

Два способа измерения температуры при помощи термопар

Печатается с разрешения Analog Devices, Inc. (<http://www.analog.com>)

Мэтью Дафф, Джозеф Тови (США)

Перевод Андрея Данилова

В статье приведены краткие сведения о термопарах и описаны две измерительные схемы на основе ИС компании Analog Devices.

ВВЕДЕНИЕ

Термопара является простым, широко используемым компонентом для измерения температуры. Эта статья представляет общий обзор термопар, описывает стандартные проблемы, возникающие при разработке с их использованием, и предлагает два решения для обработки сигнала. Первое решение сочетает и компенсацию эталонного спаия, и обработку сигнала в одной аналоговой ИС для удобства и лёгкости использования; второе решение разделяет компенсацию эталонного спаия и обработку сигнала для большей гибкости и точности измерения температуры с цифровым выходом.

ТЕОРИЯ ТЕРМОПАРЫ

Термопара, показанная на рисунке 1, состоит из двух проводников разнородных металлов, соединённых вместе на одном конце, называемом измерительным («горячим») спаием. Другой конец, где проводники не соединены, подключен к дорожкам схемы обработки сигнала, обычно сделанным из меди. Это переход между металлами термопары и медными дорожками называется эталонным («холодным») спаием.*

Напряжение, генерируемое эталонным спаием, зависит от температуры и на измерительном, и на эталонном спае. Поскольку термопара является дифференциальным устройством, а не прибором для измерения абсолютной температуры, температура эталонного спаия должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Этот процесс известен как компенсация эталонного спаия (компенсация холодного спаия).

Термопары используются в стандартных промышленных методах экономически эффективного измерения температуры в широком диапазоне с приемлемой точностью. Они используются в разнообразных применениях вплоть до +2500°C в бойлерах, водонагревателях, печах и самолетных двигателях, и т.д. Наиболее популярной термопарой является термопара типа К, состоящая из хрома и алюминия (марки сплава никеля, содержащие хром и алюминий, магний и кремний соответственно), с температурным диапазоном от –200 до +1250°C.

ПОЧЕМУ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТЕРМОПАРА?

Преимущества

Температурный диапазон. Наиболее реальные температурные диапазоны – от криогеники до выхода реактивного двигателя – могут быть перекрыты при помощи термопар. В зависимости от использованного металла проводников, термопара способна измерять температуру в диапазоне от –200 до +2500°C.

Надёжная. Термопары являются прочными приборами, невосприимчивыми к удару и вибрации и подходящими для использования в опасных окружающих условиях.

Быстрый отклик. Благодаря небольшим размерам и низкой теплоёмкости, термопары быстро откликаются на изменения температуры, особенно если воздействию подвергается измерительный спаий. Они могут реагировать на быстро изменяющуюся температуру в пределах нескольких сотен миллисекунд.

Отсутствует саморазогрев. Поскольку термопары не требуют энергии питания, они не подвержены саморазогреву и от природы безопасны.

Недостатки

Сложная обработка сигнала. Необходима существенная обработка сигнала, чтобы преобразовать напряжение термопары в полезные показания температуры. Традиционно обработка сигнала требовала больших затрат времени, чтобы избежать привнесённых погрешностей, которые снижали точность.

Точность. Кроме внутренних неточностей в термопарах, обусловленных их металлургическими свойствами, измерение при помощи термопары является настолько точным, насколько точно может быть измерена температура эталонного спаия, традиционно в пределах 1...2°C.

Подверженность коррозии. Поскольку термопары состоят из двух разнородных металлов, в некоторых окружающих условиях коррозия с течением времени может привести к ухудшению точности. Следовательно, им может потребоваться защита, а уход и техническое обслуживание являются неотъемлемыми процедурами.

Подверженность помехам. При измерении изменений сигнала на уровне микровольт, помехи от паразитных электрических и магнитных полей могут быть проблемой. Скручивание пары проводов термопары может значительно снизить наводку от магнитного поля. Использование экранированного кабеля или укладка проводов в металлический лоток и защитный экран могут снизить наводку от электрического поля. Измерительное устройство должно обеспечивать фильтрацию сигнала либо на аппаратном, либо на программном уровне, с интенсивным подавлением частоты сети (50 или 60 Гц) и её гармоник.

* Мы используем термины «измерительный спаий» и «эталонный спаий», а не более традиционные «горячий спаий» и «холодный спаий». Традиционное наименование системы может сбивать с толку, поскольку во многих приложениях измерительный спаий может быть холоднее, чем эталонный спаий.

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОПАР

По многим причинам нелегко преобразовать напряжение, генерируемое термопарой, в точные показания температуры: сигнал напряжения является небольшим, взаимосвязь температура–напряжение является нелинейной, эталонный спай требует компенсации, а термопары могут создавать проблемы заземления. Давайте рассмотрим эти проблемы по очереди.

Сигнал напряжения мал. Большинство общеупотребительных термопар относятся к типам J, K и T. При комнатной температуре их напряжение изменяется на 52 мкВ/°C, 41 мкВ/°C и 41 мкВ/°C соответственно. Другие, менее известные типы имеют даже меньший температурный коэффициент напряжения. Этот небольшой сигнал требует каскада с большим усилением перед аналого-цифровым преобразованием. Таблица 1 сравнивает чувствительности различных типов термопар.

Поскольку сигнал напряжения является небольшим, схема обработки сигнала обычно нуждается в усилении 100 В/В или около этого – фактически простое согласование сигнала. Более труд-

ным может быть распознавание истинного сигнала из помех, собираемых выводами термопары. Выводы термопары являются длинными и часто прокладываются в электрически зашумленном окружении. Помехи, считанные выводами, могут легко поглотить ничтожный сигнал термопары.

Чтобы выделить сигнал из помех, обычно сочетают два подхода. Первым является использование усилителя с дифференциальным входом, такого как измерительный усилитель, чтобы усилить сигнал. Поскольку большие помехи появляются на обоих проводах (синфазно), дифференциальное измерение их устраняет. Вторым является низкочастотная фильтрация, которая удаляет внеполосные помехи. Низкочастотный фильтр должен удалять и радиочастотные помехи (свыше 1 МГц), которые могут вызвать выпрямление в усилителе, и фон 50/60 Гц (источник питания). Важно расположить радиочастотный фильтр перед усилителем (или использовать усилитель с отфильтрованными входами). Расположение фильтра 50/60 Гц часто не критично – он может сочетаться с радиочастотным

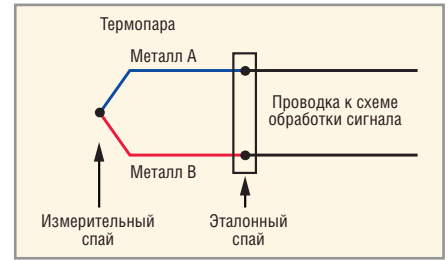


Рис. 1. Термопара

фильтром, располагаться между усилителем и АЦП, быть частью сигма-дельта-АЦП либо может быть заложен в программное обеспечение в качестве фильтра усреднения.

Компенсация эталонного спая. Температура эталонного спая термопары должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Когда термопары использовались впервые, это делали путём содержания эталонного спая в ванне со льдом. Рисунок 2 изображает цепь термопары с одним концом при неизвестной температуре и другим концом в ванне со льдом (0°C). Этот метод был использован для исчерпывающего исследования параметров различных типов термопар, следовательно, почти все таблицы термопар

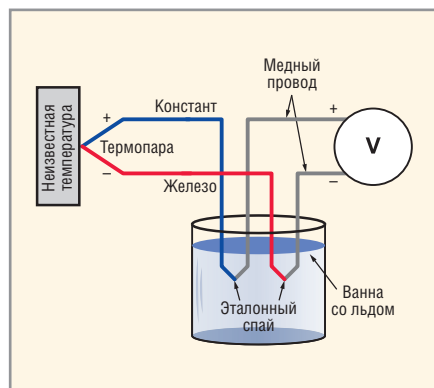


Рис. 2. Первичная цепь железно-константановой термопары

используют 0°C в качестве эталонной температуры.

Однако содержание эталонного спая термопары в ванне со льдом является непрактичным для большинства систем измерения. Вместо этого большинство систем используют технологию, называемую компенсацией эталонного спая (также известную как компенсация холодного спая). Температуру эталонного спая измеряют при помощи другого термочувствительного прибора – обычно микросхемы, термистора, диода или RTD (резистивного датчика температуры).

Отсчёт напряжения термопары затем корректируют для отображения температуры эталонного спая. Важно, чтобы эталонный спай был считан как можно более точно – с точностью датчика температуры, содержащегося при той же самой температуре, что и эталонный спай. Любая погрешность в определении температуры эталонного спая отразится на конечном отсчёте показаний термопары.

Для измерения образцовой температуры доступны различные датчики:

- **термисторы.** Они имеют быстрый отклик и небольшой корпус; однако они нуждаются в линеаризации и имеют ограниченную точность, особенно в широком диапазоне температур. Они также требуют тока для возбуждения, который может вызы-

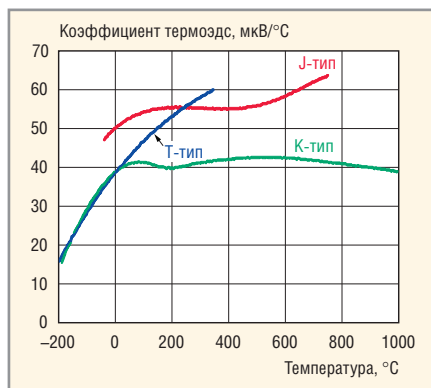


Рис. 3. Изменение чувствительности термопары с температурой

вать саморазогрев, приводящий к дрейфу. Общая точность системы в сочетании с обработкой сигнала может быть недостаточной;

- **резистивные датчики температуры (RTD).** Резистивные датчики температуры являются точными, стабильными и достаточно линейными, однако размер корпуса и стоимость ограничивают их применение в системах управления технологическими процессами;
- **удалённые термодиоды.** Это диоды, используемые для считывания температуры вблизи разъёма термопары. Формирующий кристалл преобразовывает напряжение на диоде, которое пропорционально температуре, в аналоговый или цифровой выходной сигнал. Его точность ограничена примерно $\pm 1^\circ\text{C}$;
- **интегрированный датчик температуры.** Интегрированный датчик температуры – автономная ИС, которая считывает температуру локально, – должен быть тщательно установлен вблизи эталонного спая и может сочетать компенсацию эталонного спая и обработку сигнала. Достижимы точности в пределах малых долей 1°C .

Сигнал напряжения является нелинейным. Наклон графика характеристики термопары изменяется в зависимости от температуры. Например, при 0°C выход термопары T-типа изменяется на 39 мкВ/°C, но при 100°C наклон возрастает до 47 мкВ/°C.

Существуют три стандартных метода компенсации нелинейности термопары.

Выбрать часть графика, которая является относительно плоской, и аппроксимировать наклон как линейный в данной области – подход, который работает особенно хорошо для измерений в ограниченном диапазоне температур. Не требуются сложные вычисления. Одной из причин, по которой

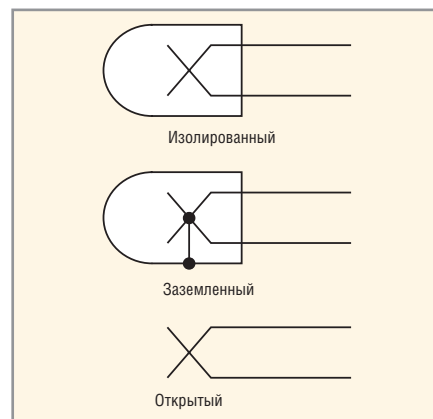


Рис. 4. Типы измерительного спая термопары

термопары K- и J-типа являются популярными, является то, что они имеют большие промежутки температуры, для которых возрастающий наклон чувствительности (коэффициент термоэдс) остаётся фактически постоянным (см. рис. 3).

Другим подходом является сохранение в памяти просмотрной таблицы, которая соотносит набор напряжений термопары с её относительной температурой. Затем используется линейная интерполяция между двумя ближайшими пунктами таблицы для получения других значений температуры.

Третьим подходом является использование уравнений высокого порядка, которые моделируют поведение термопары. Хотя этот метод имеет наибольшую точность, он также является самым затратным по вычислениям. Для каждой термопары существуют два набора уравнений. Один набор преобразовывает температуру в напряжение термопары (полезное для компенсации эталонного спая). Другой набор преобразовывает напряжение термопары в температуру. Таблицы термопар и уравнений высокого порядка для термопар могут быть найдены на интернет-странице <http://srdata.nist.gov/its90/main/>. Все эти таблицы и уравнения основаны на температуре эталонного спая 0°C. Компенсация эталонного спая должна быть использована, если он находится при любой другой температуре.

Требования к заземлению. Промышленность выпускает термопары и с изолированными, и с заземлёнными наконечниками для измерительного спая (см. рис. 4). Обработка сигнала термопары должны быть спроектирована так, чтобы избежать петель заземления при измерении заземлённой термопарой, а также иметь контур для входных токов усилителя, когда измерение производится изолированной

Таблица 1. Изменение напряжения в зависимости от температуры (коэффициент термоэдс) для различных типов термопар при 25°C

Тип термопары	Коэффициент термоэдс, мкВ/°C
E	61
J	52
K	41
N	27
R	9
S	6
T	41

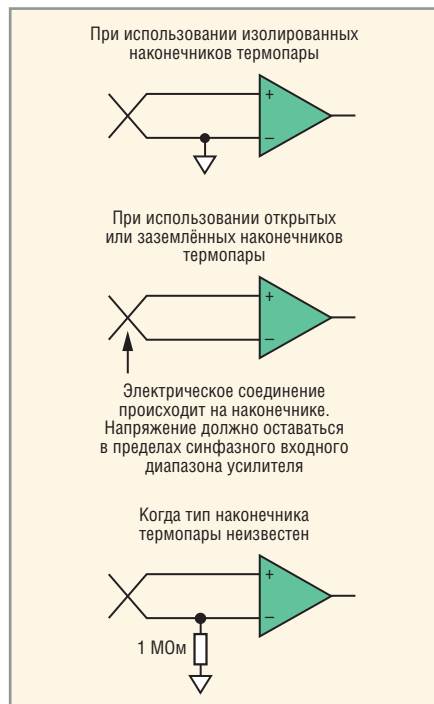


Рис. 5. Варианты заземления при использовании различных типов наконечников

термопарой. Кроме того, если наконечник термопары заземлён, входной диапазон усилителя должен выдерживать любые разности в потенциалах заземления между наконечником термопары и землёй системы измерения (см. рис. 5).

Система обработки с двойным питанием для неизолированных систем будет, как правило, более устойчивой для заземлённого наконечника и незащищённых типов наконечников. Из-за своего широкого диапазона синфазного входного напряжения, усилитель с двойным питанием может обрабатывать большое дифференциальное напряжение между заземлением печатной платы и землёй наконечника термопары. Системы с одним источником питания могут работать удовлетворительно во всех трёх вариантах наконечников, если диапазон синфазного сигнала усилителя имеет некоторую возможность

измерять потенциал ниже заземления в конфигурации с одним источником питания. Для преодоления ограничения по синфазному сигналу, в системах с одним источником питания полезно сдвигать термопару к середине напряжения питания. Это хорошо работает для изолированных наконечников термопар либо если вся система измерения является изолированной. Однако это не рекомендуется для неизолированных систем, которые предназначены для измерения заземлённых или незащищённых термопар.

Практические схемы с термопарами. Обработка сигнала термопары является более сложной, чем обработка в других системах измерения. Время, необходимое для разработки и отладки обработки сигнала, может увеличить время выхода изделия на рынок. Ошибки в обработке сигнала, особенно в части компенсации измерительного спая, могут привести к более низкой точности. Две описанные ниже схемы посвящены этим проблемам.

Первая описывает простое аналоговое интегрированное аппаратное решение, сочетающее прямое измерение термопары с компенсацией эталонного спаия при помощи единственной ИС. Второе решение подробно рассматривает схему компенсации эталонного спаия на основе программного обеспечения, обеспечивающую повышенную точность для измерения термопары и гибкость в использовании термопар многих типов.

РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ 1: ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ДЛЯ ПРОСТОТЫ

Рисунок 6 показывает схему для измерения термопары типа К. Она основана на применении усилителя термопары AD8495, который специально разработан для термопар типа К. Это аналоговое решение оптимизировано для мини-

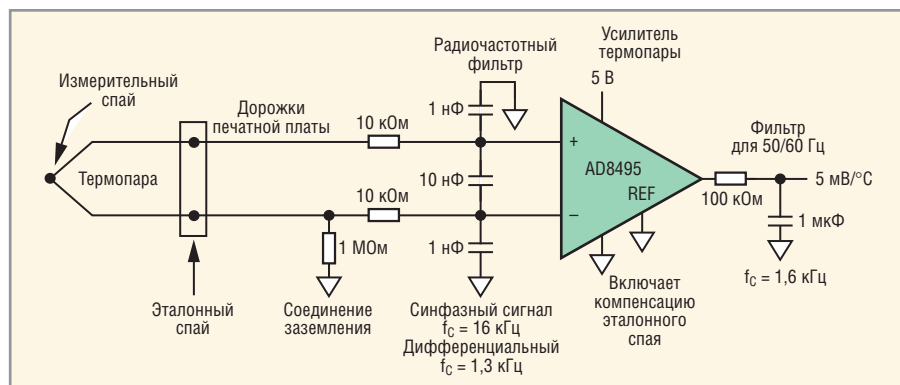


Рис. 6. Решение для измерения 1

мального времени разработки: Оно имеет простой тракт для сигнала и не требует написания кода программы.

Как этот простой сигнальный тракт удовлетворяет требованиям обработки сигнала для термопар К-типа?

Усиление и выходной масштабный коэффициент. Малый сигнал термопары усиливается AD8495 в 122 раза, обеспечивая выходную чувствительность 5 мВ/°C (200°C/В).

Подавление помех. Высокочастотные синфазные и дифференциальные помехи удаляются внешним радиочастотным фильтром. Низкочастотные синфазные помехи подавляет измерительный усилитель AD8495. Любый оставшийся шум удаляется внешним фильтром при последующей обработке.

Компенсация эталонного спая. Усилитель AD8495, который содержит температурный датчик для компенсации изменений окружающей температуры, должен быть установлен вблизи эталонного спая, чтобы работать при той же температуре для точной компенсации эталонного спая.

Коррекция нелинейности. Усилитель AD8495 откалиброван для получения выхода $5\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ на линейном участке графика терморезистора К-типа, с погрешностью линейности менее чем 2°C в диапазоне температур $-25...400^{\circ}\text{C}$. Если необходим более широкий температурный диапазон, указание по применению AN-1087 от компании Analog Devices описывает, как может быть использована просмотревшая таблица или уравнение в микропроцессоре для расширения диапазона температур.

Эксплуатация изолированных, заземлённых и незащищённых термопар. Рисунок 5 показывает подсоединённый к земле резистор 1 МОм, который учитывает все типы наконечников термопар. Усилитель AD8495 был специально разработан, чтобы обеспечить измерение на уровне нескольких сотен милливольт ниже потенциала земли при использовании одного источника питания, как показано на схеме. Если ожидается большая разность в потенциалах заземления, усилитель AD8495 также может быть использован с двойным источником питания.

Более подробно о AD8495. Рисунок 7 показывает структурную схему усилителя термопары AD8495. Усилители A1, A2 и A3 и показанные резисторы образуют измерительный усилитель,

который усиливает выходной сигнал термопары К-типа настолько, чтобы соответствовать выходному напряжению 5 мВ/°С. Внутри блока «Компенсация эталонного спая» находится датчик окружающей температуры. Когда температура измерительного спая поддерживается постоянной, дифференциальное напряжение от термопары будет снижаться, если температура эталонного спая возрастает по любой причине. Если миниатюрный (3,2 × 3,2 × 1,2 мм) усилитель AD8495 находится в тепловой близости к образцовому спая, схема компенсации вводит дополнительное напряжение в усилитель, с тем чтобы выходное напряжение оставалось постоянным, компенсируя, таким образом, изменение эталонной температуры.

В таблицу 2 сведены характеристики интегрального аппаратного решения, использующего микросхему AD8495.

**РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ 2:
ОПТИМИЗИРОВАННОЕ
ДЛЯ ТОЧНОСТИ И ГИБКОСТИ**

Рисунок 8 показывает схему для измерения термопары J-, K- и T-типа с большой степенью точности. Эта схема включает высокоточный АЦП для измерения малых напряжений термопары и высокоточный датчик для измерения температуры эталонного спая. Оба прибора управляются по интерфейсу SPI от внешнего микроконтроллера.

Как эта конфигурация удовлетворяет требованиям обработки сигнала, приведённым ранее?

Удалить помехи и усилить напряжение. Микросхема AD7793, показанная на рисунке 9, является высокоточным аналоговым входным интерфейсом с малым потреблением и используется для измерения напряжения термопары. Выход термопары фильтруется внешним способом и подсоединяется к набору дифференциальных входов, AIN1(+) и AIN1(-). Затем сигнал поступает на коммутатор, буферный усилитель и измерительный усилитель, который усиливает малый сигнал термопары, и на АЦП, который преобразовывает сигнал в цифровой.

Компенсация температуры эталонного спая. Микросхема ADT7320 (см. блок-схему на рис. 10), будучи установленной достаточно близко к образцовому спая, может измерять температуру этого перехода с точностью до ±0,2°С в диапазоне от -10 до +85°С. Встроенный в

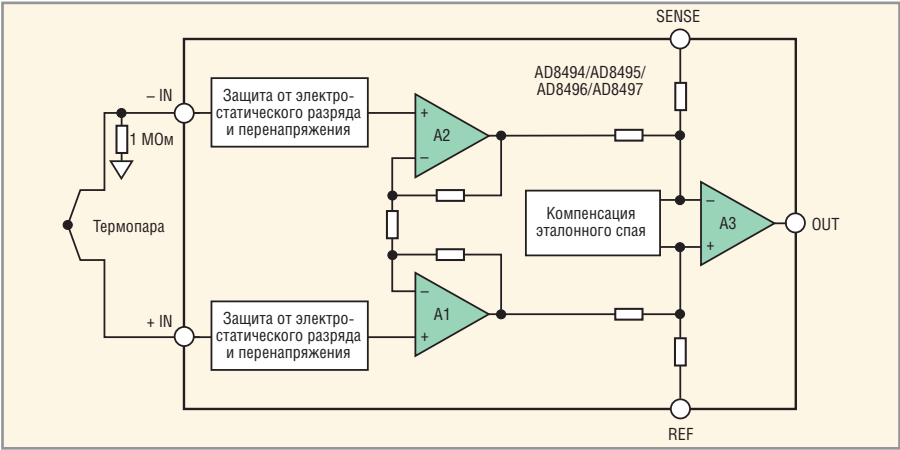


Рис. 7. Функциональная блок-схема AD8495

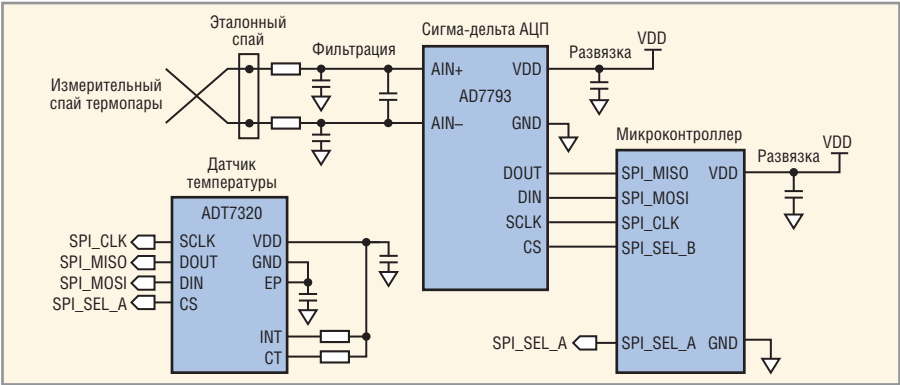


Рис. 8. Решение для измерения 2

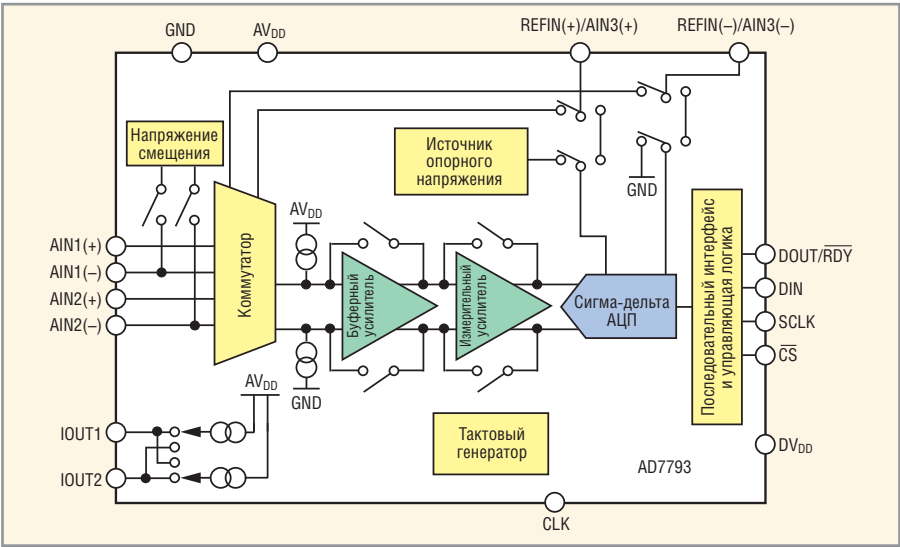


Рис. 9. Функциональная схема AD7793

кристалл датчик температуры генерирует напряжение, пропорциональное абсолютной температуре, которое сравнивается с внутренним опорным источником и прикладывается к высокоточному цифровому модулятору. Оцифрованный результат от модулятора

обновляет 16-разрядный регистр значения температуры. Регистр значения температуры затем может быть считан обратно из микроконтроллера при помощи интерфейса SPI и объединён с цифровым отсчётом из АЦП для выполнения компенсации.

Таблица 2. Решение 1 (см. рис. 6), сводка характеристик

Тип термопары	Диапазон температуры измерительного спая	Диапазон температуры эталонного спая	Точность при 25°С	Потребляемая мощность
К	-25...400°С	0...50°С	±3°С (группа А) ±1°С (группа С)	1,25 мВт

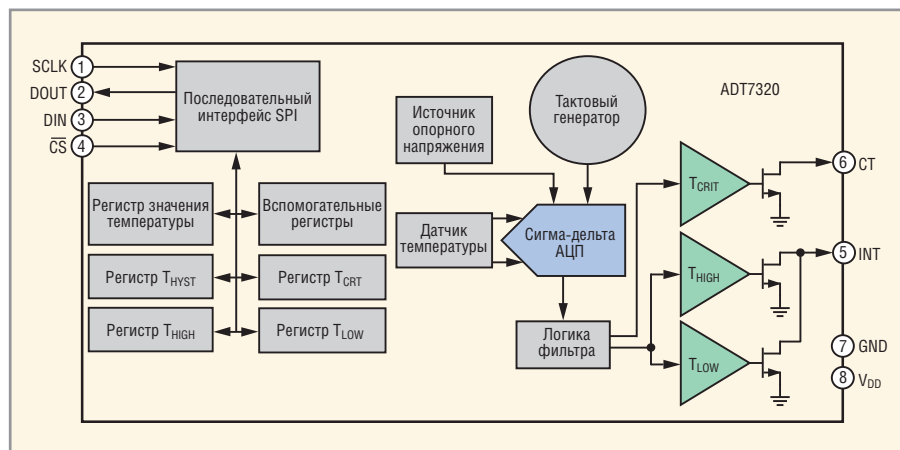


Рис. 10. Функциональная схема ADT7320

Корректировка нелинейности. Микросхема ADT7320 обеспечивает превосходную линейность в своём паспортном диапазоне температур (–40...125°C), не требующую коррекции или калибровки пользователем. Её цифровой выход, таким образом, может считаться точным представлением состояния эталонного спая. Чтобы определить фактическую температуру термопары, это эталонное измерение температуры должно быть преобразовано в эквивалентное термоэлектрическое напряжение при помощи уравнений, предоставленных Национальным институтом стандартов и технологии (NIST). Затем это напряжение добавляется к напряжению термопары, измеренному микросхемой AD7793, а итог переводится обратно в температуру термопары, снова при помощи уравнений NIST.

Эксплуатируйте изолированные и заземлённые термопары. Рисунок 8 показывает термопару с незащищённым (открытым) наконечником. Это обеспечивает наилучшее время отклика, но аналогичная конфигурация также могла бы использоваться и вместе с термопарой с незащищённым наконечником.

Таблица 3 суммирует характеристики схемы измерения эталонного спая на основе программных средств с использованием информации NIST.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термопары позволяют надёжно измерять температуру в достаточно широком диапазоне, но инженеры часто отказываются от их использования из-за неизбежного компромисса между

временем разработки и точностью измерений. Статья предлагает экономически эффективные способы разрешения этих проблем.

Первое решение сосредотачивается на уменьшении сложности измерения посредством технологии аппаратной аналоговой компенсации эталонного спая. Это приводит к простому сигнальному тракту, не требующему программирования, с учётом интеграции, предоставленной усилителем термопары AD8495, обеспечивающего выход сигнала 5 мВ/°C, который может быть подан на аналоговый вход разнообразных микроконтроллеров.

Второе решение обеспечивает высочайшую точность измерения и также позволяет использовать различные типы термопар. Технология компенсации эталонного спая программным способом опирается на высокоточный цифровой датчик температуры ADT7320, чтобы обеспечить более точное измерение компенсации эталонного спая, недостижимое до сегодняшнего дня. Микросхема ADT7320 поставляется полностью откалиброванной и по техническим условиям соответствует диапазону температур –40...125°C. Абсолютно понятная, в отличие от измерения традиционным термистором или резистивным датчиком, она не требует ни затратного этапа калибровки после монтажа платы, ни ресурсов процессора или памяти с калибровочными коэффициентами или процедурами линеаризации. Потребляя только микроватты мощности, эта ИС избегает

проблем саморазогрева, которые подрыывают точность традиционных решений с резистивным датчиком.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Использование уравнения NIST для преобразования температуры микросхемы ADT7320 в напряжение

Компенсация эталонного спая термопары основана на следующем соотношении:

$$\Delta V = V_{J1} - V_{J2}, \quad (1)$$

где ΔV – выходное напряжение термопары; V_{J1} – напряжение, генерируемое на спаяе термопары; V_{J1} – напряжение, генерируемое на эталонном спаяе.

Чтобы это соотношение для компенсации работало, оба вывода эталонного спая должны содержаться при одной и той же температуре. Выравнивание температуры выполняется при помощи изотермического клеммника, который позволяет выравниваться температуре обоих выводов, обеспечивая при этом электрическую изоляцию.

После того как температура эталонного спая измерена, она должна быть преобразована в эквивалентное термоэлектрическое напряжение, которое могло быть выработано этим спаем при измеренной температуре. Один из методов использует полином в виде степенного ряда. Термоэлектрическое напряжение вычисляется как:

$$E = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + \dots + a_n T^n, \quad (2)$$

где E – термоэлектрическое напряжение (микровольты); a_n – коэффициенты полинома, зависящие от типа термопары; T – температура (°C); n – порядок полинома.

NIST публикует таблицы коэффициентов полинома для каждого типа термопары. В этих таблицах перечислены коэффициенты, порядок (число составляющих полинома), применимые диапазоны температуры для каждого списка коэффициентов и диапазон погрешности. Некоторые типы термопар требуют более одной таблицы коэффициентов для перекрытия всего диапазона температур при эксплуатации. Таблицы для степенных рядов полинома перечислены в основном тексте.



Таблица 3. Решение 2 (см. рис. 8), сводка характеристик

Тип термопары	Диапазон температуры измерительного спая	Диапазон температуры эталонного спая	Точность	Потребляемая мощность
J, K, T	Полный диапазон	–10...85°C –20...105°C	±0,2°C ±0,25°C	3 мВт 3 мВт

Новости мира News of the World Новости мира

Варисторы с предохранителем

TDK-EPSC представляет серию ETFV варисторов фирмы Epcos, которые защищены от перегрузок и предотвращают тем самым опасность возгорания. У элементов серии ETFV последовательно включен интегрированный в корпус дисковый варистор серии AdvanceD с термическим предохранителем. Облицованный специальной пластмассой термопредохранитель отключает перегретый варистор от электрической схемы, предотвращая тем самым возникновение пламени и дыма.

Благодаря жаростойкости и огнезащитной конструкции варисторы выполняют требования норм UL 94 V-0. Кроме того, они соответствуют требованиям норм UL 1449 3rd Edition, UL 60691 и IEC 6 0950-1 Annex Q. Серия ETFV наряду с двумя выводами варистора имеет третий вывод, который можно использовать для выдачи сигнала предупреждения – например, сигнализация срабатывания предохранителя может быть реализована на светодиоде.



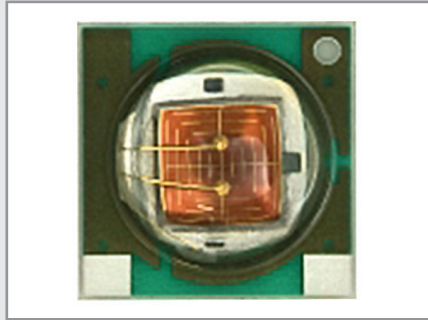
Спектр продуктов включает в себя диски, диаметр которых составляет 14, 20 и 25 мм. Различные ETFV-варианты рассчитаны на поглощение максимальных ударных токов импульсной формы 8/20 мкс от 6 до 20 кА при номинальных напряжениях от 130 до 420 В ср.кв. Нагрузочная способность к ударным токам составляет 20 000 А, при этом максимальное потребление энергии составляет 700 Дж за 2 мс.

Приложениями варисторов серии ETFV являются бытовые приборы, системы электроснабжения, инверторы для солнечных энергетических установок и приводов. Помимо этого, они используются для общей защиты приборов и кабельной проводки.

www.epcos.de

Цветные светодиодные лампы до 500 мВт

Фирма Cree дополняет линейки цветных светодиодов XLamp XP-E и XLamp XP-C мо-



делями с высокой мощностью. Типичными областями применения являются светильники, которые используются в зданиях, на транспорте и на машинах скорой помощи и пожарных машинах. Новые светодиоды пригодны к тому же для использования в системах декоративного освещения.

Светодиоды серии XLamp XP-E обеспечивают гарантированную мощность 500 мВт. Значения светового потока у синих светодиодов составляют 39,8 лм, у зелёных – 107 лм, у красно-оранжевых – 73,9 лм и у красных – 62 лм. Все значения достигаются при 350 мА. Для моделей серии XLamp XP-C мощность составляет 350 мВт, а световой поток 23,5 лм у синих, 62 лм у красно-оранжевых и 51,7 лм у красных при токе 350 мА.

www.cree.com/buyxllamp

Sharp: 3,5-дюймовый ЖК-дисплей промышленного применения

TFT-ЖК-дисплей LQ035Q3DG03 компании Sharp с диагональю экрана 3,5 дюйма (8,8 см) предназначен для использования в промышленных приложениях со сроком службы 50 000 ч при рабочей температуре $-20...+70^{\circ}\text{C}$. Благодаря своей монтажной глубине 4,7 мм при длине сторон $76,9 \times 63,9$ мм он может быть многосторонне интегрирован, например, в переносную контрольно-измерительную аппаратуру, в другие промышленные приборы, а также в индикаторы состояния производственных установок и станков.

Изображение в 16 млн. цветов при разрешении 320×240 пикселей обеспечивает точную и подробную индикацию разнооб-



разной информации. При яркости 450 кд/м^2 дисплей может использоваться в сложных окружающих условиях, например, на улице при прямом солнечном свете. Контрастность составляет 300 : 1.

<http://www.sharpsme.com>

В EPFL разработали камеру, создающую «честное» 3D

Если вы думаете, что 3D-революция ограничивается лишь потребительским сегментом индустрии хай-тек, то специалисты швейцарского института EPFL готовы развеять это убеждение. Исследователи из нескольких научных подразделений института объединились, создав куполообразную камеру, прообразом для которой послужил глаз обычной комнатной мухи.



Устройство состоит из множества небольших камер, каждая из которых не сложнее применяющихся в современных мобильных телефонах. Они соединены с аппаратной частью, отвечающей за обработку входящего изображения и создание «честного» 3D. Это достигается путём расчёта глубины изображения, получаемого каждой из камер, после чего следует сборка общей 3D-сцены. Процесс гораздо более сложен по сравнению со стереоскопической технологией, используемой в современных 3D-телевизорах, поскольку глубина постоянно изменяется в зависимости от смены точки обзора.

Сейчас учёные EPFL работают над подготовкой патентной заявки, и если всё сложится удачно, то мы сможем увидеть «глаз мухи» в самых различных сферах, среди которых «видеонаблюдение, создание фильмов и видеоигр».

<http://www.engadget.com/>