

ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Слива Е.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В информационно-измерительных системах энергетических и технологических установок в качестве чувствительных элементов датчиков давления, ускорения, силы [1, 2, 12] стремятся использовать пьезорезисторные чувствительные элементы. Деформация кремниевого упругого элемента измеряется с помощью тензомоста, который формируется на поверхности кремниевого упругого элемента. Высокие эксплуатационные характеристики и низкая стоимость этих датчиков при массовом производстве определяются микроэлектронной технологией их производства. В настоящее время наблюдается интенсивный рост производства полупроводниковых датчиков механических величин. Так, в 1994г их было продано на сумму 2,4 млрд. долл. а в 1997 -на 5,2 млрд. долл.[12]. По отраслям применения полупроводниковые датчики механических величин распределились так: машиностроение -35%, автомобильная -25%, аэрокосмическая -23%, электронная -9%, остальные -8%. Такие датчики выпускают ведущие мировые производители [5, 6, 7, 8, 11, 12]. Фирма Motorola [8] выпускает кремниевые датчики абсолютного и дифференциального давлений серии MPX, не имеющие встроенных средств калибровки и преобразования сигнала. Диапазон рабочих температур указанных датчиков -40...125°C, а температурный коэффициент чувствительности, характеризующий отклонение выходного напряжения при номинальном значении измеряемого параметра, составляет от 0,16 до 0,22% полной шкалы на 1°C. Изменение температуры от минимального до максимального значения приведет к изменению выходного напряжения датчика на $(125-40) \times 0,22 = 36,3\%$. Масса датчика составляет 2г (для датчика MPX 100 Case 344-08).

Среди отечественных разработчиков таких датчиков следует отметить Технологический центр МИЭТ, в котором создана обширная номенклатура кремниевых датчиков давления, силы, виброускорения с унифицированным чувствительным элементом [4]. Эти датчики отличаются малыми габаритами, весом, высокими эксплуатационными параметрами, низкой стоимостью, способны работать в широком диапазоне температур (от -55 до 85°C). Однако дополнительная температурная погрешность, вызванная снижением чувствительности тензомоста при повышении температуры делает их применение без средств коррекции невозможным.

Для линеаризации характеристик датчиков по температуре применяют аналоговые схемы, управляющие напряжением питания

тензомоста в зависимости от температуры [4, 8, 10]. Зависимость коэффициента чувствительности тензомоста при постоянном напряжении питания от температуры приведено на рис.1. Для компенсации изменения чувствительности от температуры тензорезисторный преобразователь нужно питать напряжением в соответствии с рис. 1. Наиболее простая схема компенсации чувствительности по цепи питания представляет собой транзистор с базовым делителем, включенный последовательно с тензомостом. Данная схема не позволяет снизить дополнительную погрешность до 0,2% на 10°C [1] для диапазона температур от -10 до 70°C. Более сложные аналоговые схемы, содержащие операционные усилители, требуют также более тщательной подстройки параметров [10]. Однако, такие схемы не обеспечивают высокую точность во всем диапазоне рабочих температур датчика.

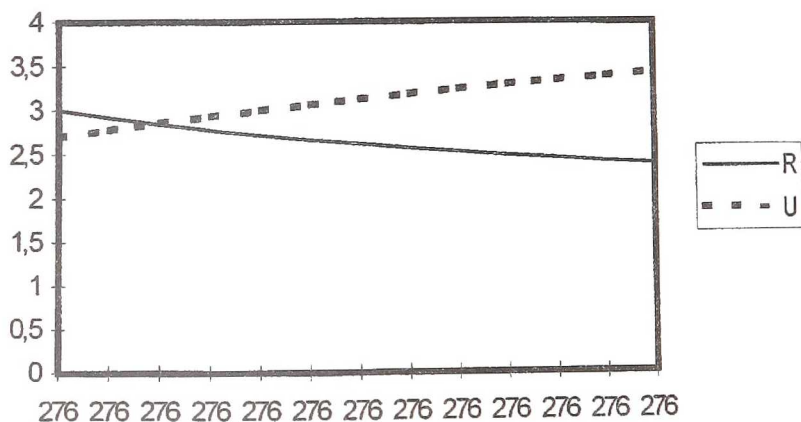


Рис.1. Зависимость коэффициента чувствительности тензомоста и требуемого напряжения питания от температуры.

Широкое применение нашел способ коррекции датчиков по температуре, при котором характеристика датчика давления аппроксимируется полиномом, коэффициенты которого являются полиномами от температуры [1]. Коэффициенты полиномов определяются по результатам экспериментов. Для достижения хороших результатов коррекции коэффициенты определяются индивидуально для каждого датчика. Устройство, реализующее рассмотренный выше алгоритм коррекции, обычно содержит микропроцессор, аналого-цифровой преобразователь, на вход которого подаются сигналы с

датчика температуры и тензомоста и пересчитываются в соответствии с указанной аппроксимацией и константами, жестко запрограммированными на стадии тарировки датчика. Однако данный способ, связанный с прецизионным аналого-цифровым преобразованием, значительными вычислительными затратами, приводит к удорожанию системы, увеличению массы и габаритов устройства. Значительный объем вычислений при вычислении измеряемых параметров, высокие требования по скорости ввода/вывода, а также экстенсивный рост тока потребления, что особенно актуально для систем с батарейным питанием, делают данный способ малоприменимым для измерения динамических давлений. При этом к недостаткам данного способа следует отнести то, что для получения выходного аналогового сигнала, пропорционального измеряемой величине, необходимо преобразовать с высокой точностью цифровой код в аналоговую величину.

Таким образом, представляется актуальной задача совершенствования средств коррекции пьезорезисторных чувствительных элементов по температуре.

Для повышения точностных показателей датчиков и снижения их энергопотребления предлагается схема цифровой коррекции датчиков по температуре (рис.2). Выводы питания пьезорезисторного преобразователя физической величины ($R3...R6$) подключены к источнику, напряжение которого меняется в зависимости от температуры чувствительного элемента питания. Напряжение на выходе

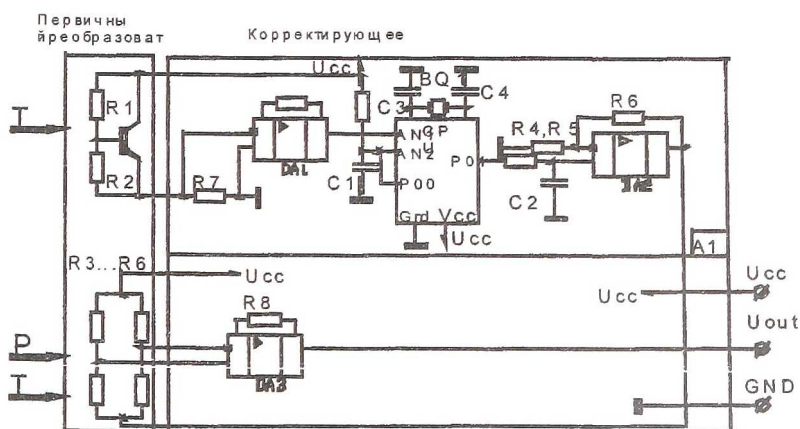


Рис.2. Устройство коррекции первичных преобразователей по температуре

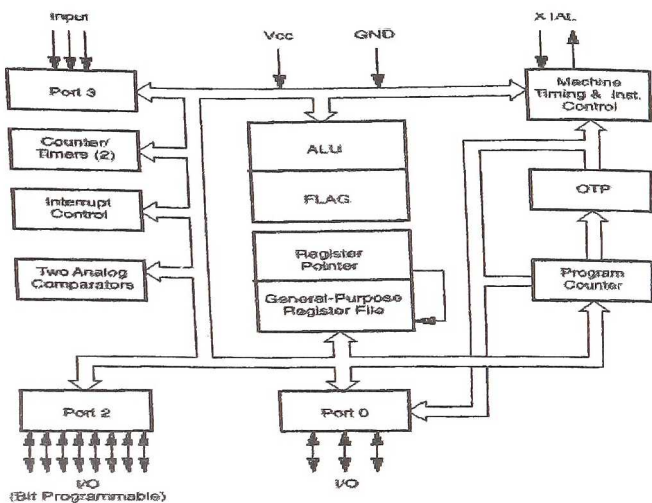


Рис.3. Структурная схема микроконтроллера Z86E0

температурного преобразователя $R1, R2, VT1$ пропорционально температуре. В отличие от [10] источник питания построен не на аналоговой, а на цифровой технике. Микроконтроллер DD1 преобразует сигнал, пропорциональный температуре и соответствующим образом меняет напряжение питания тензомоста. Для обеспечения требуемой точности преобразования достаточно обеспечить 7 разрядов аналого-цифрового преобразования температуры. Так как скорость изменения температуры обычно невелика, вполне достаточно время преобразования в несколько десятков миллисекунд. Таким требованиям удовлетворяют интегрирующие АЦП, многие современные микроконтроллеры включают в свой состав необходимые для их построения элементы [9]. По таблице, записанной в постоянное запоминающее устройство контроллера по данным температурной калибровки датчика и содержащей обратную коэффициенту чувствительности величину, происходит определение необходимого напряжения питания датчика. Разработанное устройство ориентировано на применение однокристалльного микроконтроллера Z86E04 фирмы Zilog, структурная схема которого приведена на рис.3.

Микроконтроллер, выпускаемый в 18-ти выводных корпусах DIP и SOIC, включает в свой состав 8-ми разрядный таймер с 6-ти разрядным предварительным делителем, два аналоговых компаратора, внутреннюю схему сброса при включении питания, что позволяет реализовать предложенное устройство при минимуме внешних элементов. Встроенный автономный сторожевой таймер, перезапускающий контроллер при нарушении нормального хода программы позволяет повысить надежность работы. Гарантированный производителем диапазон рабочих температур микроконтроллера Z86E04 составляет 40...+105°C. Удобные архитектура и система команд позволили реализовать устройство при минимальном использовании ресурсов- 124 байте ОЗУ и 1024 байтах ПЗУ. Однако дальнейшее развитие устройства без изменения схемы гарантирует наличие в семействе микроконтроллеров Z86 более мощных аппаратно и программно совместимых с контроллером Z86E04. Встроенная периферия позволяет построить аналого-цифрового преобразователь интегрирующего типа с использованием генератора пилообразного напряжения на базе широтно-импульсного модулятора (ШИМ) и таймера. Этот способ имеет преимущество - он работает от прерывания, так что процессор может выполнять другие задачи в течение периода преобразования. Импульсы прямоугольной формы с переменным периодом заполнения, равным сначала минимальному значению, затем увеличивающимся посредством инкрементирования содержимого таймера в конце каждого периода ШИМ.

Выход ШИМ P00 питает RC интегратор, на выходе которого напряжение, приложенное также на опорный вход компараторов P33, плавно увеличивается. Аналого-цифровое преобразование может проводиться одновременно по двум каналам, при этом преобразуемые напряжения подаются на входы P31 и P32. Каждый из компараторов имеет свое прерывание. Когда плавно увеличивающееся напряжение на опорном входе P33 превышает входное напряжение, соответствующий обработчик прерывания загружает содержимое таймера, пропорциональное преобразуемому напряжению. Пилообразное напряжение генерируется посредством увеличения таймера T1 после каждого периода ШИМ. Увеличение счетчика с 1 до 200 сбрасывает линейно возрастающее напряжение. Время преобразования

определяется частотой системного генератора, диапазоном входного напряжения, частотой ШИМ, разрядностью таймера. Например, при частоте кварцевого резонатора 8МГц и диапазоне входного напряжения 0..4В частота ШИМ составила 4800кГц при разрешении в 8 бит время преобразования составило 40мс[10]. В случае, если требуется меньшее разрешение, добавление в конце каждого периода к таймеру не 1 а 2 или 4 позволит сократить время преобразования при 7-ми и 6-ти битном разрешении АЦП.

Предлагаемое устройство коррекции обеспечивает высокую точность пьезорезисторных преобразователей физических величин давления, ускорения, силы во всем диапазоне рабочих температур. Учет характеристики датчика программным способом позволяет легко автоматизировать процесс калибровки и использовать первичные преобразователи с большим разбросом параметров.

Список литературы

1. Мокров Е.А. О тенденциях развития датчиков специального назначения// Приборы и системы управления, 1990,№10.
2. Юровский А.Я. Новые приборы для измерения давления.//Приборы и системы управления.1995, №9.
3. Гутников В.С. Тенденции развития электронных измерительных преобразователей для датчиков.//Приборы и системы управления. 1990, №10.
4. Зимин В.Н, Шелепин Н.А. Кремниевые датчики физических величин.//Электронная промышленность.№2, 1994, с.34...42.
5. Pressure Piezoresistive Sensors. Kistler Instrument Corporation, USA, 1996.
6. Lucas Control System Products. Short Form Catalog. 1995
7. Siemens Components. Pressure Sensors. 1996
8. Motorola Sensor Device Data. 1995
9. The Z8 Application Note Handbook. 1996
10. Transducer power supply. UK Patent Application. 2 238132 A. Int. Cl. G01 19/04
11. Аш Ж., Андре П., Бофон Ж., и др.. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах.Кн.2.Пер с франц.-М.: Мир, 1992.-424 с..
12. Подлепецкий Б. Интегральные полупроводниковые сенсоры: состояние и перспективы разработок.//CHIP NEWS, 1998, №5(26) .