

УДК 537.534.2; 621.384.637

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

К. ДЗЕРЖЕК¹, Ф. СЕМЕНЯКО¹, С.Е. КАРПОВИЧ²

¹ Белостокский технический университет
ul. Wiejska, 45, c, 15-351 Bialystok, Poland;

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 29 мая 2003

Рассматриваются вопросы построения цифровых систем измерения перемещений на основе методов экстраполяции по двум и трем измеренным положениям. Приводится алгоритм управляющей программы. Дан анализ эффективности различных алгоритмов экстраполяции.

Ключевые слова: цифровые системы измерения положения, методы экстраполяции.

Введение

Все чаще для измерения положения или перемещений на плоскости и в пространстве используются самые новые достижения компьютерной техники в области микроконтроллерных цифровых систем. Применение специализированных микроконтроллеров до измерения перемещений дает возможность расширить традиционную систему перемещений путем интеграции координатного привода с цифровой системой измерений. Главным достоинством такого специализированного контроллера является визуализация измерения, т.е. возможность отображения позиции на компьютерном мониторе, светодиодном или жидкокристаллическом дисплее (LED или LCD). Также имеется возможность исключения систематических погрешностей привода, вызванных, например, зазорами, или других факторов.

Особую актуальность микропроцессорные системы измерений приобретают при модернизации станков, когда для точного позиционирования, например, суппорта станка обязательным является непосредственное измерение его положения. Эту проблему должна решать в каждом случае своя цифровая измерительная система перемещений (ЦИСП) с соответствующим разрешением, точностью и оптимальной стоимостью. Во многих случаях нет необходимости в приобретении новых станков, достаточно лишь установить цифровую измерительную систему на имеющееся оборудование. Тем самым проблема модернизации станочного и машинного парка, основанного на координатных перемещениях, во многих случаях полностью решается установкой измерительной системы положения и перемещений. В состав такой измерительной системы входит измерительный преобразователь и цифровое устройство регистрации положения (ЦУРП).

Измерительный преобразователь в виде емкостного или оптического, линейного или кругового датчика выдает нормированный сигнал, содержащий информацию о величине и направлении перемещения в форме, которая соответствует действующим стандартам. В свою очередь ЦУРП делает возможным измерение в абсолютной и относительной системах, опреде-

ление средств обработки, если необходимо — пересчитывает измеренные значения из метрической системы в дюймы, запоминает значения перемещения в случае выключения питания и др.

Часто на модернизированном оборудовании возникает необходимость установки различных измерительных систем по нескольким координатам, что, в свою очередь, приводит к необходимости установки двух и более ЦУРП (по одному на каждую измерительную ось). Это приводит в оборудовании к нерациональному конфигурированию системы измерений.

Представленная проблема может и должна быть решена с помощью специализированного контроллера модульного типа, свободно конфигурируемого в зависимости от потребности встраивания в систему перемещения оборудования, с подключением и обработкой нескольких измерительных осей одновременно. Для повышения точности измерений такой контроллер может использовать алгоритмы экстраполяции.

Концепция модульного контроллера

Контроллеры цифровой системы измерения положения и перемещений в модульном исполнении должны, по крайней мере, иметь те же характеристики и параметры, что и стандартные без возможности непосредственного расширения числа каналов измерений. При этом модульное строение должно дополнительно существенно расширить эксплуатационные возможности, включая:

- измерение положения и перемещений при использовании различных видов первичных датчиков (измерительные линейки, круговые, поворотно-импульсные преобразователи);

- измерение положения и перемещений в самых широких пределах (от 0 до десятков метров);

- максимальную входную частоту измерительного сигнала 1 МГц;

- измерение положения и перемещения по одной, двум, трем и более измерительным осям одновременно;

- возможности задания любого начального положения, изменения направления отсчета и сброса текущего отсчета.

Цифровое устройство регистрации положения в модульном исполнении должно обеспечивать следующие возможности:

- измерение положения при использовании всех возможных типов емкостных и фотоэлектрических первичных преобразователей линейного вида;

- измерение угла и положения при использовании поворотно-импульсных первичных преобразователей;

- управление оборудованием с числом цифровых входов до 64 и цифровых выходов до 64.

Блок-схема модульного контроллера измерительной системы представлена на рис. 1.

Модульный контроллер состоит из первичного цифрового модуля (основной модуль), включающего процессор ввода-вывода, LCD дисплей, клавиатуру и источник питания. К основному модулю добавляются измерительно-управляющие модули, число которых равно числу объектов — измерительных осей. Связь между модулями осуществляется с помощью шины ввода-вывода (сетевого интерфейса ввода-вывода), которая связывает все параллельные модули.

Измерительно-управляющие модули в зависимости от типа первичного преобразователя имеют различное строение. На рис. 2 представлены упрощенные электронные схемы измерительно-управляющих модулей для двух типов измерительного преобразователя: емкостного линейного обычного типа (рис. 2,а) и фотоэлектрического линейного с прямоугольным входным сигналом (рис. 2,б).

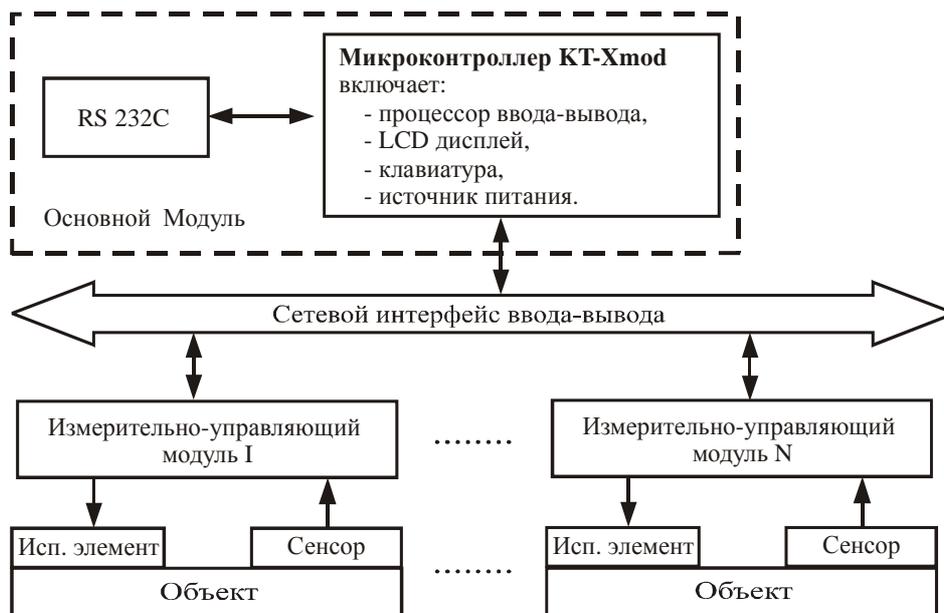


Рис. 1. Блок-схема модульного контроллера

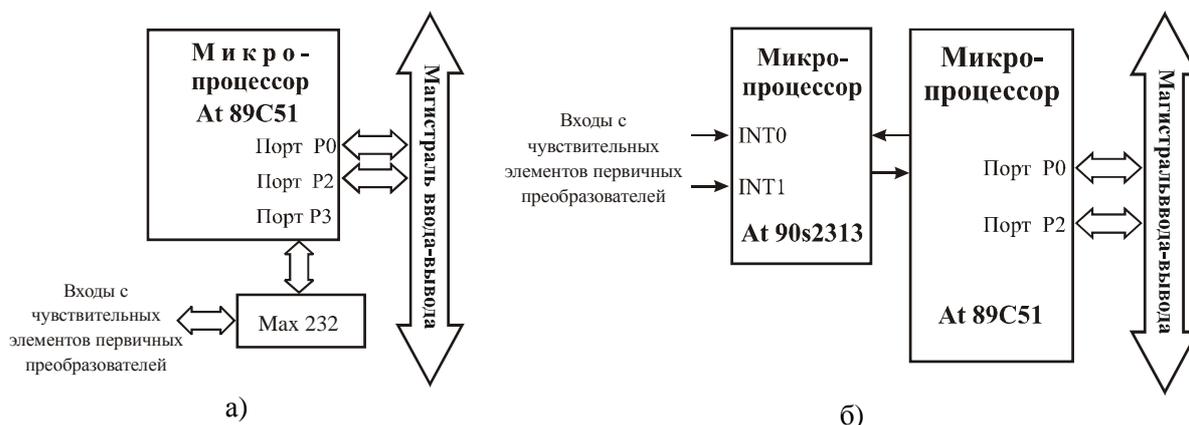


Рис. 2. Упрощенная электронная схема измерительно-управляющего модуля:
 для емкостного первичного преобразователя (а);
 для фотоэлектрического преобразователя (б).

Экстраполяция положения для повышения точности измерения

В цифровой системе ЦУРП измерения производятся с определенной частотой, через промежутки времени от 20 до 40 мс в зависимости от характеристики и возможностей используемого первичного измерительного преобразователя. В связи с этим координаты положения, фиксируемые системой ЦУРП, актуализируются с такой же частотой. Максимальные погрешности, которые могут возникнуть в процессе измерения, во многом зависят от скорости перемещения: чем она выше, тем больше погрешность (при одной и той же тактовой частоте). Уменьшение погрешности с увеличением частоты выполнения измерений для большинства первичных измерительных датчиков обычного типа, как правило, невозможно. Так, например, максимальная рабочая частота емкостных измерительных датчиков составляет до 45 фиксированных отсчетов в секунду. При этом информация о положении передается на обработку в главный процессор системы минимум каждые 22,22 мс. Поэтому только экстраполяция измерений, реализованная в измерительной системе, может решить проблему точности без дополнительных технических средств и удорожания системы.

Рассмотрим простейшие алгоритмы реализации экстраполяции в системе измерений. Для начала рассмотрим измерения положения при перемещении с постоянной скоростью. В этом случае мы можем использовать экстраполяцию по двум точкам, которая, как показали наши исследования (рис. 3), обеспечивает существенное уменьшение погрешности измерения.

Двухточечная экстраполяция заключается в оценке положения на любом последующем отрезке времени по двум последним измерениям положения, например, по значениям y_1 и y_2 , полученным при постоянном периоде T выполнения измерений. При принятой постоянной скорости v алгоритм экстраполяции определяется следующим выражением:

$$y = y_2 + vt, \quad (1)$$

где $v = (y_2 - y_1)/T$ — постоянная скорость перемещения; t — время, прошедшее с момента измерения величины y_2 .

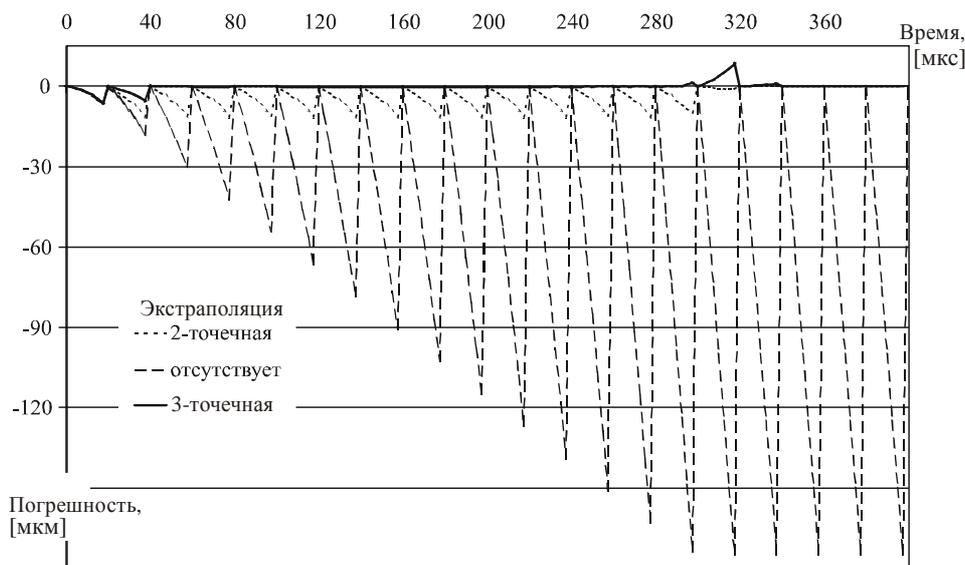


Рис. 3. Графики погрешностей измерения положения для различных случаев экстраполяции

В другом случае, когда скорость перемещения переменная, необходимо использовать другой алгоритм экстраполяции, который рассмотрен ниже. Оценка положения должна основываться на использовании как минимум трех последних измерений, например, y_1 , y_2 , y_3 . На основании этих величин, а также постоянного периода измерений T можно оценить величину начальной скорости v и среднюю величину ускорения a , для которых получены следующие зависимости:

$$v = \frac{4y_2 - 3y_1 - y_3}{2T}, \quad a = \frac{y_1 - 2y_2 + y_3}{T^2}. \quad (2)$$

На основании расчетных значений величин v и a можно получить аналитическое выражение алгоритма экстраполяции для переменной скорости в следующем виде:

$$y = y_1 + v(2T + t) + \frac{a(2T + t)^2}{2}, \quad (3)$$

где t — время, прошедшее с момента последнего измерения положения.

На рис. 3 приведены графики погрешностей измерения положения системы без экстраполяции и с двухточечной и трехточечной экстраполяцией.

Использованный метод экстраполяции делает возможным повышение точности измерения как при больших, так и при малых скоростях перемещения. Метод измерения требует ис-

пользования системы управления, основанной на многопроцессорной обработке, когда один процессор отвечает за измерение, а другой – за управление (использование результатов измерения). Такое решение также дает возможность использовать в случае необходимости процессоры для обработки результатов измерения с очень высокой скоростью без изменения основной структуры измерительной системы.

Алгоритм управляющей программы контроллера

На рис. 4 представлена блок-схема алгоритма работы микропроцессора AT89C51 в режимах отсутствия экстраполяции и с экстраполяцией.

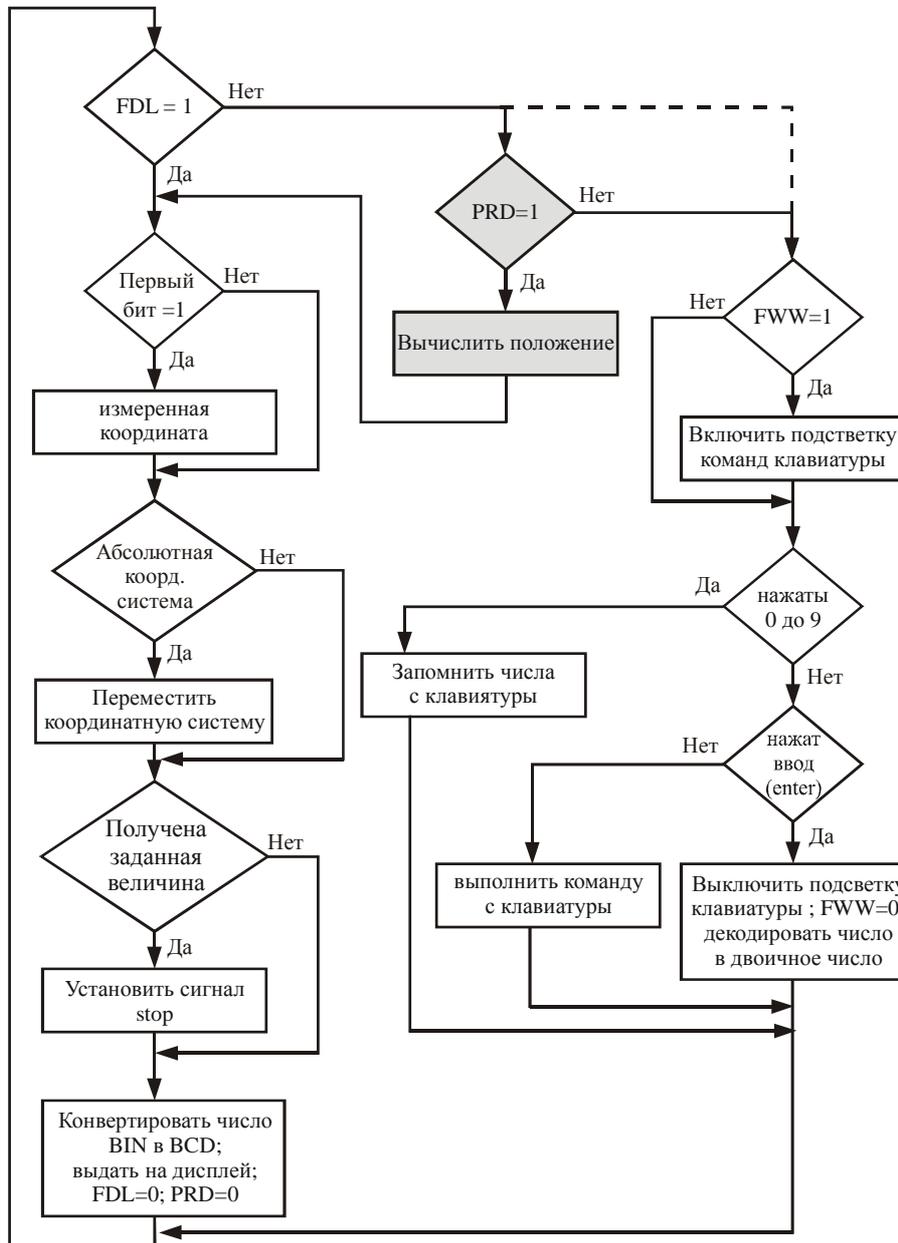


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы микропроцессора

В микропроцессоре обрабатываются 3 прерывания. Одиночные прерывания, которые приходят на центральный процессор, собираются на входе регистра FDL. Затем формируется выходной сигнал, поступающий на вход INT1. Управляющий процессор обрабатывает данные с декодера клавиатуры. Регистр FWW активизируется с помощью нажатия клавиш X, Y, Z в со-

ответствии с выбранной осью. Декодер посылает 14 битов данных, причем первые 6 битов составляют заголовок, а следующие 8 — декодируют знак. Прерывание от таймера 1 активизирует регистр PRD. Время подсчета таймера 1 устанавливается в зависимости от количества измерений и может составлять: 10; 5; 2,5; 1,25 мкс. В случае, когда прерывание от таймера 1 не активизировано, система работает без экстраполяции.

Заключение

Предложенное решение задачи повышения точности измерений дает возможность простыми, наиболее дешевыми техническими средствами реализовать систему измерений в плоскости и пространстве по нескольким координатным осям одновременно. Предложено модульное построение контроллера, который реализует экстраполяцию в управляющих алгоритмах микропроцессора, что является особенно важным в системах измерения и позиционирования высокой точности. При этом введение экстраполяции не приводит к увеличению расходов на дополнительное оборудование.

EXTRAPOLATION USE IN NUMERAL SYSTEMS FOR MOTION MEASUREMENT

K. DZIERZEK, F. SIEMIENIAKO, S.E. KARPOVICH

Abstract

The questions of modeling of numeral systems are viewed on the basis of the extrapolation approach according to two and three measured positions. The algorithm of the control program is cited. The performance analysis of different extrapolation algorithms is given.

Литература

1. *Dzierzek K., Siemieniako F.* // *Technologia i Automatyzacja Montażu*. 1999. No. 3. S. 30–34.
2. *Dzierzek K.* // *VII Seminarium Naukowe. Postępy w Sterowaniu i Konstrukcji*, Bydgoszcz, 2003. S. 18–19.
3. *Dzierzek K., Karpovich S.E.* // *Изв. Белорус. инж. акад.* 2003. № 1(15)/4. С. 203–206.