

Регулятор мощности микродрели

В любительской лаборатории в качестве небольших дрелей для сверления отверстий в печатных платах часто используют двигатели постоянного тока типа ДПМ (табл. 1). Некоторые из них обладают довольно большой мощностью (например, ДПМ-35-01) и при номинальном напряжении питания (27 В для указанного выше двигателя) их скорость вращения иногда бывает излишней и небезопасной. Автором преследовалась цель создать ШИМ-регулятор мощности для таких двигателей с использованием самого простого из микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel — AT90S1200.

Рассматриваемый контроллер обладает существенно меньшими возможностями по сравнению с такими гигантами, как например ATMEGA103, но его ресурсов хватает с избытком, чтобы реализовать простой ШИМ-регулятор мощности двигателя с элементарными сервисными возможностями. Отметим сразу, что при разработке не ставилось цели минимизировать стоимость устройства.

Итак, ШИМ-регулятор организован программным методом, так как в этом контроллере, в отличие от более продвинутых (например, AT90S8515) нет аппаратного ШИМа. Двигатель управляется с помощью малагабаритного полевого транзистора IRFD024 фирмы International Rectifier (его цоколевка показана на рисунке). Для управления этим транзистором не требуется драйвер, так как он надежно открывается напряжением лог. 1, равным 5 В (см. документацию на транзистор), и нагрузочная способ-

ность порта микроконтроллера достаточна для этой цели.

Резистор R5 обеспечивает закрытое состояние транзистора, когда после включения питания микроконтроллер находится в сброшенном состоянии. При отсутствии этого резистора в моменты включения питания двигатель может делать кратковременные рывки. Резистор R4 нужен для ограничения тока перезарядки затвора полевого транзистора в моменты смены логических уровней. Помимо ограничения допустимого тока, резистор R4 также влияет на скорость нарастания напряжения на двигателе. Если поставить на его место резистор меньшего номинала, то от резких импульсов тока управления начнет страдать микроконтроллер, давая сбой и зависая. Если ставить резистор с большим сопротивлением, скорость нарастания напряжения на двигателе может настолько снизиться, что транзистор перестанет успевать за частотой переключения ШИМа.

Диоды VD2, VD3 служат для подавления резких выбросов напряжения в моменты переключения транзистора. В отсутствие диодов эти импульсы очень хорошо видны на экране осциллографа и также приводят к сбоям в работе микроконтроллера. Быстрый диод VD4 необходим для гашения возможной ЭДС самоиндукции обмотки двигателя.

Цепь сброса микроконтроллера контролируется супервизором питания U2 фирмы Em-Marin, чтобы при плавном снижении напряжения питания после отключения контроллер не выполнял недопустимые операции (многие уже не раз упоминали о возможности неконтролируемой порчи содержимого EEPROM в такие моменты времени в контроллерах AVR). Небольшой конденсатор C8 служит для подавления возможных наводок от двигателя. Стабилитрон VD1 защищает шину питания от импульсов высокого напряжения, с которыми не успевает справиться стабилизатор.

Восьмисегментный индикатор подключен к порту В контроллера через токоограничительные резисторы, при этом ток через каждый сегмент составляет около 5 мА. Из принципиальной схемы видно, что сегменты индикатора подключены к порту микроконтроллера не по порядку. Это сделано для облегчения разводки печатной платы (в макете использованы резисторы R2-R11 в корпусах для поверхностного монтажа типоразмера 0805). Для управления программой используются две кнопки SB1 и SB2. Разъем XP1 предназначен для внутрисхемного программирования микроконтроллера.

Таблица

Тип двигателя	Напряжение питания, В	Мощность, Вт	Частота вращения, об/мин	Крутящий момент, мН*м	Ток потребления, А
ДПМ-25-01	29	3,5	9000	3,5	0,4
ДПМ-25-02	27	0,5	3800	3	0,15
ДПМ-25-03	12	3	6000	4,4	0,85
ДПМ-25-04	27	1,3	2500	5	0,2
ДПМ-25-05	15	1,3	2500	5	0,3
ДПМ-25-06	27	2,8	6000	5	0,3
ДПМ-25-07	27	2,3	4500	5	0,3
ДПМ-25-08	27	1,3	4500	2	0,2
ДПМ-25-09	12	3	9000	3,4	0,7
ДПМ-25-10	12	3	4500	5	0,5
ДПМ-25-11	12	2,5	2500	5	0,3
ДПМ-35-01	27	14	9000	15	1,5

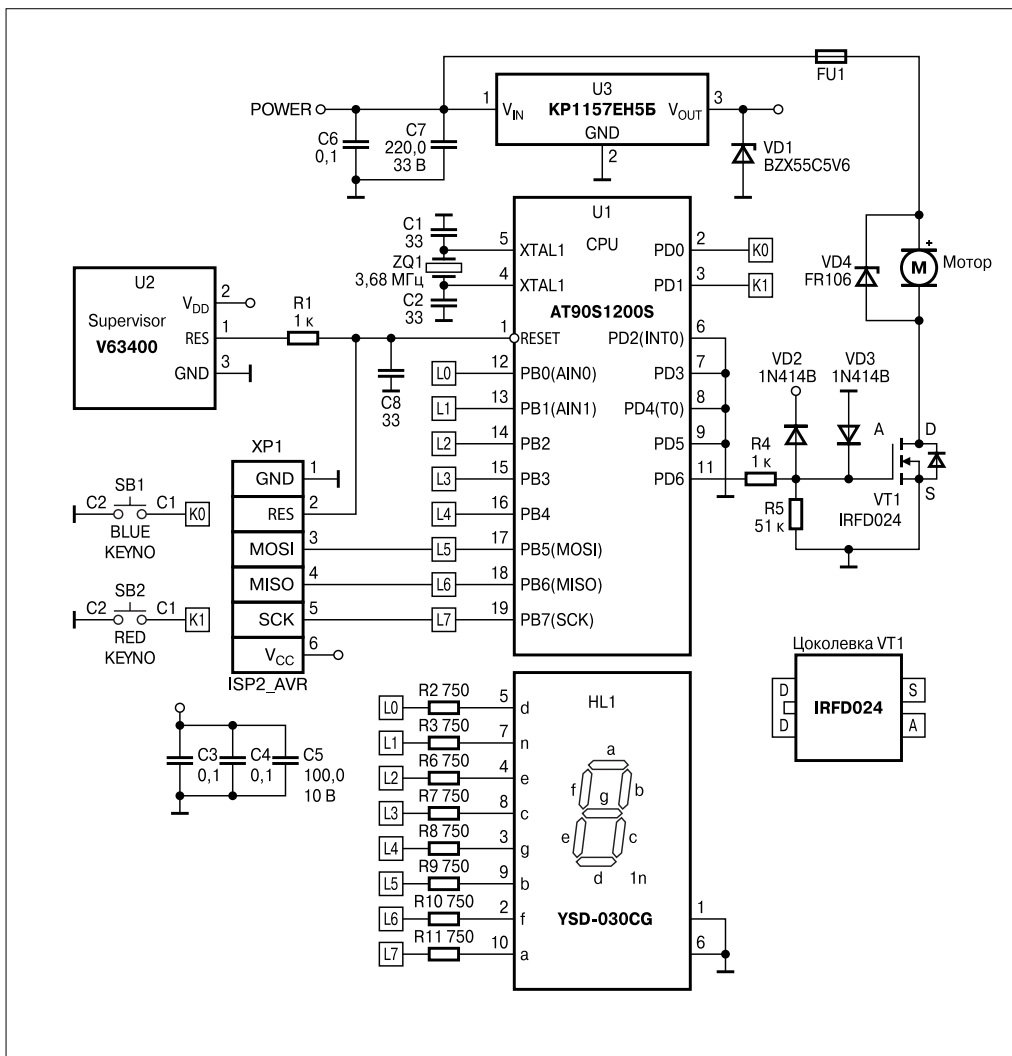
Рекомендуется запрограммировать микроконтроллер до установки индикатора, который дает ощутимую нагрузку на программатор.

Программа реализует следующие функции. С использованием единственного счетчика-таймера реализован 8-битный ШИМ. Таймер в качестве тактовой частоты использует частоту контроллера 3,68 МГц без предварительного делителя. Например, если надо установить скважность 100/256, то в таймер сначала загружается число (256-100), и на выход управления полевым транзистором выдается лог. 1. После загрузки таймер продолжает считать вверх, и когда переполняется досчитав до 255, снова возникает прерывание. После этого в него загружается число 100, и на выход управления транзистором выдается лог. 0. Так протекает каждый период ШИМа, и после очередного переполнения таймера процесс повторяется заново. Так как таймер 8-битный, то частота на выходе ШИМа и на двигателе составляет $3,68/256$

= около 14,4 кГц — ультразвуковой диапазон. Очевидно, что такой программный ШИМ обладает одним недостатком перед аппаратно реализованным ШИМом — невозможностью обрабатывать близкие к 0 и близкие к 1 скважности, так как между двумя запросами прерывания таймера по переполнению требуется выполнение процедуры прерывания. Для ее выполнения требуется около 20 тактов процессорного времени, а они же есть такты таймера счетчика.

Рамки возможных скважностей, следовательно, составляют $20/256=0,078, \dots, 236/256=0,92$. Нижний предел несущественен, так как при скважностях меньше примерно 0,1-0,2 (то есть напряжение 10-20% от номинала) двигатель еще даже не вращается из-за наличия силы трения. Верхний предел скважности можно тоже компенсировать, питая двигатель несколько повышенным напряжением, чтобы при умножении на максимальную возможную скважность получалось номинальное напряжение.

Программа посредством кнопок обеспечивает выбор одной из девяти скважностей работы ШИМа (табл. 1), индицируя номер выбранной «скорости» на индикаторе. При удержании какой-либо кнопки включается режим автоповтора. Но коэффициент ШИМа, а с ним и скорость двигателя меняется не мгновенно после смены показаний индикатора, а плавно (с минимально возможной дискретностью счетчика, равной 1/256) доводится до новой установленной величины, при этом на индикаторе мигает запятая. При включении питания восстанавливается скорость двигателя, с которой он работал до отключения питания, и разгон производится так же плавно, исключая резкие рывки мощных двигателей. Нажатием одновременно двух кнопок можно мгновенно отключить питание двигателя, что бывает полезно в моменты аварий. При этом на индикаторе будет гореть только запятая. Чтобы вновь включить двигатель, нужно снова нажать обе кнопки.



При написании программы массив значений ШИМа и таблица перекодировки для 8-сегментного индикатора были помещены в EEPROM. Обычно такого типа таблицы помещаются в Flash-память программ и извлекаются оттуда инструкцией LPM. Но эта инструкция отсутствует в самом младшем микроконтроллере AVR. После каждого изменения скорости нажатием кнопок новая скорость записывается в ячейку EEPROM для ее восстановления после нового включения питания.

Размер кода составил 348 байт из 1 Кб доступных в AT90S1200. При программировании часто приходилось вспоминать про очень небольшую глубину аппаратного стека (всего три слова), исключаящую большую вложенность функций.

Следует обратить внимание на напряжение питания прибора. Если используется двигатель ДПМ на напряжение пи-

тания 27 В, то питать прибор следует от источника постоянного нестабилизированного напряжения около 30 В. Больше 35 В не рекомендуется, так как будет превышено максимально допустимое входное напряжение стабилизатора KP1157EH5Б и конденсатора С7. Если напряжение питания будет ниже 30 В, ресурс двигателя будет использоваться не полностью. Для двигателей с меньшим напряжением питания (например, 12 В) напряжение источника выбирается аналогично, примерно на 10% выше напряжения питания двигателя. Притом выбирать адаптер для питания следует не по паспортному значению напряжения, а по его реально измеренному значению, которое оказывается обычно выше на несколько вольт. В рассмотренном случае с двигателем на напряжение питания 27 В не следует использовать в качестве стабилизатора микросхему KP142EH5A, так как у нее допустимое входное напряжение значительно меньше 27 В.

Критичен также ток, потребляемый электродвигателем. В таблице указаны номинальные токи двигателей при допустимой механической нагрузке на вал. На холостом ходу ток потребления электродвигателя значительно

меньше. И наоборот, в случае принудительного останова вала электродвигателя (например, сверло застряло в материале) ток, потребляемый им при номинальном напряжении больше в несколько раз. Величину этого пикового тока легко найти, измерив сопротивление обмотки двигателя мультиметром. Поделив напряжение питания на найденное сопротивление, получим пиковый ток. Если величина этого тока не превышает 1,8 А, принудительная блокировка вала может повредить только двигатель, причем через довольно длительное время, в течение которого он будет постепенно разогреваться (при условии, что используемый источник питания способен выдерживать пиковый ток). Если величина тока выше 1,8 А, то блокировка вала грозит мощному полевому транзистору. Кратковременное превышение этого тока (в разумных пределах) для полевого транзистора не очень страшно. Для защиты полевого транзистора от перегрева и выхода из строя из-за более длительной блокировки вала или коротком замыкании обмотки двигателя служит предохранитель FU1, который может быть как обычной плавкой вставкой, так и самовосстанавливающимся пре-

дохранителем. Самовосстанавливающийся удобнее тем, что его не требуется заменять после каждой аварийной ситуации (застревание сверла — довольно частое явление, особенно с маломощными двигателями). Но величину его тока срабатывания нужно тщательно (возможно, даже экспериментально) подобрать, так как чтобы предохранитель сработал, он сначала должен быть разогрет повышенным током, а за время его разогревания может уже расплавиться сам полевой транзистор! Не следует также забывать, что максимально допустимое напряжение самовосстанавлиющихся предохранителей часто составляет 30 В.

В общем, с использованием разведенной печатной платы с широкими силовыми проводниками конструкция получилась довольно надежной и после отладки ни разу не давала сбой. Конечно, аналоговый эквивалент этого прибора был бы более надежным, но наверняка потребовал бы настройки и не был бы таким простым вместе с индикацией. Предлагаю интересующимся читателям создать этот аналоговый эквивалент.

Артем Скворцов mega103@online.ru