

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Ермолаев Михаил Михайлович, Куралина Наталья Николаевна, Музипов Эрик Рифатович

*Студенты 6 курса,
кафедра «Металлорежущие станки»,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Никулин Ю.В.,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки»*

В настоящее время существует тенденция к уменьшению числа механических узлов станка в связи с переносом отдельных функций на систему управления станком. Это позволяет повысить надежность станка, его КПД и расширить технологические возможности. Таким образом, система ЧПУ является важной составляющей современного станка, определяющей его характеристики. В связи с этим актуальность приобретает вопрос проектирования дешевой универсальной системы ЧПУ, позволяющей легко ее модифицировать для расширения ее возможностей. Современная элементная база позволяет разработать микропроцессорную (программируемую) систему ЧПУ, удовлетворяющую этим требованиям.

В данной работе описан опыт проектирования, изготовления и испытания системы ЧПУ для управления трехкоординатным фрезерным станком. Для испытания и отладки проектируемой системы была разработана модель станка, позволяющая обрабатывать цветные сплавы и мягкие неметаллические материалы. Внешний вид и кинематика спроектированного станка показана на рис. 1.

Приводы станка спроектированы на базе двигателей постоянного тока с возбуждением постоянными магнитами. Для построения системы управления спроектированы и изготовлены специальные измерительные преобразователи. Таким образом, система ЧПУ должна иметь возможность управления сервоприводами.

Основными данными для проектирования системы ЧПУ являются кинематические и силовые характеристики станка:

Максимальная скорость подачи 625 мм/мин.

Максимальное усилие на одну координату 1000 Н.

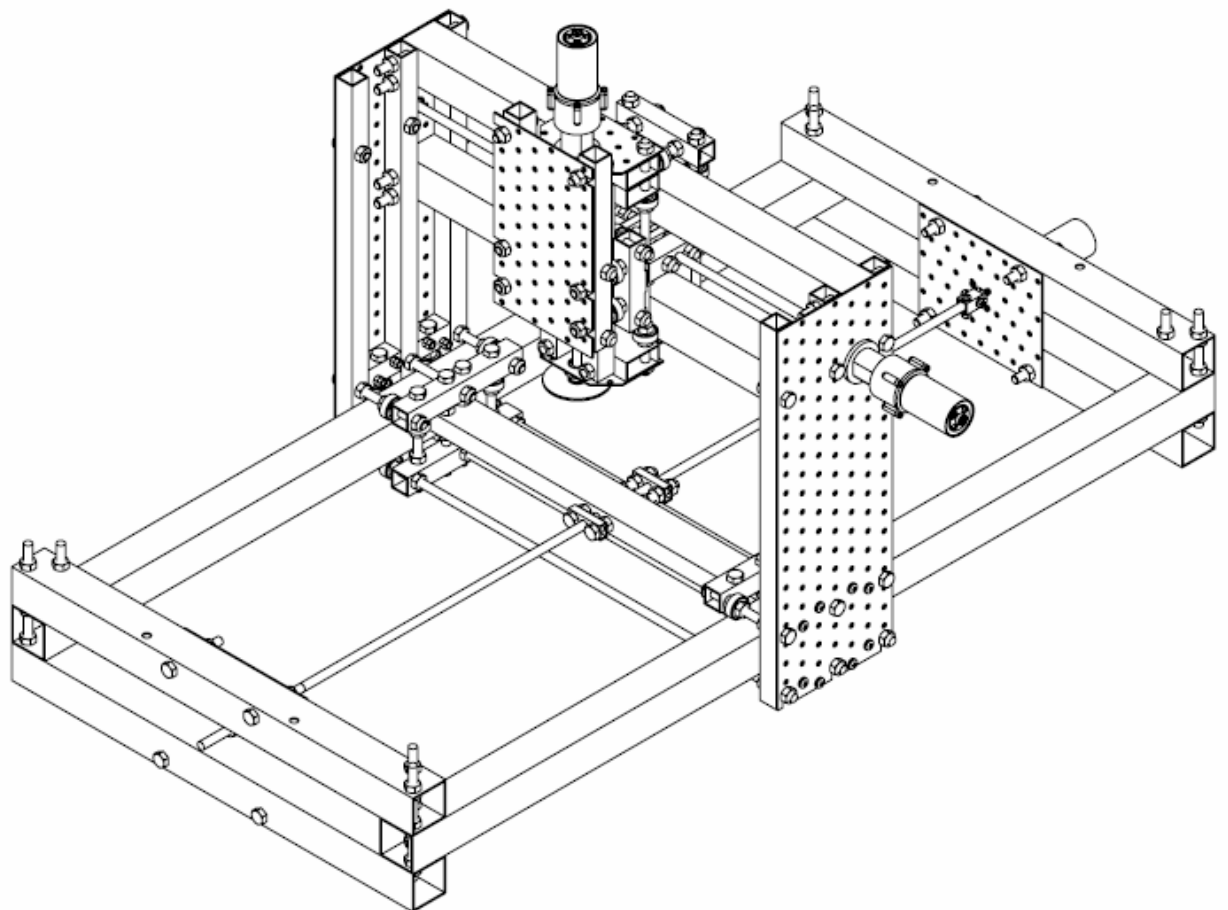
Номинальное напряжение на обмотках двигателя 12 В.

Максимальный ток при пуске двигателя 8 А.

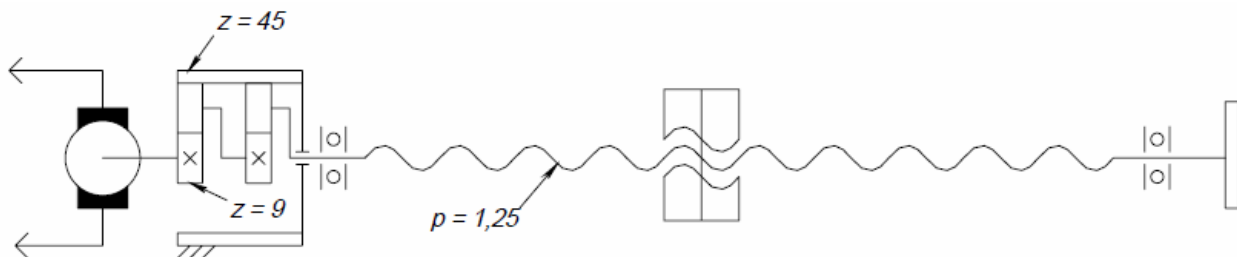
Максимальная мощность, потребляемая одной координатой 150 Вт.

Станок рассчитан таким образом, чтобы при максимальных нагрузках упругие смещения составляли не более 0,03 мм. Таким образом, система ЧПУ должна иметь дискретность не более 0,03 мм.

Спроектированная система ЧПУ состоит из двух частей: управляющей и силовой. Управляющая часть обеспечивает связь с ЭВМ, работу с клавиатурой и дисплеем на пульте управления, обработку данных с измерительных преобразователей и формирование управляющих команд на силовую часть. Силовая часть обрабатывает сигналы, поступающие на нее с управляющей части и формирует мощные сигналы на приводы станка.



a



б

Рис. 1. Внешний вид станка (а); кинематическая схема привода подачи (б)

Силовая часть состоит из шести одинаковых блоков, каждый из которых управляет одним приводом на базе двигателя постоянного тока. Электрическая схема одного блока приведена на рис. 2.

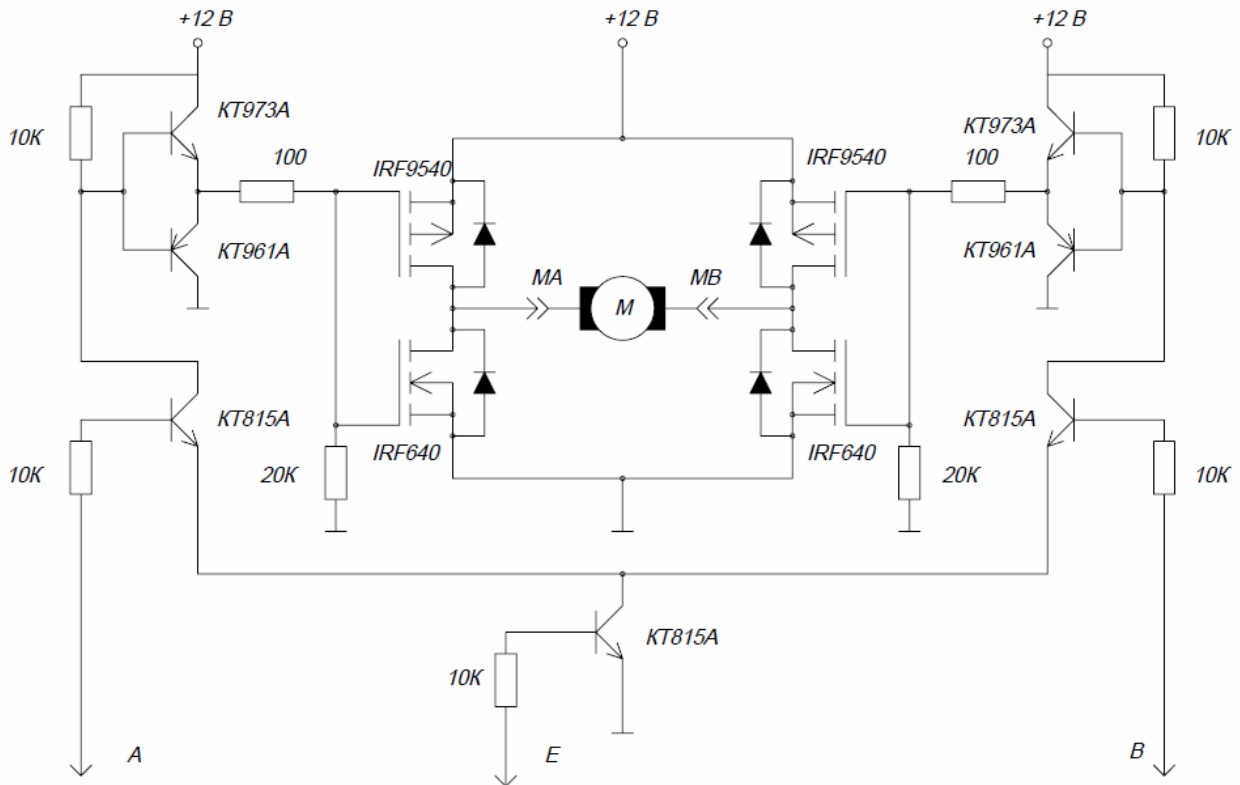


Рис. 2. Блок управления двигателем

Управление двигателем происходит при помощи мостовой схемы, состоящей из двух независимых полумостов. Это обеспечивает защиту от короткого замыкания и позволяет легко модернизировать схему для управления трехфазным двигателем (например, широко применяющимся в современных станках синхронным двигателем), путем увеличения количества полумостов до трех. Полумосты собраны на полевых транзисторах, которые обеспечивают:

- высокий максимально допустимый ток в обмотках двигателя;
- быстрое время переключения напряжения в обмотках;
- минимальные потери на управление силовой частью.

Для быстрой зарядки/разрядки затворов полевых транзисторов разработаны драйверы затворов на биполярных транзисторах; они же позволяют управлять работой моста напряжением 5 В, что соответствует логическим уровням современных микросхем. Кроме того, на биполярных транзисторах собрана логическая схема, обеспечивающая следующую таблицу истинности для моста:

Таблица 1. Управление силовым мостом

| A | B | E | MA | MB | Двигатель |
|-------|-------|-----|------|------|----------------------------------|
| любой | любой | 0 В | 0 В | 0 В | Не вращается |
| 5 В | 0 В | 5 В | 12 В | 0 В | Вращается по часовой стрелке |
| 0 В | 5 В | 5 В | 0 В | 12 В | Вращается против часовой стрелки |
| 5 В | 5 В | 5 В | 12 В | 12 В | Не вращается |

Три управляющих сигнала (A, B и E) позволяют реализовать различные режимы работы двигателей, в том числе реверс, торможение замыканием обмоток на общий провод и плавное изменение скорости вращения. В силовой части схемы реализована защита от статического напряжения, индуктивных выбросов со стороны обмоток двигателя и непредвиденного исчезновения управляющего сигнала.

Управляющая часть системы ЧПУ разработана на базе микроконтроллера ATmega32 фирмы ATMEL с восьмиразрядным процессором и тактовой частотой 8 МГц. Программное обеспечение микроконтроллера написано на языке ассемблера. Электрическая схема управляющей части приведена на рис. 3.

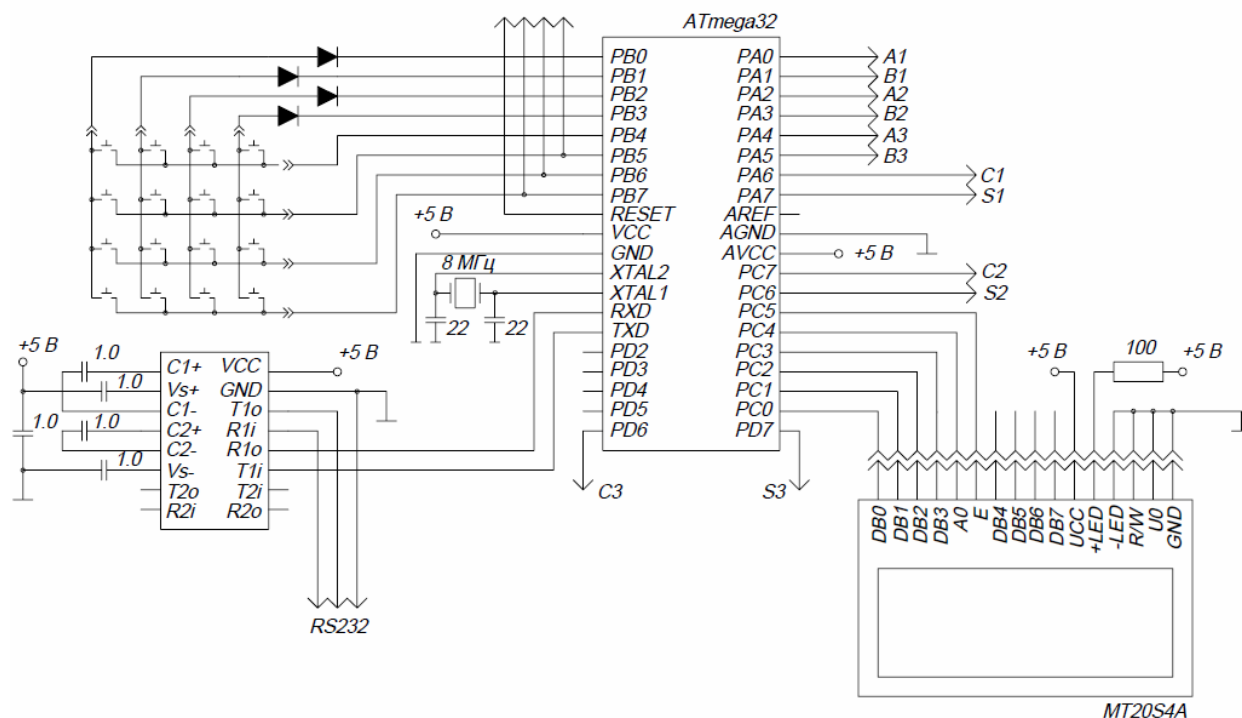


Рис. 3. Электрическая схема управляющей части

Спроектированная система ЧПУ может работать в двух режимах: автономном (с пульта управления) и от ЭВМ.

Для реализации автономного режима собран пульт, состоящий из монохромного знаковосинтезирующего дисплея 20x4 символов и клавиатуры 4x4. Интерфейс пользователя обеспечивается специально разработанной операционной системой, прошитой в память программ микроконтроллера.

Связь с ЭВМ осуществляется через интерфейс RS232, что позволяет управлять системой ЧПУ от любого современного компьютера. В данном режиме управление осуществляется с помощью программы, написанной на языке Pascal. Программа позволяет осуществлять ручное управление станком, а так же выполнять обработку по управляющей программе, написанной в G-коде (коде ISO 7 бит). Разработаны средства для автоматического создания управляющей программы по заданной траектории и ее редактирования.

Для определения положения рабочего органа станка и скорости его перемещения по каждой координате разработаны и изготовлены круговые фотоимпульсные инкрементальные измерительные преобразователи, работающие по принципу отслеживания отраженного инфракрасного луча от диска с метками. Метки нанесены в два ряда, что позволяет определять направление вращения ходового винта. Внешний вид диска с метками и электрическая схема измерительного преобразователя показаны на рис. 4.

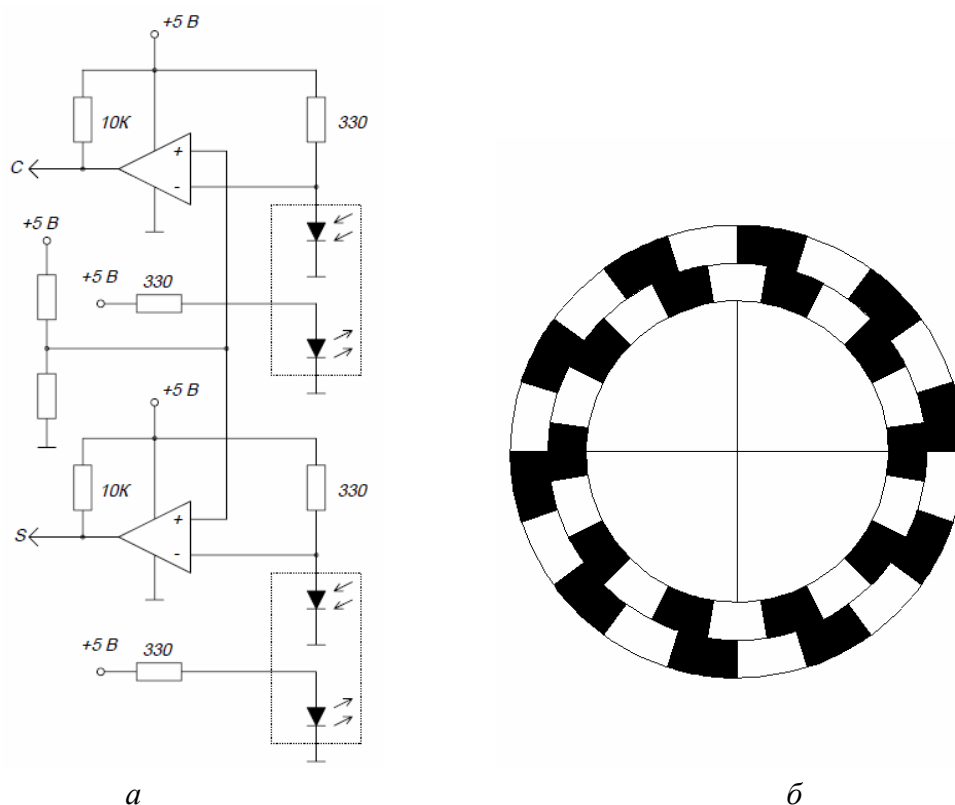


Рис. 4. Электрическая схема измерительного преобразователя (а); диск с метками (б)

Разработанное программное обеспечение микроконтроллера позволяет определять:

- абсолютное положение рабочего органа путем подсчета количества импульсов с измерительного преобразователя;
- направление перемещение рабочего органа путем определения порядка появления импульсов;
- скорость перемещения рабочего органа путем определения временного интервала между импульсами в микросекундах.

Описанная выше аппаратная часть разработанной системы ЧПУ предоставляет широкие возможности для построения системы управления. Различные алгоритмы управления станком реализуются с помощью написания на ассемблере отдельных подпрограмм, работающих из под общей операционной системы, написанной специально для этой системы ЧПУ. На данном станке были реализованы:

- подпрограмма обработки сигналов с измерительных преобразователей – кроме определения положения, направления и скорости перемещения рабочего органа она проводит самодиагностику, что позволяет выявить помеху (пропуск метки) или неправильную установку диска;
- обратная связь по положению по каждой координате;
- обратная связь по скорости по каждой координате (во время интерполяции эта функция отключена);
- точное позиционирование рабочего органа;
- линейная интерполяция по всем координатам;
- экстренный останов всех приводов;
- обнуление всех координат.

Система ЧПУ работает в абсолютной системе координат. Линейная интерполяция реализована с помощью метода оценочной функции, модифицированного для использования с данными приводами. В настоящее время ведется работа над реализацией круговой интерполяции.

Для уменьшения дискретности системы ЧПУ необходимо заменить изготовленные измерительные преобразователи на более точные (например, BE178A5). В случае очень малой дискретности используемых измерительных преобразователей целесообразно изменить алгоритм определения скорости (вместо определения периода появления импульсов считать их количество в заданном интервале времени).

Литература

1. *Евстифеев А.В.* Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL. — М.: Издательский дом «Додека - XXI», 2007.
2. *Мортон Джон.* Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. М.: Издательский дом «Додека - XXI», 2006.
3. *Семенов Б.Ю.* Силовая электроника. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.
4. *Хоровиц П., Хилл У.* Искусство схемотехники. М.: МИР, 2009.