файл *8515_microcode.zip*), скомпилированный exe-файл и полный исходный текст программы для ПК (файл *TermometrVC6.zip*) вы можете загрузить с сайта нашего журнала:

<http://www.radioliga.com>
(раздел “Программы”)

Литература

1. <http://www.dalsemi.com/>
2. <http://www.maxim-ic.com/>
3. <http://www.lancos.com>
4. <http://ftdichip.com>
5. [http://www.cesko.host.sk/IgorPlugUSB/IgorPlug-USB%20\(AVR\)_eng.htm](http://www.cesko.host.sk/IgorPlugUSB/IgorPlug-USB%20(AVR)_eng.htm)