

Часы на микроконтроллере для контроля времени в шести часовых поясах

Сергей Шишкин

Представляемые часы на микроконтроллере AT89C4051 предназначены для контроля времени в шести часовых поясах. Кроме того, в устройстве имеется функция измерения температуры.

Представляемые часы (далее устройство) на микроконтроллере AT89C4051 для контроля времени в шести часовых поясах включают в себя семь составных частей: плату клавиатуры и шесть электронных часов № 1...№ 6. Электронные часы № 1...№ 6 идентичны по схеме, конструкции и программному обеспечению. Принципиальная схема электронных часов № 1 (далее часов) представлена на рис. 1.

Принципиальная схема платы клавиатуры представлена на рис. 2.

Интуитивно понятный интерфейс устройства приведён на рис. 3.

Позиционные обозначения элементов интерфейса: SA1, S1...S5, HG1...HG6, HL1, HL2 на рис. 3 приведены условно. Они показаны для понимания работы устройства в целом и совпадают с позиционными обозначениями, приведёнными на рис. 1 и 2. Цифровое табло устройства содержит шесть строк. Каждая строка содержит шесть семисегментных индикаторов и две световые полосы. Элементы строки № 1 (HG1...HG6 и световые полосы HL1, HL2) (маркировка строки – МИНСК) установлены на часах № 1. Элементы строки № 2 (маркировка МОСКВА) установлены на часах № 2 и т.д. Соединитель X1 часов № 1 подключается к соединителю X2 платы клавиатуры (рис. 2). Соединитель X1 часов № 2 подключается к соединителю X3 платы клавиатуры и т.д. Соответственно, соединитель X1 часов № 6 подключается к соединителю X7 платы клавиатуры.

Галетный переключатель SA1 и кнопки S1...S5 установлены на плате клавиатуры (рис. 2). SA1 имеет шесть положений (1...6) и шесть направлений и обеспечивает поочередное подключение всей клавиатуры (кнопок S1...S5) к часам № 1...№ 6. Если он установлен в положение «1», то кнопками S1...S5 можно задать параметры для часов № 1. То есть изменить отображаемые значения на индикаторах строки № 1. Если SA1 установлен в положение «2», то кнопка-

ми S1...S5 можно задать параметры для часов № 2, то есть изменить отображаемые значения на индикаторах строки № 2 и т.д. На рис. 3 переключатель SA1 установлен в положение «4». Это значит, что кнопками S1...S5 можно задать параметры для часов № 4. То есть изменить отображаемые значения на индикаторах строки № 4.

Рассмотрим работу часов № 1. Они выполнены на базе микроконтроллера фирмы Atmel AT89C4051-24PI и цифровых датчиков температуры DS18S20. В часах два канала измерения температуры, собранных на цифровых датчиках DD3 и DD4, позволяющих контролировать температуру в двух различных точках, например, в комнате и на улице. Погрешность измерения температуры определяется датчиками и составляет порядка $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Десятые доли градуса контролировать не будем, т.е. просто их отбросим. Алгоритм работы с DS18S20 при измерении температуры следующий:

- посылается импульс сброса и принимается ответ термометра;
- посылается команда Skip ROM [CCH];
- посылается команда Convert T [44H];
- формируется задержка минимум 750 мс;
- посылается импульс сброса и принимается ответ термометра;
- посылается команда Skip ROM [CCH];
- посылается команда Read Scratchpad [CCH];
- читаются данные из промежуточного ОЗУ (8 байт) и CRC (контрольная сумма);
- проверяется CRC и, если данные считаны верно, вычисляется температура.

Более подробная информация о работе, в том числе о временных интервалах сигналов обмена DS18S20, приведена в [1].

Предусмотрены следующие функции по измерению времени: счёт реального времени, индикация текущего времени в 24-часовом формате с индикацией часов, минут и секунд; установка текущего времени и его корректировка; установка времени включения двух будильников, а также возможность их

перепрограммирования. Предусмотрена подача короткого (длительностью 1 с) звукового бип-сигнала в начале каждого часа и включение на 10 с звуковой сигнализации с частотой повторения 1 Гц сразу после подачи напряжения питания на устройство. Если текущее время совпало с установленным временем включения будильника, на 10 с включается звуковая и световая сигнализация с частотой повторения 1 Гц.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы часов («часы1», «часы2», «температура1», «температура2», «будильник1», «будильник2»), каждое нажатие данной кнопки переводит устройство в следующий режим в замкнутом цикле;
- S2 (Δ) – увеличение на единицу значения каждого разряда при установке времени часов в режиме «часы2», а также при установке времени включения будильника в режиме «будильник1», «будильник2», выключение звукового и светового сигналов при включении будильников;
- S3 (B) – выбор разряда при установке текущего значения времени в режиме «часы2» и установке времени срабатывания будильника в режимах «будильник1», «будильник2», в выбранном разряде включается точка h;
- S4 (H1) – кнопка включения/выключения нагрузки, подключённой к соединителю X2 (нагрузка № 1);
- S5 (H2) – кнопка включения/выключения нагрузки, подключённой к соединителю X3 (нагрузка № 2).

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (справа налево по рис. 1):

- первый разряд (индикатор HG6) отображает цифру 1 в режиме «часы1», 2 в режиме «часы2», 3 в режиме «будильник1», 4 в режиме «будильник2», символ $^{\circ}\text{C}$ в режимах «температура1», «температура2»;
- второй разряд (индикатор HG5) отображает единицы секунд в режимах «часы1», единицы минут в режимах «часы2», «будильник1», «будильник2», единицы градусов в режимах «температура1», «температура2»;

- третий разряд (индикатор HG4) отображает десятки секунд в режимах «часы1», десятки минут в режиме «часы2», «будильник1», «будильник2», десятки градусов в режимах «температура1», «температура2»;
- четвёртый разряд (индикатор HG3) отображает сегмент g с периодом включения 1 с в режиме «часы1» и «часы2», в режимах «будильник1», «будильник2» сегмент g гасится, в режимах «температура1» и «температура2» при положительных температурах сегмент g погашен, при отрицательных температурах сегмент g постоянно включён, формируя знак «-»;
- пятый разряд (индикатор HG2) отображает единицы минут в режимах «часы1» и единицы часов в режимах «часы2», «будильник1», «будильник2», в режимах «температура1» и «температура2» разряд отображает сотни градусов, если же температура меньше 100°C, разряд гасится;
- шестой разряд (индикатор HG1) отображает десятки минут в режимах «часы1» и десятки часов в режимах «часы2», «будильник1», «будильник2», цифру 1 в режиме «температура1» и цифру 2 в режиме «температура2».

То есть в режиме «часы1» устройство работает в режиме минуты-секунды, а в режиме «часы2» устройство работает в режиме часы-минуты.

Сразу после подачи питания устройство переходит в режим работы «часы1», разрешается отсчёт текущего времени, во все разряды порта P3 микроконтроллера DD2 записывается лог. 1. Реле DA1, DA2 закрыты, нагрузки отключены.

При установке времени в режиме «часы2» запрещается отсчёт текущего времени. В режиме «будильник1», «будильник2» отсчёт текущего времени не запрещается. После установки времени будильника (закончен перебор разрядов кнопкой S1 (В) в режиме «будильник1») загорается световая полоса HL1. Горячая световая полоса HL1 сигнализирует о том, что установленное время записано в память микроконтроллера. При совпадении текущего времени с установленным временем будильника на 10 с включается прерывистая звуковая ВА1 и световая полоса HL1 – сигнализация с интервалами включения и выключения 0,5 с. После выключения сигнализации световая полоса HL1 гаснет. Аналогичным образом работает будильник № 2, где задействована световая полоса HL2. Включённая световая полоса HL2 говорит о том,

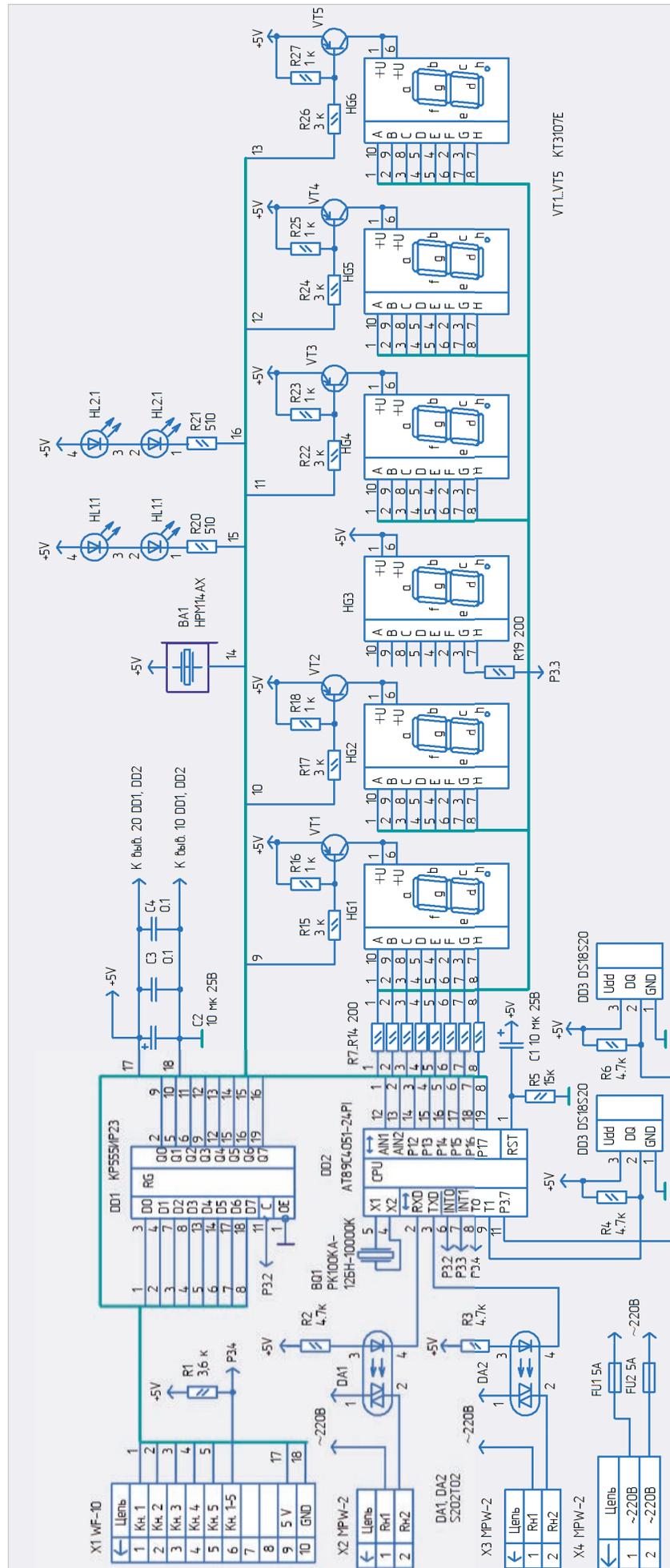


Рис. 1. Принципиальная схема часов

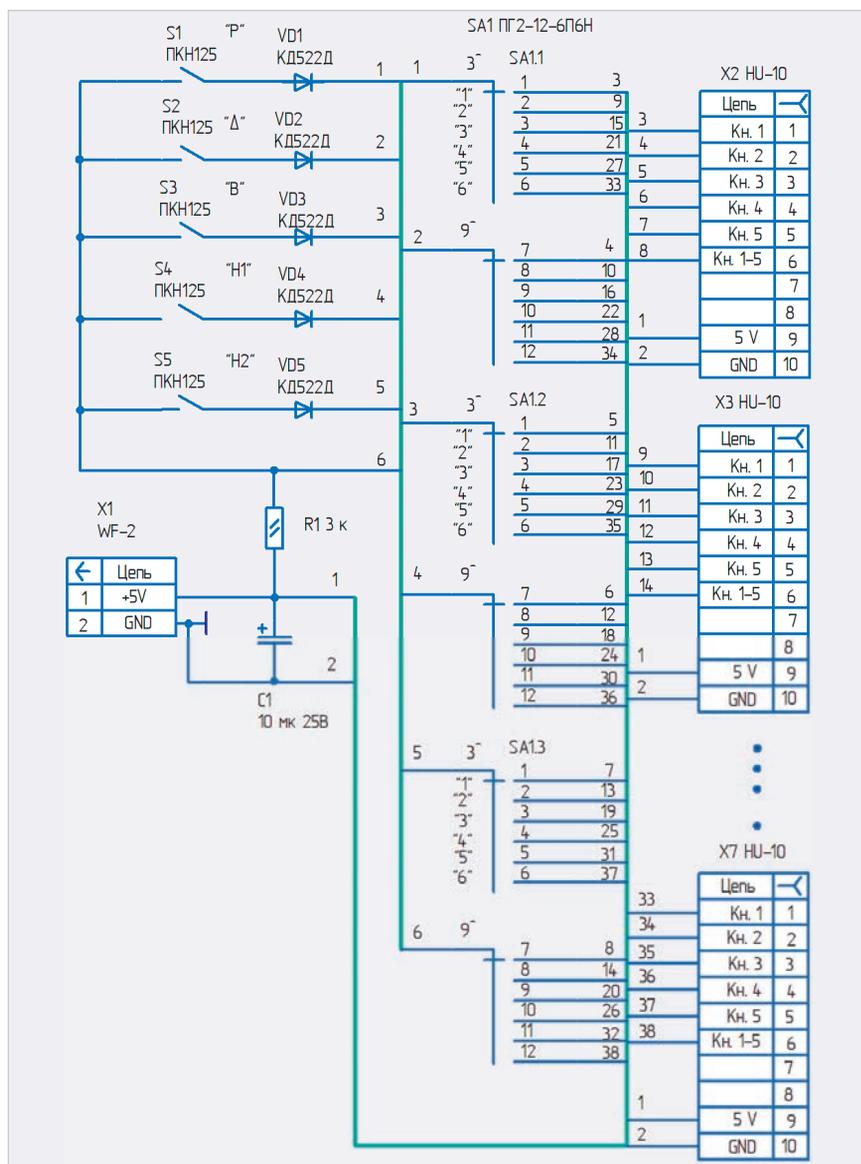


Рис. 2. Принципиальная схема платы клавиатуры

что время включения будильника № 2 записано в память. Время будильников можно перепрограммировать.

Например, в режиме «часы2» при первом нажатии на кнопку S3 для установки нужного значения выбирается разряд «единицы минут» (точка h включена у индикатора HG5). Значение разряда устанавливается кнопкой S2. При следующем нажатии на S3 выбирается разряд «десятки минут» (индикатор HG4) и т.д. После установки значения разряда «десятки часов» (индикатор HG1) и при нажатии на S3 разрешается счёт времени, точка в данном разряде гаснет.

Пусть галетный переключатель SA1 на плате клавиатуры установлен в положение «1». Тогда кнопки S1..S5 подключены к часам № 1. Рассмотрим работу устройства в целом. Основной часовой № 1 служит микроконтроллер DD2, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором

ZQ1 на 10 МГц. Пьезоэлектрический излучатель BA1 включается с вывода 15 регистра DD1. Сигнал с выхода 7 микроконтроллера через резистор R19 периодически (с периодом 1 с) включает сегмент g индикатора HG3 в режимах «часы1», «часы2». Для опроса клавиатуры задействован вывод 8 микроконтроллера DD2. Резисторы R20, R21 – токоограничительные для световых полос HL1 и HL2. Канал управления нагрузкой № 1 собран на твердотельном реле DA1. Нагрузка подключается к соединителю X2. Реле DA1 включается с вывода 2 микроконтроллера. Канал управления нагрузкой № 2 собран на твердотельном реле DA2, которое включается с вывода 3 микроконтроллера. Динамическая индикация собрана на регистре DD1; транзисторах VT1...VT5; цифровых семисегментных индикаторах HG1...HG6. Коды для включения индикаторов HG1...HG6 при функционирова-

нии динамической индикации поступают на порт P1 микроконтроллера DD2. Цифровая часть принципиальной схемы устройства гальванически развязана от сети. Питательное напряжение поступает на плату с соединителя X1. Конденсаторы C2...C4 фильтруют пульсации в цепи питания +5 В.

Программное обеспечение микроконтроллера DD2 полностью обеспечивает реализацию алгоритма работы электронных часов. Основная задача «часовой части» программы – формирование точных временных интервалов длительностью 1 с – решена с помощью прерываний от таймера TF0 и счётчиков на регистрах R4 и R5. Таймер TF0 формирует запрос на прерывание через каждые 80 мкс. Счётчики на данных регистрах подсчитывают количество прерываний, и как только количество прерываний станет равно определённому числу, устанавливается флаг, по которому в основной программе инкрементируется ячейка памяти микроконтроллера, где хранятся единицы секунд. При вышеуказанных параметрах таймера и счётчика реальное время устройства отстаёт за один час на 1 с. Для компенсации этой ошибки корректировка текущего времени происходит каждый час. Счётчик времени на регистре R4 формирует временные интервалы, необходимые для отображения разрядов в динамической индикации устройства. Сразу после подачи питания на вывод 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R5, конденсатор C1) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD2. Далее идёт инициализация программы, в которой задаются параметры работы динамической индикации. Далее идёт счёт текущего времени и разрешается работа устройства по приведённому выше алгоритму.

Коротко о программе. Программа состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0. В основной программе происходит счёт текущего времени, коррекция текущего времени, установка времени включения будильников, сравнение текущего времени с временами будильников, включение световых и звуковых сигналов. В памяти данных микроконтроллера с адреса 2ВН по 48Н организован буфер отображения для динамической индикации. По своему функциональному назначению адресное пространство данного буфера

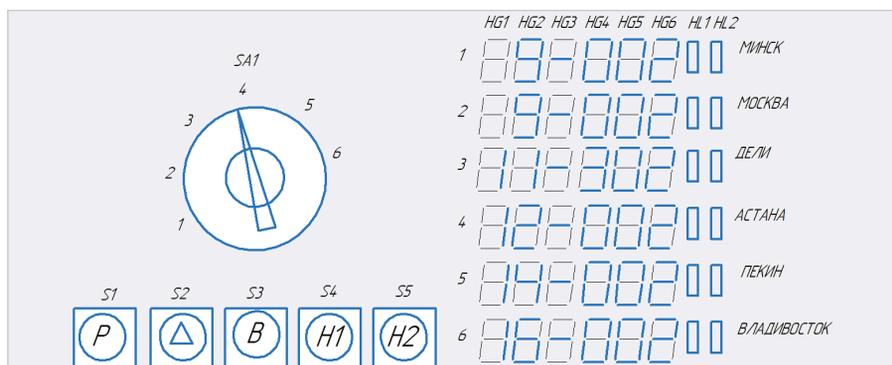


Рис. 3. Интерфейс устройства

можно условно разбить на пять функциональных групп:

- 2ВН...2FH – адреса, где хранится текущее время в минутах и секундах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «часы1»;
- 30Н...34Н – адреса, где хранится текущее время в часах и минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «часы2»;
- 35Н...39Н – адреса, где хранится значение температуры 1, они выводятся на индикацию в режиме «температура1»;
- 3АН...3ЕН – адреса, где хранится значение температуры 2, они выводятся на индикацию в режиме «температура2»;
- 3FH...43Н – адреса, где хранится время включения будильника № 1. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «будильник1».
- 44Н...48Н – адреса, где хранится время включения будильника № 2. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «будильник2».

Данные адреса загружаются в регистр R0. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистра R0 и R1 инкрементируется. При инициализации в R0 загружается адрес 2ВН (режим «часы1»), а в R1 число 1. В памяти данных в ячейке с адресом 20Н находится байт, который управляет разрядами динамической индикации и внешними исполнительными устройствами: пьезоэлектрическим излучателем ВА1 и световыми полосами HL1 и HL2. Данный байт записывается в регистр DD1 сразу после записи перекодированного байта из функциональной группы в порт P1 микроконтроллера. Данный байт представляет собой код «бегущий ноль» для включения знакомест (разрядов) динамической индикации. Цикл для динамической индикации – порядка 3,328 мс.

Сразу после подачи питания при инициализации во все разряды порта P3 микроконтроллера DD2 записывается

лог. 1. Реле DA1, DA2 закрыты, нагрузки отключены. Каналы управления нагрузками № 1 (реле DA1) и № 2 (реле DA2) работают совершенно одинаково. Рассмотрим работу канала № 1. При каждом нажатии на кнопку S4 состояние вывода 2 микроконтроллера DD2 инвертируется, соответственно нагрузка включается или выключается. Состояние вывода 2 микроконтроллера DD2 также инвертируется при совпадении текущего времени с установленным временем в режиме «будильник1». Так, если необходимо включение нагрузки при совпадении текущего времени с установленным временем в режиме «будильник1», перед установкой времени включения будильника нужно нагрузку отключить кнопкой S4. И наоборот, если необходимо отключение нагрузки при совпадении текущего времени с установленным временем в режиме «будильник1», перед установкой времени включения будильника нужно нагрузку включить кнопкой S4. Совершенно аналогичным образом работает канал управления нагрузкой № 2, который привязан к кнопке S5 и к установленному времени в режиме «будильник2».

Для индикации символа «°C» необходимо развернуть индикатор HG6 «вверх ногами», в результате для чисел и символов в порт P1 микроконтроллера нужно записывать код для перевернутого индикатора, отличный от кода для индикаторов HG1, HG2, HG4, HG5. Код каждой цифры и символа для перевернутого семисегментного индикатора, так же как и для других, записан в программе.

В подпрограмму обработки прерывания от таймера TF0 введены процедуры для динамической индикации и опроса цифровых датчиков температуры. Как уже упоминалось выше, для DS18S20 после команды Convert T [44H] (команда запускает процесс измерения датчиком температуры) необходима задержка минимум 750 мс. В программе использована задержка в 1 с (так как



Рис. 4. Фотография интерфейса электронных часов № 1

такая задержка уже есть в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0). Следует отметить, что процедура одна для двух датчиков. Все команды выполняются одновременно для двух датчиков температуры, кроме чтения данных из промежуточного ОЗУ датчиков. В зависимости от того, в каком режиме работы находится устройство («температура1» или «температура2»), данные считываются соответственно из ОЗУ датчика DD3 или DD4. На рис. 4 приведена фотография интерфейса электронных часов № 1.

На рис. 4 часы находятся в режиме «будильник1». Точка h включена у третьего разряда (индикатор HG4).

В устройстве использованы резисторы C2-33H-0.125, подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсаторы C1, C2 типа K50-35, C3, C4 типа K10-17. В дисплее устройства целесообразно выделить разряд, индицирующий режим работы устройства (индикатор HG6) на фоне остальных разрядов интерфейса. Поэтому для данного разряда выбран семисегментный индикатор красного цвета HDSP-F001 (подойдет HDSP-F151), индикаторы HG1...HG5 зеленого цвета HDSP-F501. Световые полосы HL1, HL2 типа KB-2300EW красного цвета. Нагрузки, как уже отмечалось выше, подключаются к устройству через соединители (вилки) X2, X3 типа MPW-2 (ответная часть – розетки MNU-2). Вставки плавкие FU1, FU2 типа ВП2-1 5 А 250 В. Номинальное значение тока вставок плавких (предохранителей) определяется значением тока в нагрузках, подключаемых к устройству.

В устройстве нет никаких настроек и регулировок, и если монтаж выполнен правильно, оно начинает работать сразу после подачи на него напряжения питания. При проверке каналов управления нагрузками № 1 и № 2 первое включение каждого из каналов лучше сделать при небольшой нагрузке, например, с лампой накаливания мощностью 40...60 Вт.

Литература

1. URL: <https://www.alldatasheet.com/>. ©