

УДК 621.9

## **АВТОМАТ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ SMD ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ**

**С.С. Панов, П.Г. Мазеин**

e-mail: mpg@susu.ac.ru

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 30 мая 2003 г.

Сегодня ни одна отрасль промышленности, будь то металлургия или машиностроительное производство, не обходится без систем автоматизации производства и управления.

В начале 90-х годов в мировой электронике наметилась тенденция перехода с элементов навесного монтажа (для элементов имеющих выводы) на элементы поверхностного монтажа не имеющих выводов. Дело в том, что сегодня в мире производится очень сложное электронное оборудование, многослойные печатные плата которого, содержат до нескольких тысяч электронных элементов. Традиционные компоненты, монтируемые выводами в отверстия плат, создавали наиболее «узкое» место в процессе установки их на печатную плату, поскольку практически полностью исключали возможность автоматизации процесса, не позволяли повысить производительность, снизить габариты плат и себестоимость их производства и сборки. Применение элементов навесного монтажа позволяет снизить размеры стандартной платы, например, компьютера на порядок, а стоимость производства и сборки уменьшить в несколько раз. Автоматизация процесса установки поверхностно монтируемых компонентов (SMD-элементов) стала возможной, благодаря их корпусной структуре (CHIP-структуре). Большинство автоматических машин для установки компонентов предназначены для установки всех типов SMD-компонентов.

Размеры элемента поверхностного монтажа, применяемого для производства различного электронного оборудования, лежат в диапазоне от 1x0,25 мм (для транзисторов, резисторов и конденсаторов) до 45x45 мм (для микросхем БИС и микропроцессоров СБИС). SMD компонент уже содержит на своих контактах необходимое количество припоя для его пайки. Перед тем как установить элемент на плату с платой проводят следующие технологические операции:

- разрабатывают маску – размером с печатную плату, в виде пленки с прорезями в тех местах где на плате должны устанавливаться SMD компоненты;
- с помощью маски наносят специальную пасту – флюс в нужные места; паста – флюс представляет собой вязкий раствор, обладающий свойством клея и флюса.

Для закрепления элемента на печатной плате после его позиционирования служит клеевая основа пасты – флюса, а для того, чтобы при пайке происходило качественное оплавление припоя без окисления, служит флюс.

Далее, после процесса нанесения маски в необходимые места на плате, производят расстановку SMD компонентов в нужные места. Для того, чтобы осуществить пайку платы с установленными элементами, ее определяют в печь с нужной температурой.

В виду огромной стоимости аппарата, осуществляющего расстановку SMD компонентов (для ручной установки — 600 \$ США, для полуавтоматической — от 3000 \$ США) было принято решение, разработать и создать автоматический станок класса PCNC по расстановки SMD компонентов (применительно к конденсаторам, резисторам, транзисторам).

Компоновка предлагаемого станка для расстановки SMD-элементов приведен на рис. 1. Станок выполнен в виде портального робота-манипулятора и содержит стол 1, перемещающийся по направляющим 2, при помощи зубчатой ременной передачи 3; рядом со столом которым находятся питатели 4 с элементами. Перемещение вакуумной головки 5 (осуществляющей захват SMD элементов) осуществляется по портальным направляющим 6, при помощи ременной передачи 7. Для поднятия и опускания всасывающей иглы-головки применяется передача типа винт-гайка 8.

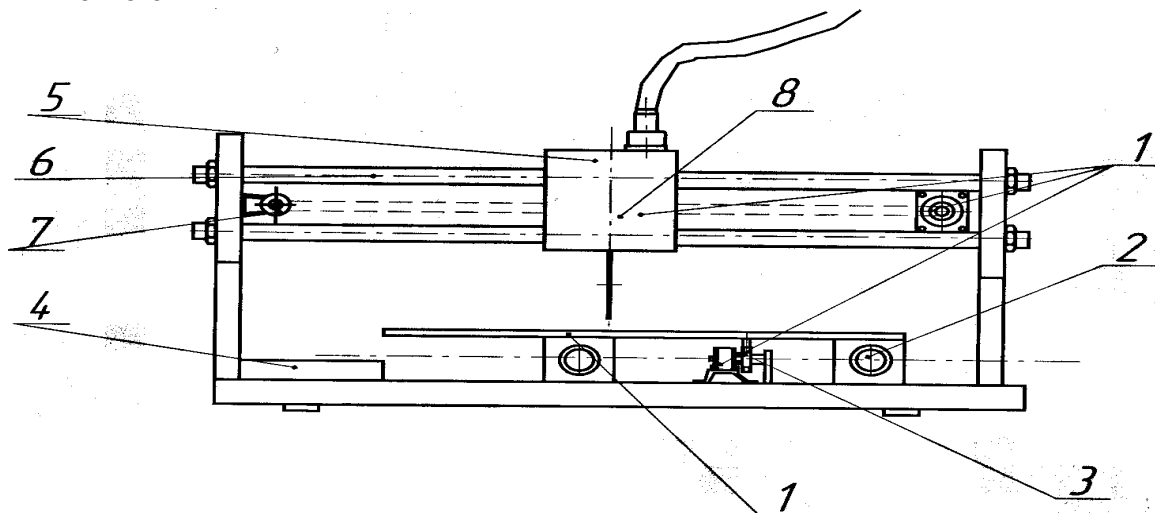


Рис. 1. Компоновка станка

Для привода перемещений используются высокоточные шаговые электродвигатели 9—11. В роли контроллера управления использована схема на микроконтроллере AVR2313, приведенная на рис. 2. Для контроллера управления шаговыми двигателями важное значение имеет выбор типа драйвера. Максимальный момент и мощность, которую может обеспечить на валу шаговый двигатель, зависит от его размеров, условий охлаждения, режима работы (отношения работа/пауза), от параметров обмоток двигателя и от типа применяемого драйвера. При одной и той же рассеиваемой мощности драйвер с импульсной стабилизацией тока обеспечивает выигрыш в моменте на некоторых скоростях до 5—6 раз, по сравнению с питанием обмоток номинальным напряжением. При этом также расширяется диапазон допустимых скоростей. Технология приводов на основе шаговых двигателей постоянно развивается. Развитие шаговых двигателей направлено на получение наибольшего момента на валу при минимальных габаритах двигателя, широких скоростных возможностей, высокого КПД и улучшенной точности. Важным звеном этой технологии является применение микрошагового режима. На практике немаловажным является и время разработки привода на основе шагового двигателя. Разработка специализированной конструкции для каждого конкретного случая требует значительных затрат времени. С этой точки зрения предпочтительней применять универсальные схемы управления на основе PWM стабилизации тока, несмотря на их более высокую стоимость. Приведем пример контроллера шагового двигателя на основе микроконтроллера семейства AVR. Несмотря на то, что в настоящее время существует большое количество специализированных микросхем для управления шаговыми двигателями, в ряде случаев, когда не предъявляется слишком жестких требований, можно обойтись и без них, реализуя контроллер полностью программно. При этом стоимость такого контроллера получается очень низкой. Предлагаемый контроллер предназначен для управления униполярным шаговым двигателем со средним током каждой обмотки до 2.5А. Контроллер может использоваться с распространенными шаговыми двигателями типа ДШИ-200-1, -2, -3. Его также можно использовать и для управления менее мощными двигателями, например теми, что применялись для позиционирования головок в 5-дюймовых дисководах. При этом схему можно упростить, отказавшись от параллельного включения ключевых транзисторов и от ключевой стабилизации тока, так как для маломощных двигателей достаточно простого L/R-питания. На рис. 2 приведена схема контроллера шагового привода для одного двигателя. Основой устройства является микроконтроллер U1 типа AT90S2313 фирмы Atmel. Сигналы управления обмотками двигателя формируются на портах PB4 — PB7 программно.

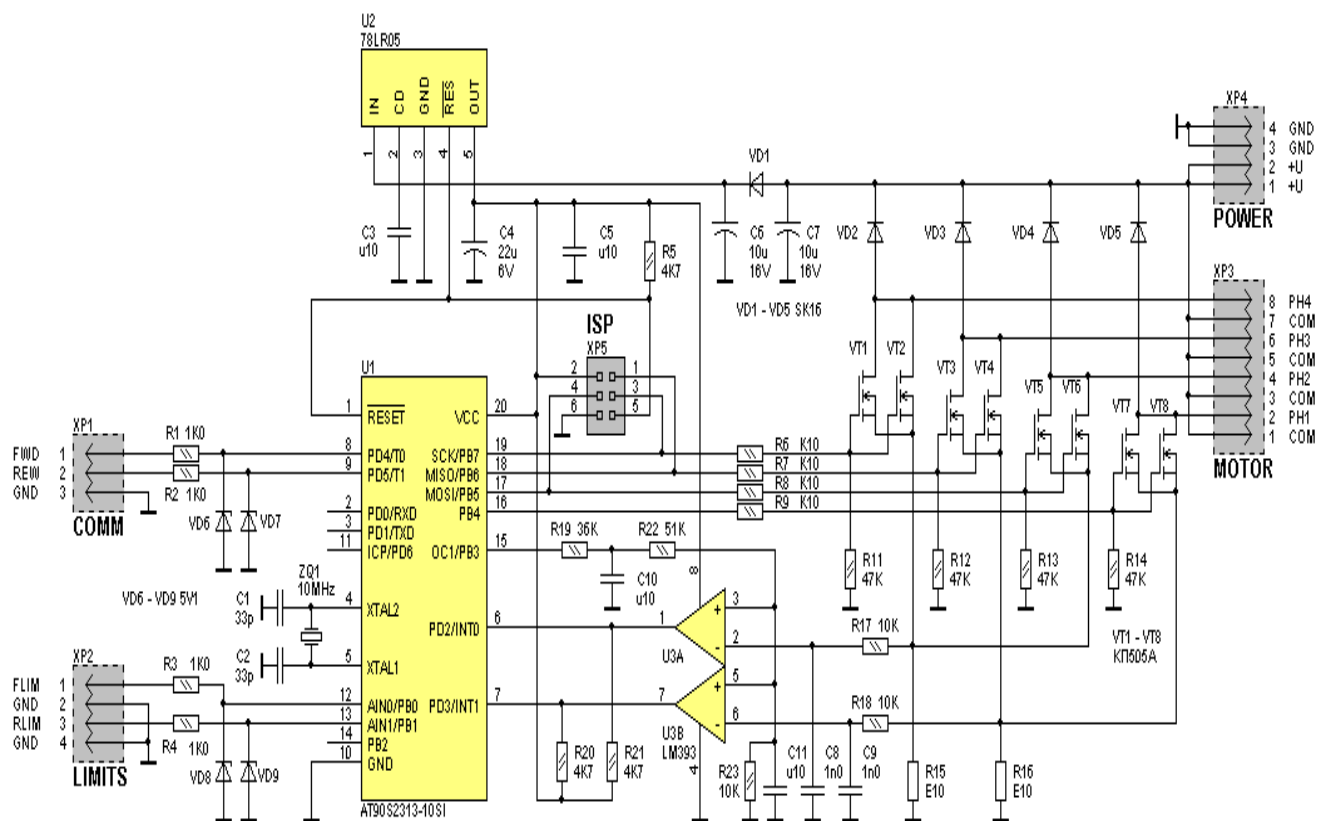


Рис. 2. Принципиальная схема контроллера шагового двигателя

Для коммутации обмоток используются по два включенных параллельно полевых транзистора типа КП505А, всего 8 транзисторов (VT1—VT8). Эти транзисторы имеют корпус ТО–92 и могут коммутировать ток до 1,4 А, сопротивление канала составляет около 0,3 Ом. Для того, чтобы транзисторы оставались закрытыми во время действия сигнала «сброс» микроконтроллера (порты в это время находятся в высокоимпедансном состоянии), между затворами и истоками включены резисторы R11—R14. Для ограничения тока перезарядки емкости затворов установлены резисторы R6—R9. Данный контроллер не претендует на высокие скоростные характеристики, поэтому вполне устраивает медленный спад тока фаз, который обеспечивается шунтированием обмоток двигателя диодами VD2—VD5. Для подключения шагового двигателя имеется 8-контактный разъем XP3, который позволяет подключить двигатель, имеющий два отдельных вывода от каждой обмотки (как, например, ДШИ–200). Для двигателей с внутренним соединением обмоток один или два общих контакта разъема останутся свободными.

Необходимо отметить, что контроллер может быть использован для управления двигателем с большим средним током фаз. Для этого только необходимо заменить транзисторы VT1—VT8 и диоды VD2—VD5 более мощными. Причем в этом случае параллельное включение транзисторов можно не использовать. Наиболее подходящими являются МОП–транзисторы, управляемые логическим уровнем, например, КП723Г, КП727В и др.

Стабилизация тока осуществляется с помощью ШИМ, который тоже реализован программно. Для этого используются два датчика тока R15 и R16. Сигналы, снятые с датчиков тока, через ФНЧ R17C8 и R18C9 поступают на входы компараторов U3A и U3B. ФНЧ предотвращают ложные срабатывания компараторов вследствие действия помех. На второй вход каждого компаратора должно быть подано опорное напряжение, которое и определяет пиковый ток в обмотках двигателя. Это напряжение формируется микроконтроллером с помощью встроенного таймера, работающего в режиме 8-битного ШИМ. Для фильтрации сигнала ШИМ используется двухзвенный ФНЧ R19C10R22C11. Одновременно резисторы R19, R22 и R23 образуют делитель, который задает масштаб регулировки токов фаз. В данном случае, максимальный пиковый ток, соответствующий коду 255, выбран равным 5,11 А, что соответствует напряжению 0,511 В на датчиках тока. Учитывая тот факт, что постоянная составляющая на выходе ШИМ

меняется от 0 до 5В, необходимый коэффициент деления равен примерно 9,7. Выходы компараторов подключены к входам прерываний микроконтроллера INT0 и INT1.

Для управления работой двигателя имеются два логических входа: FWD (вперед) и REW (назад), подключенных к разъему XP1 параллельного порта компьютера. Общение компьютера и микроконтроллера привода происходит посредством передачи последовательных данных задания. В специально разработанном языке общения имеются команды установки направления, скорости и величины перемещения. Кроме командных входов, имеются два входа для концевых выключателей, подключенных к разъему XP2. Концевой выключатель считается сработавшим, если на соответствующем входе присутствует низкий логический уровень. При этом вращение в данном направлении запрещено. При срабатывании концевой выключателя во время вращения двигателя, он переходит к торможению с заданным ускорением, а затем останавливается.

Командные входы и входы концевых выключателей защищены от перенапряжений цепочками R1VD6, R2VD7, R3VD8 и R4VD9, состоящими из резистора и стабилитрона.

Питание микроконтроллера формируется с помощью микросхемы стабилизатора 78LR05, которая одновременно выполняет функции монитора питания. При понижении напряжения питания ниже установленного порога, эта микросхема формирует для микроконтроллера сигнал «сброс». Питание на стабилизатор подается через диод VD1, который вместе с конденсатором С6 уменьшает пульсации, вызванные коммутациями относительно мощной нагрузки, которой является шаговый двигатель. Питание на плату подается через 4-контактный разъем XP4, контакты которого задублированы.

ШИМ стабилизация реализована программно. Процессы, происходящие при ШИМ-стабилизации тока, показаны на рис. 3.

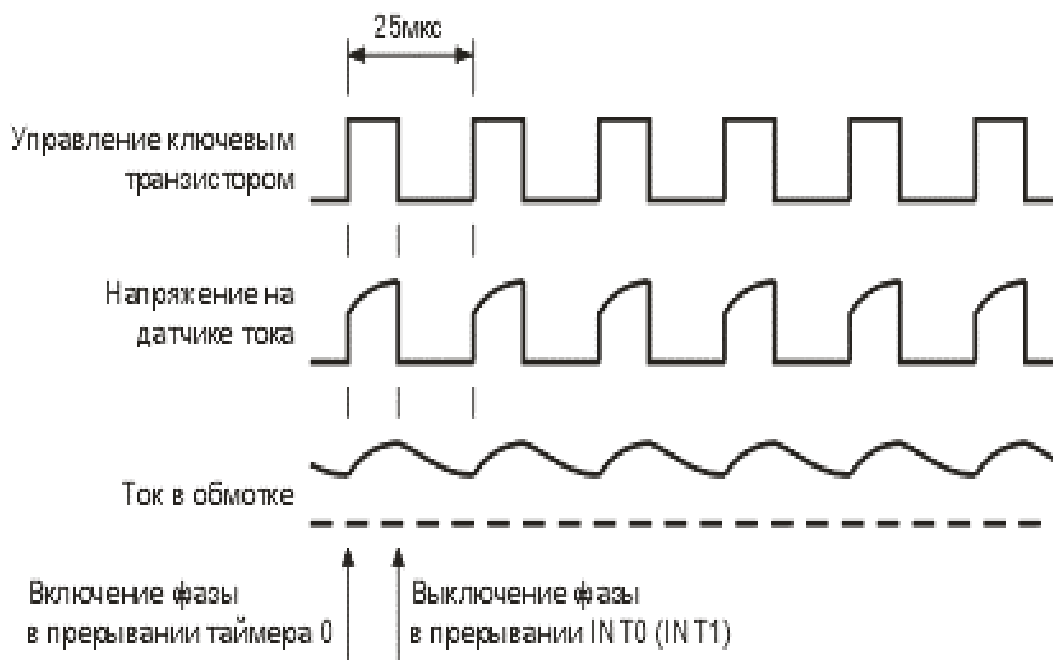


Рис.3. Процессы при ШИМ-стабилизации тока

Особо следует отметить, что ток в датчике тока имеет прерывистый характер, даже в том случае, если ток обмотки не прерывается. Это связано тем, что во время спада ток не проходит через датчик тока (а проходит через диод). Нужно сказать, что аналоговая часть системы ШИМ-стабилизации тока фаз двигателя является довольно «капризной». Дело в том, что сигнал, снимаемый с датчика тока, содержит большое количество помех. Помехи возникают в основном в моменты коммутации обмоток двигателя, причем как «своей», так и «чужой» фазы. Для правильной работы схемы требуется корректная разводка печатной платы, особенно это касается проводников «земля». Приходится подбирать номиналы ФНЧ на входе компаратора или даже вводить в компаратор небольшой гистерезис.

Как уже отмечалось выше, при управлении маломощными двигателями, от ШИМ–стабилизации тока можно вовсе отказаться, применив обычную L/R–схему питания обмоток. Для включения ШИМ–стабилизации достаточно просто не подключать входы INT0 и INT1 микроконтроллера; естественно, при этом можно вообще не устанавливать компаратор и датчики тока.

В данной программе периодичность вычисления новых значений скорости и периода выбрана равной 15,625 мс. Такое значение выбрано не случайно. Этот интервал составляет  $1/64$  с, а главное, он содержит целое число периодов переполнения таймера 0 (25 мкс). Удобно, если значения скорости и ускорения задаются в естественных единицах, т. е. в шагах в секунду и в шагах, деленных на секунду в квадрате. Для того чтобы иметь возможность в целочисленной арифметике вычислять мгновенную скорость 64 раза в секунду, нужно перейти к внутреннему представлению скорости, увеличенному в 64 раза. Умножение и деление на 64 сводится к обычным сдвигам и поэтому требует очень мало времени. Заданную периодичность вычислений обеспечивает еще один программный таймер URCNT, который декрементируется в прерывании таймера 0 (один раз в 25 мкс). Этот таймер всегда загружается постоянной величиной, что обеспечивает неизменный период его переполнений, равный 15,625 мс. При переполнении этого таймера устанавливается битовый флаг UPD, который сигнализирует основной программе, что «пора обновить значения скорости и периода».

Разработанный контроллер обладает следующими возможностями:

- максимальная частота коммутации фаз 3 КГц;
- обеспечиваются разгон с постоянным ускорением, программируемое направление вращения, программируемое ускорение, программируемый средний ток обмоток, программируемый ток удержания, режим перемещения на N шагов, полушаговый режим, формирование импульса привязки с программируемой задержкой, хранение основных параметров в энергонезависимой памяти;
- требуется один внешний источник питания;
- управление реализуется по интерфейсу RS–232C;
- выполняется адресация до 7 устройств на одном RS–232C или LPT порту.

Проектная точность позиционирования монтируемых элементов на печатных платах составляет 0,01 мм, производительность — от 1000 шт/час, стоимость станка в 6–10 раз ниже зарубежных аналогов.

## Заключение

Таким образом, создан станок для расстановки SMD элементов на печатных платах. Определены условия обеспечения требования к станку по степени автоматизации, универсальности, гибкости, надежности, простоте конструкции, точности позиционирования, КПД и стоимости.

Разработанный станок позволяет значительно сократить трудоемкость сборки печатных плат на SMD–элементах в условиях мелкосерийного производства.

Работа выполняется при поддержке гранта Минобразования и Правительства Челябинской области для студентов, аспирантов и молодых ученых.