

Блок управления для приводов с шаговыми двигателями на базе микроконтроллера Atmel

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описан блок управления для приводов с шаговыми двигателями. К предлагаемому блоку можно подключить до трёх исполнительных устройств.

Описанный ниже блок управления можно применить в тех изделиях и устройствах, где необходимо управлять тремя приводами с шаговыми двигателями. Под приводом мы понимаем устройство с функционально законченным интерфейсом, аналогичное блоку управления шаговым двигателем.

Сформулируем требования к интерфейсу управления приводом шагового двигателя для работы с предлагаемым блоком. Управление каждым приводом осуществляется сигналами «Направление», «Разрешение», «Шаг» и «Готовность». Функциональное назначение вышеуказанных сигналов следующее:

- шаг (выход) – тактовые импульсы;
- направление (выход) – сигнал, определяющий направление вращения вала шагового двигателя (лог. 0 – по часовой стрелке, лог. 1 – против часовой стрелки);
- разрешение (выход) – сигнал разрешения работы привода (лог. 1);
- готовность (вход) – сигнал готовности привода шагового двигателя.

Уровень функционирования вышеуказанных сигналов соответствует уровню сигналов ТТЛ. «Готовность» – необязательный сигнал обратной связи, поступающий с привода. Если в рабочем режиме уровень сигнала «Разрешение» равен лог. 1, то уровень выходного сигнала «Готовность» равен лог. 0.

Будем считать, что все три привода конструктивно расположены в одном устройстве, поэтому к блоку управления подключается один жгут проводов. Принципиальная схема блока управления показана на рисунке 1, панель управления блоком – на рисунке 2.

Соединитель X1 блока управления подключается к устройству, в котором размещены приводы шаговых

двигателей. Сигналами Шаг1, Направл.1, Разреш.1 и Готов.1 интерфейса управления № 1 осуществляется управление приводом № 1. Управление приводами № 2 и № 3 осуществляется посредством интерфейсов № 2 и № 3 аналогичными по своему функциональному назначению сигналами.

Рассмотрим прохождение сигналов Разреш.1 и Готов.1 в составе интерфейса № 1. Предположим, что в приводе № 1 имеется сигнал обратной связи Готов.1. Тогда перед включением питания переключатель SA1 следует установить в положение «1». Сразу после подачи питания на приводы и блок управления уровни всех сигналов равны лог. 0. Если в блоке управления сигнал Разреш.1 устанавливается в лог. 1, то выходной сигнал привода Готов.1 должен быть установлен в лог. 0. Если в приводе № 1 отсутствует сигнал Готов.1, то перед включением питания переключатель SA1 следует установить в положение «2». Подобный алгоритм работы использован в приводах № 2 и № 3, где задействованы переключатели SA2 и SA3 соответственно.

На панели управления (см. рис. 2) размещены: клавиатура (кнопки S1 – S8), индикаторы HL1 – HL6 и блок индикации (дисплей) из четырёх цифровых семисегментных индикаторов HG1 – HG4.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (▲) – постепенное увеличение скорости вращения (об./мин) вала шагового двигателя; удержание кнопки в нажатом состоянии более 3 с приводит к автоматическому увеличению значения оборотов выбранного привода каждые 0,5 с;
- S2 (▼) – последовательное уменьшение скорости вращения (об./мин) вала шагового двигателя; удержание

кнопки в нажатом состоянии более 3 с приводит к автоматическому уменьшению оборотов выбранного привода каждые 0,5 с;

- S3 (H) – направление вращения вала выбранного шагового двигателя (по часовой стрелке или против часовой стрелки); при выбранном направлении вращения включаются индикаторы HL1 – HL3 (по часовой стрелке, для приводов №1 – 3 соответственно) или HL4 – HL6 (против часовой стрелки, для приводов №1 – 3 соответственно);
- S4 (B) – циклический выбор привода («привод 1», «привод 2», «привод 3», снова «привод 1» и т.д.);
- S5 (C1) – кнопка старт/стоп для привода № 1;
- S6 (C2) – кнопка старт/стоп для привода № 2;
- S7 (C3) – кнопка старт/стоп для привода № 3;
- S8 (C) – общий стоп всех приводов.

Разряды индикации панели управления имеют следующее назначение (слева направо, по рисунку 2):

- разряд 1 (индикатор HG1) отображает «1» в режиме «привод 1», «2» в режиме «привод 2» и «3» в режиме «привод 3»;
- разряд 2 (индикатор HG2) отображает разряд «сотни» оборотов во всех вышеуказанных режимах;
- разряд 3 (индикатор HG3) отображает разряд «десятки» оборотов во всех режимах;
- разряд 4 (индикатор HG4) отображает разряд «единицы» оборотов во всех режимах.

Рассмотрим основные узлы принципиальной схемы блока (см. рис. 1). Блок управления выполнен на базе микроконтроллера DD4. Таковая частота МК задаётся резонатором ZQ1 (10 МГц). Клавиатура собрана на кнопках S1 – S8. Для её функционирования задействован вывод 7 микроконтроллера DD4. Резисторы R1 – R3, R5, R9, R13 – токоограничительные, для индикаторов HL1 – HL6. Динамическая индикация собрана на регистре DD5, транзисторах VT1 – VT4 и семисегментных индикаторах HG1 – HG4.

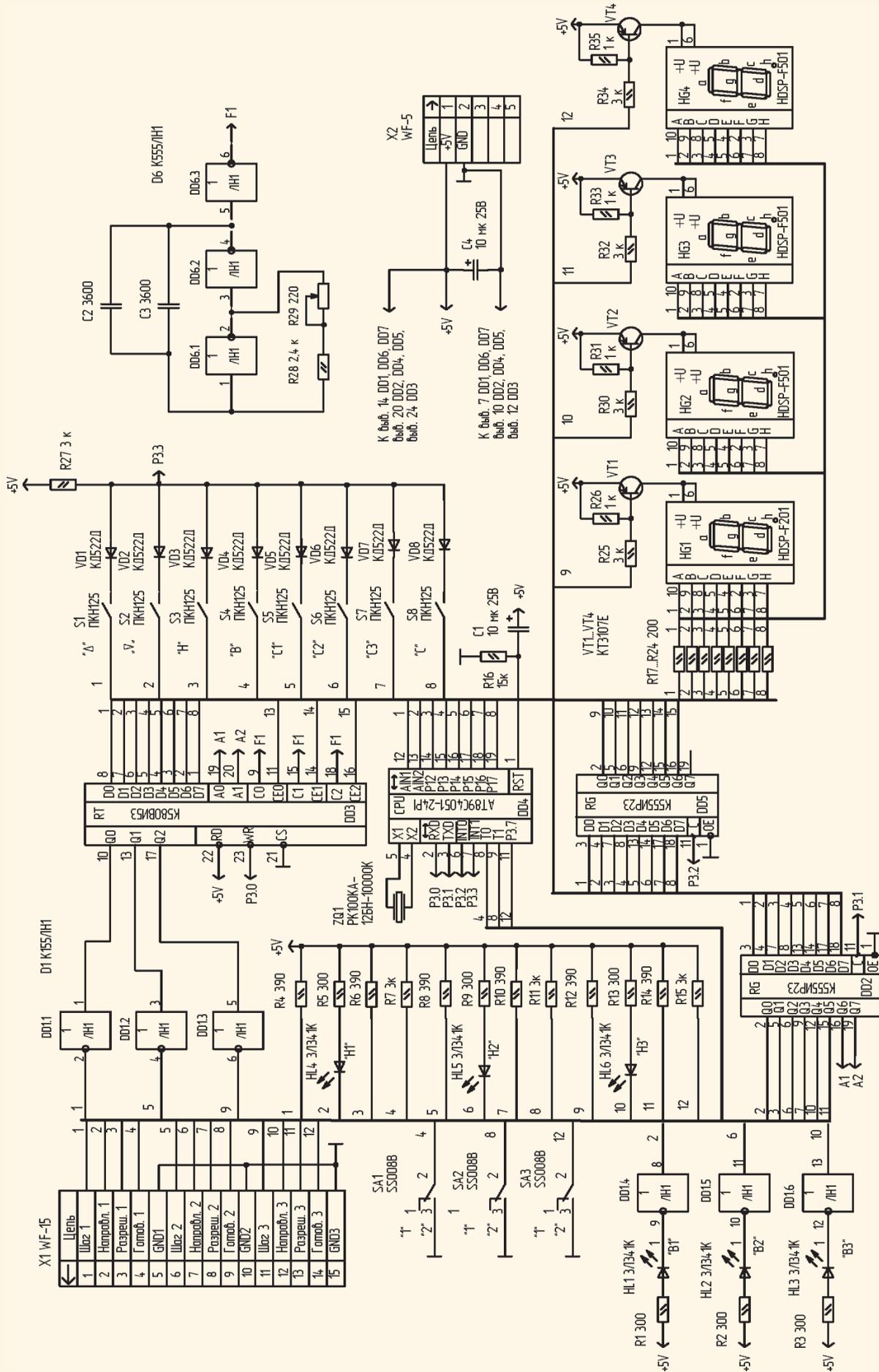


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема блока управления

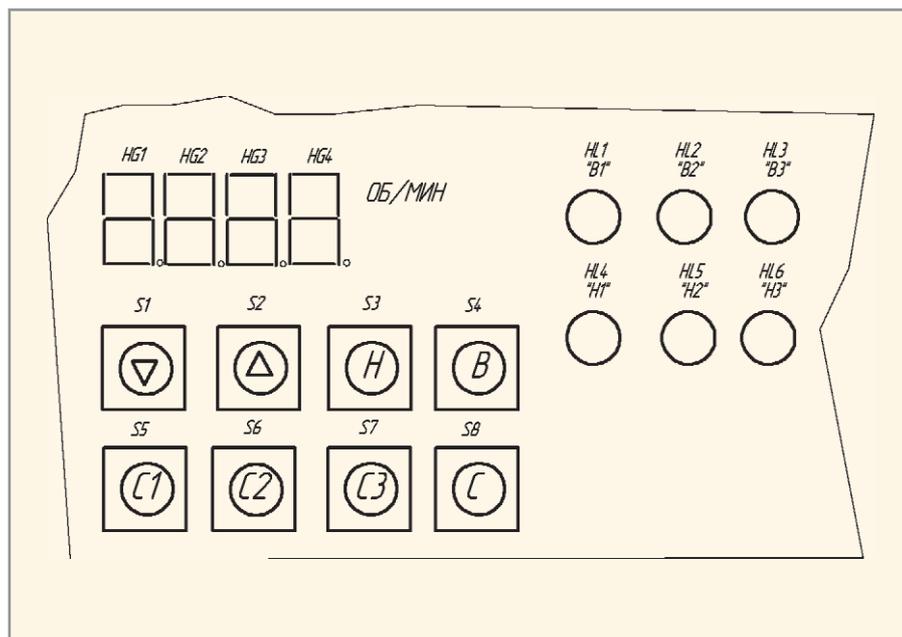


Рис. 2. Панель управления

Тактовая частота для приводов поступает с ИС таймера типа КР580ВИ53. Подробное описание таймера приведено в [2]. В алгоритме работы блока управления задействованы все три канала данного таймера. Канал 0 формирует последовательность тактовых импульсов для привода № 1, канал 1 – для привода № 2 и канал 2 соответственно для привода № 3. Все три канала таймера работают в режиме (3) генератора меандра; коэффициент деления является однобайтовым числом. Тактовая частота на входы каналов таймера (выводы 9, 15 и 18 DD3) поступает с генератора частотой 6,25 кГц, собранного на микросхеме DD6. Резистором R29 осуществляется подстройка частоты генератора.

В режиме 3 каждый канал таймера работает как делитель входных сигналов на N (N – коэффициент деления, может принимать значения от 0 до 255). При этом длительность положительного и отрицательного полупериодов выходного сигнала для чётных N равна $T_C N/2$, где T_C – период сигнала тактовой частоты, а для нечётных чисел N положительный полупериод равен $T_C(N+1)/2$, отрицательный – $T_C(N-1)/2$. В режиме 3 каналы не выполняют свои функции при записи в счётчики числа $N = 3$, поэтому программно реализовано $N \geq 4$. Перезагрузка счётчика во время счёта не влияет на текущий период, однако последующий период будет соответствовать новому значению коэффициента деления.

Скорость вращения вала шагового двигателя (об./мин) определяется

числом шагов на один оборот и частотой следования тактовых импульсов (сигнал Шаг). Программное обеспечение разработано для привода шагового двигателя, где минимальная частота вращения вала двигателя равна 35 об./мин, а максимальная – 375 об./мин (1000 шагов на один оборот). Можно задавать следующие значения скорости вращения вала шагового двигателя (в об./мин): 35 – 42, 44 – 46, 48, 50, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 65, 68, 71, 75, 78, 83, 88, 93, 100, 107, 115, 125, 136, 150, 166, 187, 214, 250, 300, 375.

Минимальная частота сигнала Шаг каждого канала определяется минимальной частотой вращения вала шагового двигателя и для нашего случая равна примерно 595 Гц (35 об./мин), максимальная частота – 6,25 кГц (375 об./мин), для этого в программу заложена формула $F = 1500/N$, где N – вышеуказанный коэффициент деления в канале таймера DD3 ($4 \leq N \leq 42$). Исходными данными для получения данной формулы являются частота генератора 6,25 кГц и число шагов на один оборот шагового двигателя (1000). Десятые доли, полученные при делении двухбайтового двоичного числа 1500 на однобайтовое двоичное число N , в программе отбрасываются.

Сразу после подачи питания блок управления переходит в режим работы «привод 1». На дисплее индицируется значение 35 об./мин (минимальное значение), ротор шагового двигателя не вращается. Для запуска двигателя необходимо на-

жать на кнопку S2 (▲). Кнопками S1, S2 (▲,▼) устанавливается необходимое значение скорости вращения вала (об./мин) шагового двигателя, кнопкой S3 – направление вращения, при этом включаются индикаторы HL1 (вперёд) или HL4 (назад). Все заданные для данного привода параметры сохраняются при переходе на «привод 2» или «привод 3».

Рассмотрим взаимодействие блока управления и привода № 1 через интерфейс управления № 1. Сигналы управления через соединитель X1 поступают на приводы с регистра DD2 и инверторов DD1.1 – DD1.3. На входы инверторов поступает тактовая частота с программируемого таймера DD3. С контакта 4 соединителя X1 сигнал Готов.1 поступает на вход 8 микроконтроллера DD4. При нулевом значении на дисплее блока (сразу после подачи питания и инициализации) сигнал Разреш.1 установлен в лог. 0, сигнал Готов.1 установлен в лог. 1.

Сразу после задания с клавиатуры какого-либо значения для привода № 1 микроконтроллер DD4 устанавливает сигнал Разреш. в лог. 1. По данному сигналу привод устанавливает сигнал Готов.1 в лог. 0. Микроконтроллер DD4 анализирует уровень сигнала, поступающего на вход 8. При уровне лог. 0 на входе 11 таймера DD3 (вход разрешения счёта канала 0) присутствует лог. 1. При этом счёт канала 0 разрешён. Микроконтроллер DD4 управляет данным входом таймера DD3 через регистр DD5. Сигнал на вход 11 таймера DD3 поступает с вывода 12 регистра DD5. Если привод выставил сигнал Готов.1 в лог. 1, то на входе 11 таймера DD3 будет присутствовать лог. 0, тем самым запрещается счёт канала 0 таймера. На выходе канала 0 (вывод 10 таймера DD3) будет установлен сигнал лог. 1. Соответственно сигнал Шаг1 (контакт 1 соединителя X1) будет установлен через инвертор D1.1 в лог. 0. Аналогично на выходные сигналы Готов.2 и Готов.3 реагируют приводы № 2 и № 3.

Конструктивно блок управления выполнен в виде функционально законченного модуля. Как видно из схемы, аппаратные возможности микроконтроллера DD4 исчерпаны полностью.

Питающее напряжение поступает на плату модуля с соединителя X2. Конденсатор C4 фильтрует пульсации

в цепи питания +5 В. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD4 через цепь R16C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD4. Затем выполняется инициализация программы, в которой задаются параметры работы динамической индикации, программируемого таймера DD3 и характеристики приводов; запускается таймер TF0 и разрешается работа устройства согласно описанному выше алгоритму.

Программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает реализацию динамической индикации блока и функционирование трёх приводов шаговых двигателей. Таймер TF0 микроконтроллера DD4 формирует запрос на прерывание каждые 3,4 мс и временные интервалы, необходимые для отображения разрядов индикации. В ОЗУ микроконтроллера DD4 организован буфер отображения.

Каждый байт из функциональной группы буфера отображения в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 выводится в порт P1 микроконтроллера DD4. Номер группы или режим работы записан в регистре R2. В регистре R1 записан текущий номер отображаемого разряда динамической индикации. Адрес ячейки памяти, где хранится значение самого разряда, записан в регистре R0. В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры.

Байт, выводимый при этом в порт P1 микроконтроллера, представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт P1 микроконтроллер DD4 анализирует сигнал на входе 7 (P3.3). При любой нажатой кнопке подпрограмма формирует на входе 7 микроконтроллера лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к «своему» разряду байта. Нажатие кнопки S4 приводит к увеличению содержимого регистра R2, задавая один из трёх режимов работы блока управления.

При нажатии на кнопку S1 устанавливается флаг, который разрешает увеличивать текущее значение скорости вращения выбранного привода, отображаемое на дисплее блока. Одновременно запускается счётчик на регистре R3. Если кнопка удерживается более 3 с, значение, индицируемое на дисплее (частота вращения ротора шагового двигателя), увеличивается каждые 0,5 с. Счётчик,

формирующий временной интервал 0,5 с, организован на регистре R4. При отпускании кнопки S1 все счётчики обнуляются.

Аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения текущего значения оборотов выбранного привода. Если кнопка удерживается более 3 с, значение, индицируемое на дисплее, уменьшается каждые 0,5 с. Счётчики для кнопки S2 организованы на регистрах R5 и R6. Выходы регистра DD5 (выводы 2, 5, 6, 9) включают индикаторы HG1 – HG4 (разряды дисплея) посредством открывания транзисторов VT1 – VT4. С выводов 12, 15, 16 регистра DD5 разрешается работа каналов 0 – 2 таймера DD3. Адреса таймера DD3 выбираются с выводов 16 и 19 регистра DD2. Одновременно с изменением значения на дисплее блока для текущего канала изменяется коэффициент деления, записываемый в соответствующий канал таймера DD3. Поскольку таймер DD3 работает только в режиме записи, то вывод 22 (RD) подключен к шине питания +5V.

Программа микроконтроллера состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0. В основной программе происходит вычисление частоты вращения роторов шаговых двигателей по формуле $F = 1500/N$ и преобразование получившегося двухбайтового числа в десятичные двоично-кодированные (BCD) для отображения информации на индикаторе. В подпрограмме обработки прерывания от таймера TF0 в каждом цикле происходит опрос клавиатуры, перекодировка двоично-десятичного числа в код для семисегментного индикатора и запись информации с порта P1 микроконтроллера DD4 в регистры DD2, DD5, которая осуществляется по фронту импульсов, подаваемых соответственно с выводов 3 и 6 микроконтроллера DD4.

В памяти данных микроконтроллера с адреса 30H по 3BH организован буфер отображения для динамической индикации. По своему функциональному назначению адресное пространство данного буфера можно условно разбить на три функциональные группы. Каждая группа занимает четыре ячейки памяти, по одной на знакоместо:

- 30H – 33H – адреса, где хранится текущее значение оборотов для привода № 1. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 1». По адресу 30H хранится число 1;
- 34H – 37H – адреса, где хранится текущее значение оборотов для привода № 2. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 2». По адресу 34H хранится число 2;
- 38H – 3BH – адреса, где хранится текущее значение оборотов для привода № 3. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «привод 3». По адресу 38H хранится число 3.

Указанные адреса загружаются в регистр R0 микроконтроллера. Каждый байт из функциональной группы циклически (в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0, метка OT) – после перекодировки – выводится в порт P1 микроконтроллера. Для включения индикаторов HG1 – HG4 необходимо установить лог. 0 на выводах 2, 5, 6, 9 регистра DD5. Например, чтобы в режиме «привод 1» на индикаторе HG1 индицировалась «1», необходимо двоично-десятичное число, расположенное по адресу 30H, перекодировать, вывести в порт P1 микроконтроллера и записать лог. 0 в первый разряд регистра DD5 (вывод 2). Записывая поочередно после перекодировки в порт P1 микроконтроллера байты из функциональной группы буфера отображения и лог. 0 на соответствующий вывод регистра DD5, мы получаем режим динамической индикации. Понятно, что каждый разряд индикатора «привязан» к своему адресу в функциональной группе. На регистре R1 реализован счётчик разрядов.

В регистр R0 записываются адреса функциональных групп (метки ТЕМО0, ТЕМО1, ТЕМО2). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистры R0 и R1 увеличивают своё содержимое. При инициализации в регистр R0 загружается адрес 30H (режим «привод 1»), а в регистр R1 – число 1. В памяти данных по адресу 20H находится байт, который управляет разрядами динамической индикации и входами разрешения счёта каналов 0 – 2 таймера DD3. Данный байт записывается в регистр DD5 сразу после опроса клавиатуры. Младшая тетрада данного байта представляет собой код «бегущий ноль» для включения знакомест (разрядов) динамической индикации.

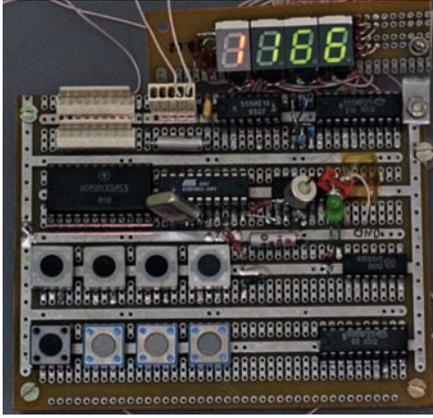


Рис. 3. Внешний вид макета платы блока управления

По адресу 21H в памяти данных находится байт, который управляет сигналами импульсных интерфейсов приводов (сигналы Направл. и Разреш.) и задаёт адреса каналов в таймере DD3. Данный байт выводится в цикле подпрограммы прерывания в регистр DD2. Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 2,9 Кб памяти программ.

Блок управления смонтирован на макетной плате с размерами 120 × 120 мм. При необходимости интер-

фейс можно смонтировать на отдельной плате. Фотография макета платы блока управления приведена на рисунке 3.

В устройстве использованы резисторы типа С2-33Н-0, 125 Вт, хотя подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и допуском 5%. Резистор R29 типа СП5-16ВВ. Конденсаторы С1, С4 – К50-35, С2, С3 – К10-17а. У всех микросхем между цепью +5V и общим проводником полезно установить блокировочные конденсаторы К10-17-Н90-0,1мкФ.

В дисплее выделен разряд, индицирующий текущий режим работы устройства (индикатор НГ1) на фоне остальных разрядов интерфейса. Поэтому для данного разряда выбран семисегментный индикатор красного цвета свечения HDSP-F001 (также подойдёт HDSP-F151); индикаторы НГ2 – НГ4 – зелёного цвета свечения HDSP-F501. Можно использовать любые другие индикаторы с общим анодом и приемлемой яркостью свечения, например АЛС321. Ток через сегмент индикатора определяется нагрузочной способностью порта P1

микроконтроллера DD4. Индикаторы НЛ1 – НЛ6 можно использовать любые, с $I_{np} = 10$ mA. Переключатели SA1 – SA3 типа SS008В.

Потребление устройства по питанию +5 В не превышает 100 mA. В схеме отсутствуют настройки и регулировки (кроме регулировки частоты задающего генератора резистором R29). Если монтаж выполнен правильно, то она начинает работать сразу после подачи питания. Целесообразно проверить работоспособность блока управления, не подключая к нему приводы. Отметим, что подсоединять приводы к блоку управления можно только при выключенном питании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! ИД СКИМЕН, 2002.
2. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных схем: Справочник. Под ред. В.А. Шахнова. Радио и связь, 1988.
3. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. ЭКОМ, 1999.

