

УДК 62-83:681.5

А.В. ЛИТВИН, А.А. ЗАХАРОВ**СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН**

Представлена электрическая схема аналогового и цифрового блоков системы точного позиционирования элементов машин с использованием программируемого микроконтроллера. Разработана измерительная электрическая система под управлением микроконтроллера PIC18F458. Устройство оборудовано блоком интерполяции, цифровым дисплеем и матричной клавиатурой для задания параметров. Для обеспечения точного позиционирования используются оптические инкрементальные энкодеры и аппаратные умножители аналогового сигнала.

Ключевые слова: управление, микроконтроллер, интерполяция.

Введение. Выполнение заданных функций машин и приборов требует определенного взаимного положения рабочих и вспомогательных органов. Задача позиционирования может быть решена на базе микроконтроллеров, что во многих случаях является эффективнее использования мощных вычислительных систем.

В статье описано решение задачи управления системой точного позиционирования с разбиением на следующие подзадачи: обработка сигналов от датчиков положения, управление электроприводом, интерфейс пользователя.

Основные узлы системы точного позиционирования. В системах позиционирования подвижных механизмов применяются разные типы электрических двигателей: коллекторные двигатели постоянного тока и бесколлекторные, к которым относятся шаговые и вентильные двигатели, асинхронные, синхронные и асинхронизированные синхронные двигатели переменного тока.

В качестве ключей, коммутирующих обмотки электродвигателей с силовыми линиями, используются биполярные транзисторы с изолированной базой (IGBT), силовые полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET), полностью управляемые тиристоры (GTO) и триаки, работающие в цепях переменного тока [1].

Для информационной связи по положению между позиционируемым объектом и устройством приема и обработки информации применяются оптоэлектронные растровые преобразователи линейных перемещений [2].

В угловых оптоэлектронных растровых преобразователях перемещений в качестве меры длины используется радиальная шкала, являющаяся носителем регулярного и кодового растров.

Принцип работы преобразователей угловых перемещений основан на регистрации относительной величины прошедшего через растровое сопряжение потока оптического излучения как координатно-периодической функции взаимного углового положения регулярного растра шкалы и растров окон анализатора.

Схемотехническое решение системы точного позиционирования. В основе разработанной системы точного позиционирования лежит формирователь сигнала с интерполятором (рис.1) и цифровое устройство управления и математической обработки (рис.2).

Входные электрические цепи преобразуют выходной сигнал датчика положения в два синусоидальных сигнала, смещенных друг относительно друга на 90 градусов. Операционные усилители (TL084 или AD8606) образуют симметричные входные каскады для каждой сигнальной линии датчика. Выходной сигнал оптоэлектронного преобразователя согласуется по электрическим параметрам с входами последующих цепей устройства. Преобразованный сигнал поступает на вход интегральной схемы RLX A2510, представляющей собой программируемый умножитель частоты аналогового сигнала. Режим работы умножителя задается двоичным кодом, поданным на входы A0 и A1. Корректная работа входных каскадов обеспечивается подбором параллельно включенных в цепи обратных связей операционных усилителей и аналоговой земли сопротивлений и емкостей. Интерполированный сигнал с выхода умножителя поступает на микросхему дифференциального передатчика DS26LS31 для согласования с блоком математической обработки и индикации. Ограничение величины тока в цепи питания оптопар датчика положения осуществляется сопротивлениями R3, R8, R9.

Блок математической обработки и индикации выполнен на базе микроконтроллера PIC18F458 [3], работающего на частоте 40 МГц. Выходные сигналы блока интерполяции через разъемы XS3 и XS4 поступают в микросхему дифференциального приемника KP559ИП11. Обработка сигналов блока интерполяции выполняется в режиме прерывания. Программный счетчик определяет число четвертей периода входного сигнала и производит пересчет сигналов в угловые или линейные координаты в необходимом масштабе.

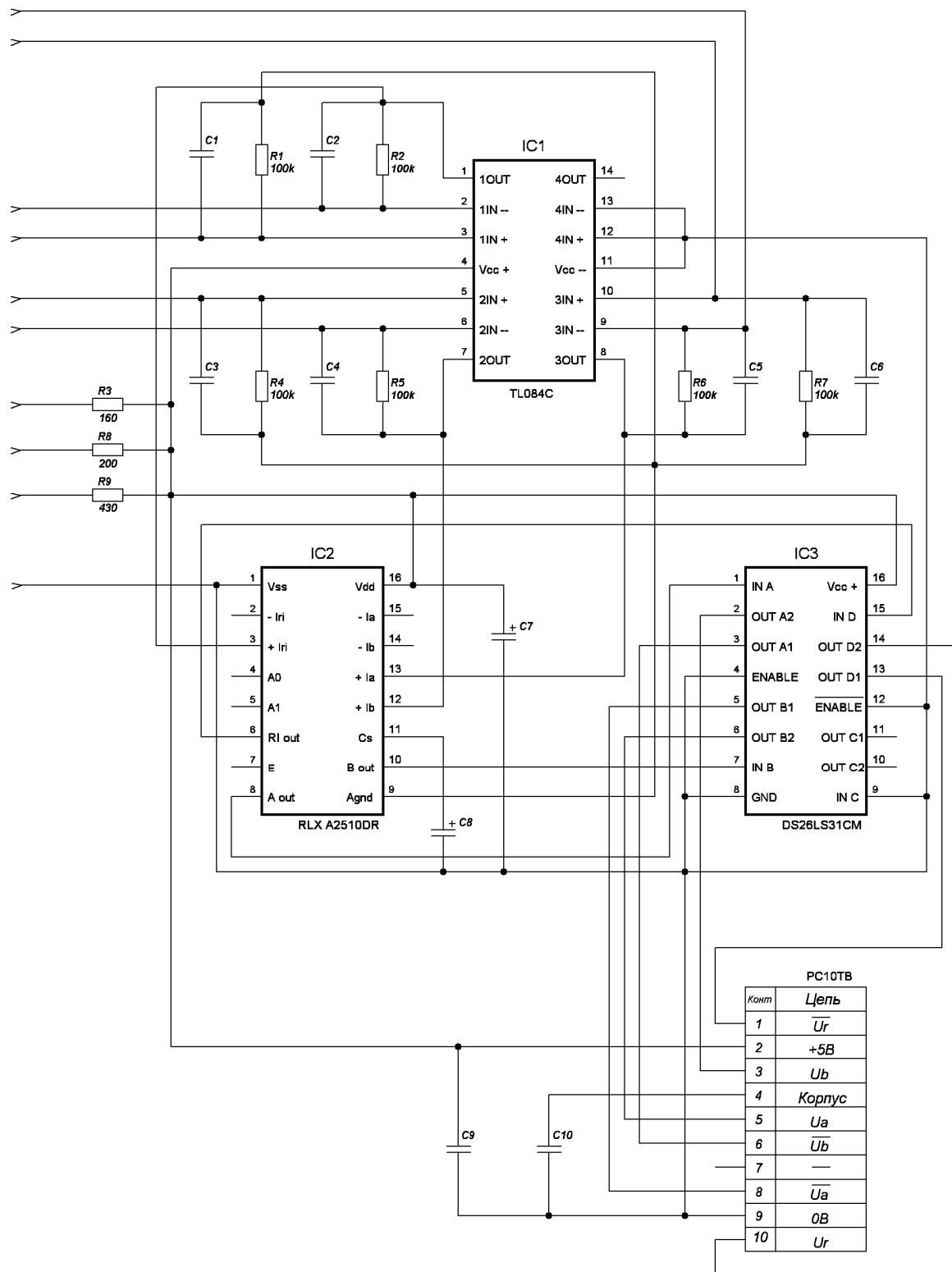


Рис. 1. Электрическая схема интерполятора и формирователя сигнала

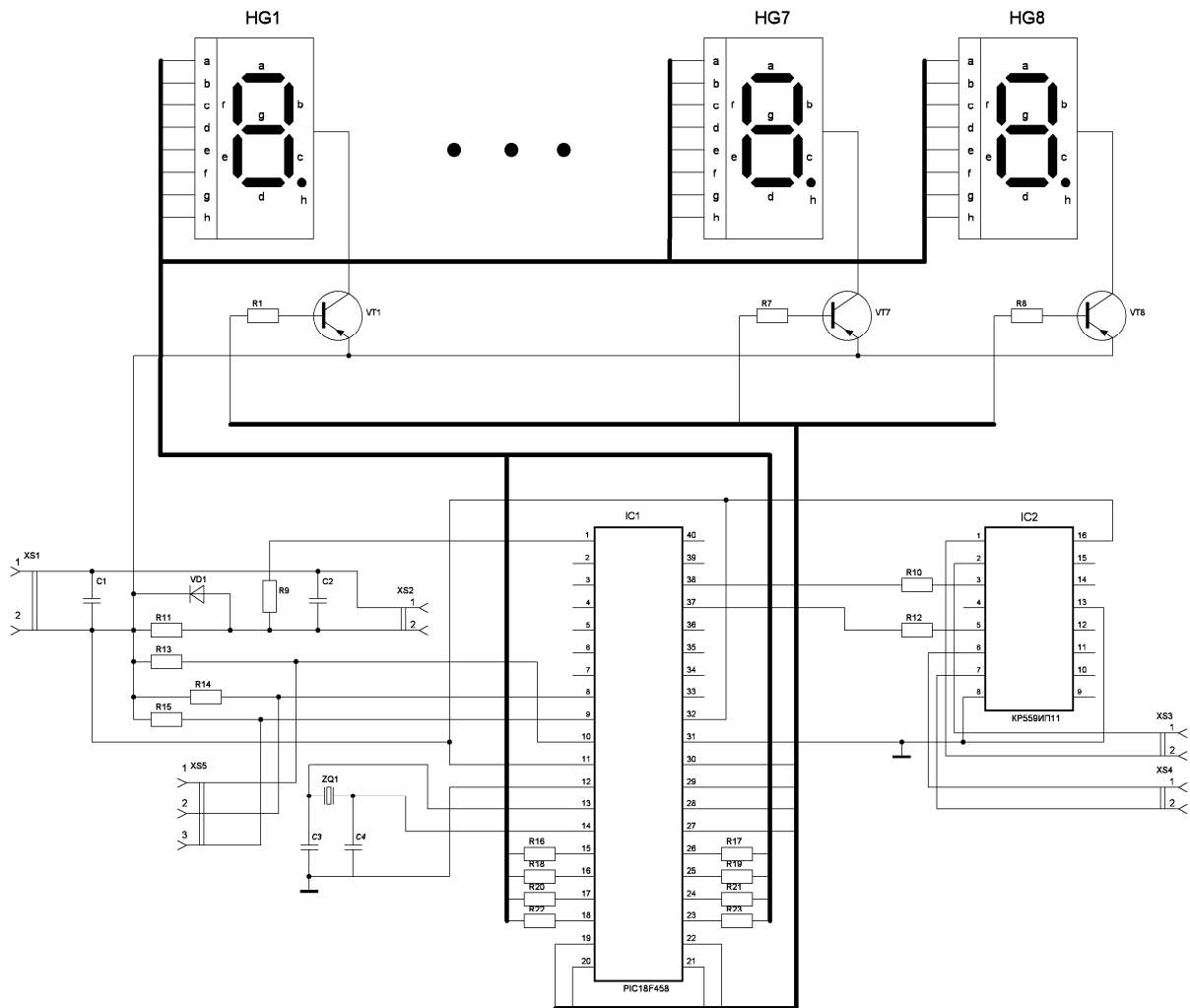


Рис. 2. Электрическая схема устройства управления

Программа обработки сигнала блока интерполяции написана в командах вычислительного ядра микроконтроллера, что позволило ее оптимизировать. Программный код осуществляет подсчет выходных импульсов блока интерполяции, представляющих собой двухразрядный код Грея, и определяет положение подвижного органа устройства. Направление движения органа относительно пространственной координаты определяется фазовым смещением входного сигнала.

Повышение характеристик точности перемещений пропорционально увеличивает вычислительную нагрузку на систему управления при фиксированных показателях скорости перемещения. Без использования аппаратных блоков обсчета инкрементальных энкодеров (QE1 интерфейсы) максимальное количество оборотов вала двигателя в минуту будет зависеть от рабочей частоты вычислительного ядра и длины программного кода, отвечающего за расчет текущей координаты.

Обработчик прерываний обеспечивает пропускную способность сигнальных линий 250 кГц. Достаточный запас рабочей полосы частот позволяет подключать инкрементальные преобразователи с любым числом растров без значительного уменьшения предельной скорости перемещения подвижного органа.

Параметры управления вводятся с помощью интерфейса, состоящего из клавиатурной матрицы и цифрового индикатора.

При включении устройства константы необходимые для расчета позиции и скорости перемещения подвижного элемента перемещаются из области перезаписываемого постоянного запо-

минающего устройства микроконтроллера в оперативные регистры. Изменение констант возможно динамически в процессе функционирования системы позиционирования. Многоразрядные вычислительные операции осуществляются подпрограммами и включают в себя: 32-битное умножение и 48-битное деление с удвоенной точностью, двоично-десятичное преобразование и 40-битное сложение.

Индикация происходит в динамическом режиме с помощью управляющих сигналов, подающихся через порт "С" микроконтроллера на транзисторы, включенные между шиной питания и общими анодами цифровых индикаторов. Координаты перемещения подвижного органа в виде семисегментного кода выводятся через порт "D" микроконтроллера. Порт "E" используется для подключения клавиатуры. Элементы R9, R11, VD1 и C2 образуют цепь сброса микроконтроллера при запуске и при замыкании выводов разъема XS2. Разъем XS1 служит для подвода питающего напряжения.

Расчет точности позиционирования. Точность позиционирования зависит от конструктивных особенностей как электродвигателя, используемого в качестве исполнительного элемента, так и от конкретной реализации обратной связи по положению и скоростных характеристик системы управления. Применение в качестве датчика обратной связи абсолютного энкодера позволяет достигнуть точности позиционирования (в градусах), равной

$$X = 360 / N , \quad (1)$$

где N – разрядность кода Грея на выходе датчика.

При использовании угловых инкрементальных энкодеров

$$X = 360 / (n * I * 4) , \quad (2)$$

где n – число растров, приходящихся на один оборот вала энкодера; I – коэффициент интерполяции.

Контроль линейных перемещений осуществляется либо непосредственно линейными инкрементальными энкодерами, либо косвенно через угловые энкодеры и шаг винта при использовании кинематической пары винт – гайка. Применение винтов типа ШВП (шарико-винтовая передача) вносит механическую погрешность позиционирования не более 0,1 мкм. Достижимая точность (в миллиметрах) рассчитывается по формуле

$$X = Nb / (Nd * 4 * I) \pm Q , \quad (3)$$

где Nb – шаг винта; Nd – число импульсов, приходящихся на один оборот вала энкодера; Q – вносимая механическая погрешность позиционирования, зависящая от используемой кинематической передачи; I – коэффициент интерполяции.

Заключение. Предложенная нами система точного позиционирования установлена на универсальном токарном станке 16K20 совместно с угловыми фотоэлектрическими преобразователями BE178A5 (количество растров 2500) и ШВП винтами (шаг 5мм) на всех координатах. Предельная достигнутая точность составила 0,1 мкм. Эта же система, установленная на листогибном станке с датчиком аналогичного типа, соединенным непосредственно с поворотной плитой станка, позволила получить точность углового перемещения до одной секунды. Использование вышеописанной системы позиционирования с соответствующими датчиками положения и кинематическими передачами позволяет изготавливать детали высокого класса точности.

Библиографический список

1. Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника: лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Корона принт, 2007. – 305 с.
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. – М.: Техносфера, 2005. – 632с.
3. Stephen Bowling PIC18CXXX/PIC16CXXX DC Servomotor Application. Microchip Technology Inc. Chandler, AZ, 2002. – 49 с.

Материал поступил в редакцию 24.03.10.

A.V. LITVIN, A.A. ZAKHAROV

FINE POSITIONING SYSTEM OF MACHINE PARTS

Electric circuit of analog and digital units of fine positioning system of machine parts using the programmable microcontroller is presented. The instrumentation electric drive controlled with PIC16F877A microcontroller is designed. The device is equipped with the interpolation unit, the digital display and the matrix keyboard for parameters setting. Optical incremental encoders and hard multipliers of analog signals are used for the fine positioning.

Keywords: control, microcontroller, interpolation.

ЛИТВИН Анатолий Витальевич (р. 1944), кандидат технических наук (1975), доцент (1983) кафедры «Приборостроение» Донского государственного технического университета (ДГТУ). Окончил РИСХМ (1969).

Область научных интересов: компьютерные технологии в приборостроении, автоматизированные методы проектирования.

Имеет более 105 научных публикаций.

alitin@dstu.edu.ru

ЗАХАРОВ Алексей Алексеевич (р. 1986), магистрант ДГТУ, направление «Биомедицинская инженерия».

Область научных интересов: вычислительные системы в медицине и в промышленности.

Опубликована 1 научная работа.

alekseyzakharov@rambler.ru