

Обзор



Электрические двигатели потребляют почти 50% вырабатываемой в мире электроэнергии. В связи с постоянным ростом стоимости энергии промышленность нацелена на замену неэффективных двигателей и их приводов с постоянной скоростью вращения на микропроцессорные системы управления, позволяющие менять скорость вращения. Эта новая технология управления электродвигателями снижает энергопотребление более чем на 35% по сравнению со старыми системами управления. Хотя позволяющие менять скорость контроллеры вносят свою лепту в увеличение стоимости электродвигателей, прогнозируемая экономия электроэнергии и повышенная функциональность двигателей позволят легко окупить первоначальные расходы в течение нескольких лет.

Популярные конструкции электродвигателей

Двигатели постоянного тока, бесколлекторные (бесщёточные) двигатели постоянного тока и асинхронные двигатели переменного тока — популярные типы электродвигателей, используемые в современных промышленных приложениях. Каждый из этих типов двигателей обладает своими собственными уникальными характеристиками, но все они работают на основе одного и того же базового принципа, известного из теории

электромагнетизма. Если проводник с током, такой как проволочная обмотка, поместить во внешнее магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны проводнику, то на него будет действовать сила, перпендикулярная как самому проводнику, так и силовым линиям внешнего магнитного поля.

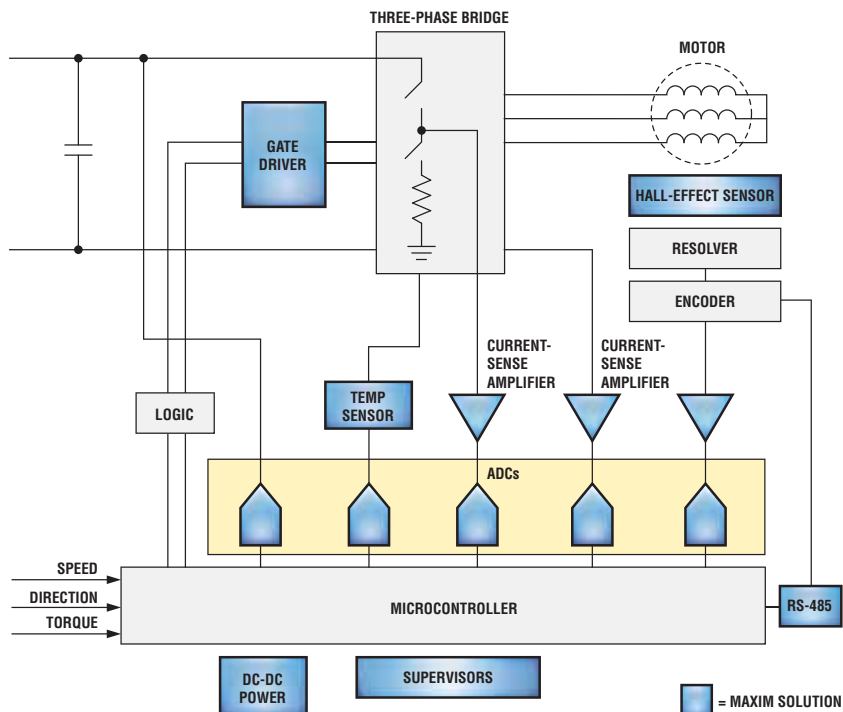
Двигатели постоянного тока: низкая стоимость и точность в управлении

Двигатели постоянного тока были среди первых типов двигателей, которые стали использовать на практике. Они всё ещё популярны там, где требуется невысокая начальная стоимость и превосходная управляемость. В самом простом виде статор (т. е. стационарная часть электродвигателя) представляет собой постоянный магнит, а на роторе (т. е. на вращающейся части электродвигателя) размещены обмотки якоря, подключённые к механическому коммутатору, который замыкает/размыкает цепь подачи тока в обмотку. Магнит является источником магнитного поля, которое

взаимодействует с током якоря, генерируя электромагнитную силу, тем самым позволяя двигателю выполнять работу. Скорость вращения электродвигателя определяется величиной постоянного напряжения, приложенного к обмоткам якоря.

В зависимости от приложения, для подачи напряжения на обмотку якоря используют мостовые, полумостовые или просто повышающие преобразователи. Для получения желаемого напряжения применяют ШИМ-управление ключами преобразователей. Для управления полевыми транзисторами в мостовой или полумостовой схеме могут использоваться выпускаемые компанией Maxim микросхемы драйверов верхнего плеча или драйверов моста, такие как MAX15024/MAX15025.

Двигатели постоянного тока также широко применяются в приложениях, где важны скорость и точность позиционирования. Для выполнения требований по поддержанию скорости и точности позиционирования необходима замкнутая петля обратной связи,



Блок-схема типичной промышленной системы управления электродвигателями.

Список рекомендованных компаний Maxim решений для систем управления электродвигателями можно найти на сайте www.maxim-ic.com/motordrive.

реализованная на микропроцессоре, и информация о положении ротора. Датчик Холла MAX9641* компании Maxim выдаёт информацию о положении ротора.

Асинхронные двигатели переменного тока: простота и надёжность

Популярность асинхронных двигателей в промышленности обусловлена их простотой и надёжностью. В простейшей форме этот двигатель представляет собой трансформатор, в котором первичная обмотка подключается к источнику переменного напряжения, а вторичная обмотка замкнута, и в ней индуцируется вторичный ток. Асинхронные двигатели часто называют индукционными. Слово «индукционный» появилось как раз от индуцированного вторичного



Ротор и статор асинхронного двигателя.

тока. На статоре асинхронного двигателя размещена трёхфазная обмотка, а ротор представляет собой простую конструкцию, обычно называемую «беличьей клеткой», в которой медные или алюминиевые пластины закорачивают между собой на обоих концах кольцами из литого алюминия. Отсутствие коллектора и обмоток на роторе делают конструкцию асинхронного двигателя чрезвычайно надёжной.

При работе от источника напряжения частотой 60 Гц асинхронный двигатель вращается с постоянной скоростью. Однако, используя силовую электронику и микропроцессорные системы, скорость вращения асинхронного двигателя можно изменять. Привод, позволяющий менять скорость вра-

щения, состоит из инвертора, схемы предварительной обработки сигнала и микропроцессорной системы управления. Инвертор содержит три полумоста, в которых верхний и нижний ключи работают в противофазе. Компания Maxim предлагает большое количество полумостовых драйверов, например MAX15024/MAX15025, которые обеспечивают независимое управление верхним и нижним ключами на полевых транзисторах.

Для создания эффективной замкнутой системы управления асинхронным двигателем необходимы точные измерения трёхфазного тока двигателя, положения и скорости вращения ротора. Для точного измерения этих параметров в самых жёстких условиях работы компания Maxim предлагает множество токоизмерительных усилителей верхнего и нижнего плеча, датчики Холла и многоканальные аналого-цифровые преобразователи с одновременной выборкой.

Для генерации логических сигналов управления трёхфазным мостом микропроцессор использует данные о токе и положении ротора. Популярная технология управления с замкнутой петлей обратной связи, называемая векторным управлением, отделяет векторы тока возбуждения от магнитного потока статора, так что им можно управлять независимо, чтобы обеспечить быструю переходную характеристику.

Бесколлекторные двигатели постоянного тока: высокая надёжность при высокой выходной мощности

В бесколлекторных двигателях постоянного тока нет ни коллектора, ни щёток, поэтому они требуют меньше профилактических работ по сравнению с коллекторными двигателями постоянного тока. Они также обеспечивают большую выходную мощность на единицу объёма (frame size) по сравнению с асинхронными двигателями и коллекторными двигателями постоянного тока.

Статор бесколлекторного электродвигателя в целом похож на статор асинхронного двигателя. Однако его ротор может иметь различную форму, но в любом случае это — постоянный магнит. Этим магнитом определяется величина индукции через воздушный зазор, и ток статора на неё влияния не оказывает. Для бесколлекторных двигателей также необходимо каким-либо образом определять положение ротора. Для этих целей обычно используют датчики Холла, встроенные в статор. Когда магнитный полюс ротора проходит вблизи датчика Холла, сигнал показывает, какой это полюс — северный или южный. Компания Maxim предлагает несколько микросхем с датчиками Холла, например MAX9641*, которая упрощает конструкцию и способствует снижению затрат, поскольку в неё интегрированы два датчика Холла и цифровая логика, что обеспечивает выдачу информации о позиции и направлении вращения магнитного элемента.

Важность датчиков, преобразования сигналов и интерфейсов передачи данных

В систему управления электродвигателями с замкнутой обратной связью информация поступает от нескольких типов датчиков. Эти датчики также повышают надёжность, обнаруживая аварийные ситуации, которые могут привести к повреждению двигателя. В следующем разделе роль датчиков в системах управления электродвигателями рассматривается более подробно. Определённое внимание будет уделено токоизмерительным усилителям, датчикам Холла и магнитоэлектрическим (VR — variable reluctance) датчикам. К другим важным темам относятся многоканальный мониторинг токов и напряжений с высокоскоростным аналого-цифровым преобразованием и схемы интерфейса для передачи данных с энкодеров, необходимые для высокоточного управления электродвигателями.

Контроль и измерение тока

Контроль тока

Контроль и измерение тока, передача полученных данных — обычные действия для систем управления электродвигателями. Токоизмерительные усилители делают проще контроль втекающих в систему и вытекающих из неё токов при высоком уровне точности. Если используются токоизмерительные усилители, то отпадает необходимость в каких-либо первичных преобразователях, поскольку измеряется сам электрический сигнал. Токоизмерительные усилители обнаруживают короткие замыкания и переходные процессы, они также следят за потребляемой мощностью и могут обнаружить обратную полярность батареи.

Измерение тока

Существуют разные способы измерения тока, но до сих пор наиболее популярным остаётся использование токоизмерительных резисторов. Согласно этому способу, падение напряжения на токоизмерительном резисторе сначала усиливается операционным усилителем, а затем усиленное напряжение измеряется. Традиционно такой подход реализовывался на дискретных компонентах. Однако дискретные решения несвободны от некоторых недостатков, таких как требования к согласованности

резисторов, большой температурный дрейф и большая занимаемая площадь на плате. К счастью, от всех этих недостатков можно избавиться, воспользовавшись интегральными токоизмерительными усилителями. Усилители не только измеряют ток, но также определяют направление протекания тока, могут работать в широком диапазоне входных синфазных напряжений, а результаты измерений, сделанных с их помощью, более точны.

Ток измеряют либо в нижнем плече, когда измерительный резистор устанавливают последовательно между нагрузкой и землёй, либо в верхнем плече, когда его ставят между питанием и нагрузкой. При измерениях в нижнем плече синфазная составляющая входного напряжения мала, а выходное напряжение привязано к потенциалу земли. Недостаток этого метода состоит во внесении дополнительного нежелательного сопротивления между нагрузкой и землёй. При измерениях тока в верхнем плече нагрузка оказывается заземлённой, но сигнал с измерительного резистора содержит относительно большую синфазную составляющую. Измерение тока в верхнем плече позволяет обнаруживать такие аварийные ситуации, как замыкание на землю корпуса двигателя или его обмотки.



В токоизмерительных усилителях верхнего плеча компании Maxim, таких как MAX4080/MAX4081, используется токоизмерительный резистор, расположенный между положительным выводом источника питания и входом питания схемы, мониторинг которой производится. Такое размещение исключает внесение добавочного сопротивления на пути протекания тока нагрузки на землю, что существенно упрощает разводку платы и улучшает технические характеристики схемы в целом. Токоизмерительные интегральные схемы компании Maxim (например, MAX9918/MAX9919/MAX9920), которые могут работать с токами, протекающими как в одном, так и в обоих направлениях, имеются приборы как со встроенными токоизмерительными резисторами, так и без них. Такое разнообразие микросхем существенно увеличивает гибкость проектирования и упрощает выбор нужных компонентов для различных приложений с разными АЦП.

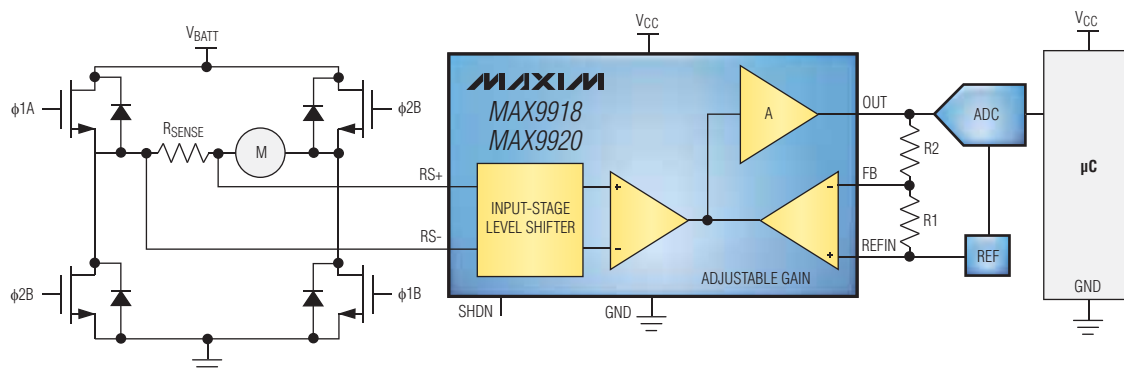
Прецизионные измерения тока улучшают управление электродвигателями

MAX9918/MAX9919/MAX9920

Микросхемы MAX9918/MAX9919/MAX9920 — это токоизмерительные усилители, способные работать с входным синфазным напряжением от -20 до $+75$ В. Усилители обеспечивают измерение одно-/двунаправленного тока в самых жёстких условиях работы, когда входное синфазное напряжение может становиться отрицательным. Так как усилители способны работать и с одно-, и с двунаправленными токами, это позволяет измерять в системе токи заряда и разряда. Одно напряжение питания сокращает время, требуемое на разработку, и снижает общую стоимость системы.

Преимущества

- **Надёжное функционирование в жёстких условиях работы, характерных для приводов электродвигателей**
 - Входное напряжение смещения V_{OS} не превышает 400 мкВ
 - Диапазон синфазных входных напряжений от -20 до $+75$ В позволяет надёжно измерять токи индуктивных нагрузок
 - Автомобильный диапазон рабочих температур от -40 до $+125^{\circ}\text{C}$
- **Интегрированные функциональные возможности снижают системные издержки и сокращают этап проектирования**
 - Измерение одно-/двунаправленных токов
 - Одно напряжение питания $4,5 \dots 5,5$ В исключает необходимость во втором источнике питания
 - Входное напряжение смещения V_{OS} не превышает 400 мкВ
 - Максимальная погрешность установленного усиления не более $0,6\%$



Токоизмерительные усилители MAX9918/9920 обеспечивают прецизионное измерение одно-/двунаправленного тока в жёстких условиях работы.

Определение скорости и направления вращения

Введение

Датчики Холла используются для измерения скорости и направления вращения электродвигателей, а также положения ротора. Затем датчики, благодаря интегрированной в них логике, передают эти данные в систему для организации обратной связи в режиме реального времени. Датчики также обнаруживают и сообщают о перебоих в работе электродвигателя, что позволяет предпринять некие корректирующие действия. Обычно для определения направления движения используют два датчика Холла.

Коммутационные процессы могут быть синхронизированы по фронтам сигналов, вырабатываемых датчиками Холла, если количество датчиков Холла в системе равно числу фаз электродвигателя, а геометрия этих датчиков соответствует электрической геометрии фаз электродвигателя. Выпускаемая компанией Maxim микросхема MAX9641* объединяет два датчика Холла и схему обработки сигналов, что позволяет ей вырабатывать выходные сигналы, информирующие о положении и направлении вращения ротора электродвигателя.

Датчики Холла могут также использоваться совместно со специальными интерфейсными схемами, такими как MAX9621. Интерфейсные устройства обеспечивают выполнение нескольких функций: защищают от переходных процессов в источнике, измеряют и

фильтруют ток, потребляемый датчиками Холла, и на основании этих измерений диагностируют аварийные ситуации и защищают от них.

Датчики Холла улучшают надёжность и повторяемость измерений по сравнению с системами на базе механических фотопрерывателей, которые плохо работают в условиях запылённости и высокой влажности. Так как датчики Холла детектируют магнитное поле, производимое магнитом или током, то они могут постоянно работать в таких неблагоприятных условиях.

В некоторых приложениях активные датчики могут сбиться из-за вибрации, пыли или высокой температуры. В таких ситуациях для контроля работы электромотора можно использовать пассивные компоненты, а получаемые данные передавать в систему с помощью интерфейсных микросхем. В качестве альтернативы, для работы в экстремальных условиях можно использовать магнитоэлектрические датчики (variable-reluctance — VR).

В VR-датчиках, интерфейс к которым обеспечивают такие микросхемы как MAX9924...MAX9927, для определения скорости и направления вращения электродвигателя используется катушка индуктивности. Когда зуб шестерни, размещённой на валу двигателя, проходит мимо магнита, величина магнитного потока, проходящего через магнит и, соответственно, катушку, изменяется. Когда зуб находится вблизи датчика, маг-



нитный поток максимален. Когда зуб проходит дальше, величина магнитного потока уменьшается. В результате вращающееся зубчатое колесо приводит к генерации изменяющегося во времени магнитного потока, который наводит в катушке соответствующее напряжение. Последующие электронные блоки обрабатывают этот сигнал, давая на выходе последовательность импульсов логического уровня. Временные параметры этих импульсов легко определить, также легко посчитать и количество самих импульсов. Интегральные интерфейсные схемы для работы с VR-датчиками обладают многими преимуществами по сравнению с другими решениями. Среди них повышенная стойкость к шумам и точная информация о фазах.

* Изделие готовится к выпуску — дальнейшие сведения у производителя.

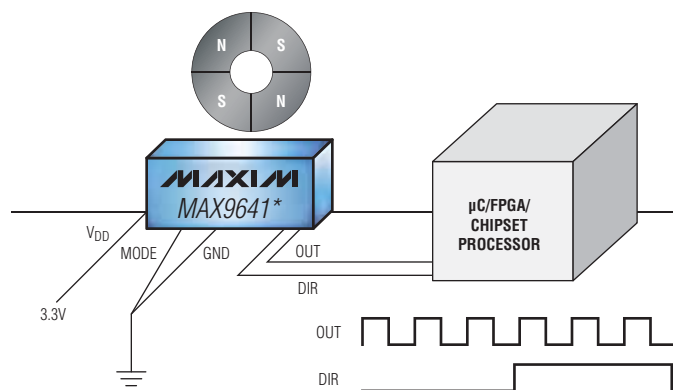
Возможность гибкой настройки входов делает конструкцию системы проще

MAX9641*

MAX9641 — сдвоенный ключ на основе датчиков Холла с ультранизким потреблением энергии. Три программируемых периода выборки (160 мкс, 500 мкс и 50 мс) обеспечивают гибкость выбора рабочей скорости. Имеется три значения порога срабатывания ключа, которые легко устанавливаются с помощью вывода настройки (adjust), что позволяет работать с различными магнитными материалами. Объединение в одной микросхеме двух ключей на базе датчиков Холла снижает стоимость системы. Встроенный логический коммуникационный интерфейс позволяет пользователю получать информацию о скорости и направлении движения детали с магнитом.

Преимущества

- **Улучшенные функциональные возможности делают конструкцию системы управления электродвигателем проще**
 - Устанавливаемый пользователем с помощью вывода RATE период выборки: 160 мкс, 500 мкс и 50 мс
 - Порог срабатывания ключа легко выбирается с помощью вывода ADJ
- **Высокая степень интеграции упрощает измерение скорости и определение направления вращения и снижает системные затраты**
 - В одну интегральную схему интегрированы два датчика Холла
 - Одновременное получение информации о направлении и скорости
 - Диапазон напряжений питания (от 1,7 до 5,5 В) обеспечивает совместимость с различными системами



Сдвоенный ключ на основе датчиков Холла.

* Изделие готовится к выпуску — дальнейшие сведения у производителя.

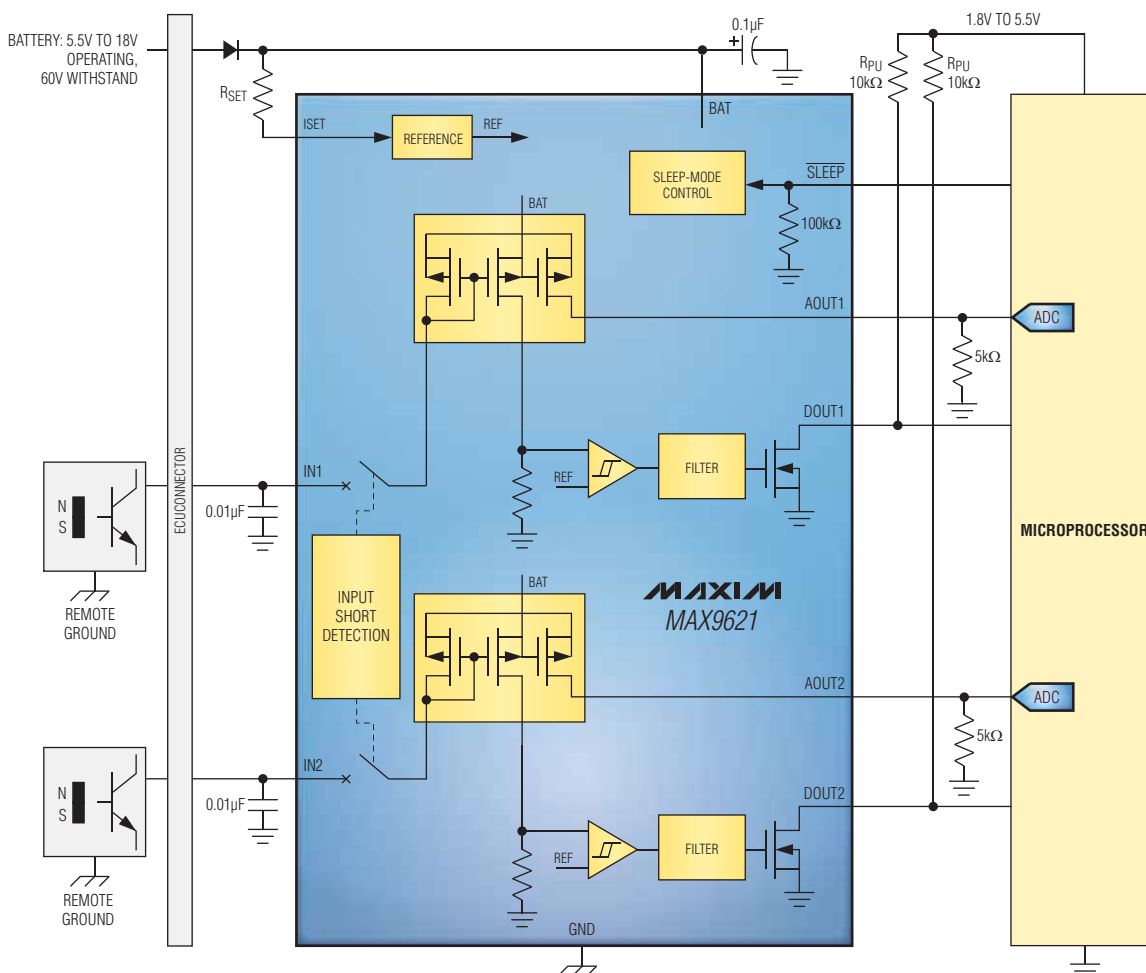
Высокоточный, надёжный контроль скорости вращения и положения ротора электродвигателя с помощью ИС интерфейса датчиков

MAX9621

MAX9621 — микросхема двойного двухпроводного интерфейса датчиков Холла с аналоговыми и цифровыми выходами. Она позволяет микропроцессору следить за состоянием двух датчиков Холла либо через аналоговый выход, повторяя ток датчика, либо с помощью отфильтрованного сигнала с цифрового выхода. Пороговое значение входного тока может быть привязано к магнитному полю. Микросхема MAX9621 обеспечивает ток питания два двухпроводных датчика Холла и работает в диапазоне напряжений питания от 5,5 до 18 В. Измерение тока производится в верхнем плече. Такая архитектура исключает необходимость в возвратном земляном проводе, не вносит сдвига в потенциал земли. Это решение на 50% снижает стоимость разводки.

Преимущества

- **Интегрированные функциональные возможности делают систему управления электродвигателем проще и дешевле**
 - Выбор аналогового или цифрового выходного сигнала для контроля состояния датчиков Холла
 - Измерение тока в верхнем плече исключает необходимость в возвратном земляном проводе и на 50% уменьшает стоимость разводки
- **Надёжное функционирование в жёстких условиях работы**
 - Защита от переходных выбросов напряжения питания до 60 В
 - Обнаружение коротких замыканий на землю позволяет защитить систему



Типовая схема включения интерфейса датчиков Холла MAX9621.

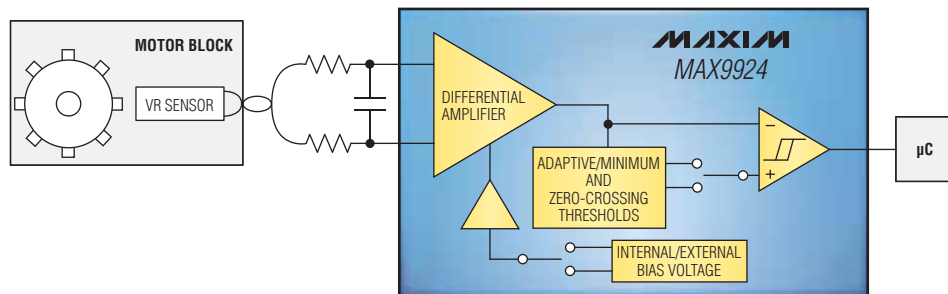
Интерфейсные микросхемы VR-датчиков улучшают характеристики и надёжность систем управления электродвигателями

MAX9924...MAX9927

Микросхемы интерфейса VR- или индукционных датчиков MAX9924...MAX9927 идеально подходят для измерения положения и скорости вращения валов электродвигателей, распределительных и трансмиссионных валов и других вращающихся деталей. В состав этих приборов входят прецизионный усилитель и компаратор с адаптивно выбираемым порогом пикового значения, а также детекторы перехода через ноль, которые надёжно генерируют выходные импульсы даже при значительных шумах системы или при чрезвычайно слабых сигналах VR-датчиков. Микросхемы MAX9924...MAX9927 обеспечивают интерфейс как к обычным, так и к дифференциальным VR-датчикам.

Преимущества

- **Высокая степень интеграции обеспечивает получение точной информации о фазе для прецизионного определения положения ротора**
 - Дифференциальная входная ступень улучшает помехозащищённость
 - Прецизионные усилитель и компаратор позволяют обнаруживать слабые сигналы
 - Детектор перехода через ноль обеспечивает получение точной информации о фазе



Упрощённая блок-схема интерфейса на базе MAX9924 между установленными на электродвигателе VR-датчиками и микроконтроллером.

Многоканальный контроль и измерение токов и напряжений

Введение

Для мониторинга состояния и управления электродвигателем необходимо проводить многоканальные измерения токов и напряжений с сохранением целостности фазовых соотношений между каналами. При выборе архитектуры блока аналого-цифровых преобразований у разработчиков есть два варианта. Можно использовать большое число параллельно-включённых одноканальных АЦП, однако спроектировать подобную схему сложно, так как очень трудно добиться синхронного преобразования сигналов всеми АЦП. Или применить многоканальный АЦП с одновременной выборкой. Эта архитектура предполагает наличие в одном корпусе либо множества АЦП, которые начинают цикл преобразований по единому сигналу запуска, либо множества устройств выборки и хранения (также называемых устройствами слежения и хранения). Во втором случае между устройствами выборки и хранения и одним АЦП также устанавливается мультиплексор. Одновременная выборка сигналов по всем каналам исключает

необходимость в сложных алгоритмах последующей цифровой обработки.

Для систем управления электродвигателями обычными являются скорости выборок в 100 000 выб./с (100 ksp/s) и выше. Работающие на этих скоростях АЦП осуществляют непрерывный мониторинг состояния электродвигателя, обнаруживая любые признаки возникновения возможных аварийных ситуаций, которые могут привести к поломке двигателя. При первом признаке проблемы система может предпринять необходимые корректирующие действия для исправления ситуации или, если понадобится, снять питание с двигателя. Если скорость осуществления выборок будет недостаточно высока, то может оказаться, что информация об ошибках будет поступать в систему слишком поздно, и предпринять какие-либо ответные корректирующие действия будет уже невозможно.

Необходимый динамический диапазон измерений определяется конкретным приложением. В неко-



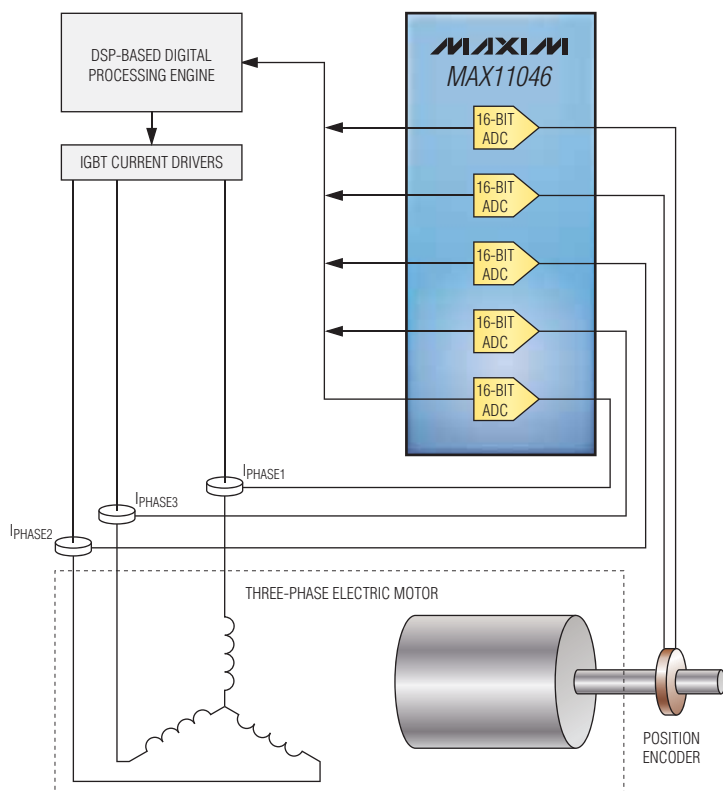
торых случаях достаточно разрешение 12 бит. Для более точных систем управления электродвигателями более распространено стандартное разрешение 16 бит. Высокопроизводительные 16-битные АЦП, такие как MAX1044 или MAX11049, позволяют достигнуть в системе динамического диапазона свыше 90 дБ.

Компания Maxim предлагает большую линейку АЦП с одновременной выборкой, разработанных для использования в системах управления электродвигателями. Выпускаются устройства с разрешением 12-, 14- и 16-бит, как с последовательным, так и с параллельным интерфейсом.

АЦП с одновременной выборкой: очень точное управление электродвигателем и повышение системной точности

MAX11044/MAX11045/MAX11046/ MAX11047/MAX11048/MAX11049

Аналого-цифровые преобразователи MAX11044... MAX11049 идеально подходят для систем управления электродвигателями, в которых требуется широкий динамический диапазон. Имея отношение сигнал/шум на уровне 93 дБ, данные АЦП обнаруживают самые незначительные изменения токов и напряжений электродвигателей, что позволяет обеспечить более точное определение параметров их работы во времени. Микросхемы MAX11046/MAX11045/MAX11044 позволяют одновременно выбирать аналоговые сигналы по восьми, шести или четырём входным каналам соответственно. Все АЦП имеют однополярное питания 5 В. Диапазон аналоговых входных сигналов MAX11044...MAX11046 равен ± 5 В, а MAX11047...MAX11049 — 0...5 В. Все АЦП имеют на аналоговых входах схемы фиксации, что исключает необходимость установки в каждом канале внешнего буфера.



АЦП MAX11046 может проводить одновременную выборку входных аналоговых сигналов по 8 каналам.

Преимущества

- **Один из лучших в отрасли динамических диапазонов обеспечивает раннее обнаружение ошибок**
 - Отношение сигнал/шум (SNR): 93 дБ, суммарный коэффициент нелинейных искажений (THD): -105 дБ
- **Одновременная выборка исключает необходимость в программном вычислении фазовых соотношений**
 - Имеются АЦП с одновременной выборкой по 8, 6 и 4 каналам
- **Снижение системных затрат почти на 15% по сравнению с использованием конкурирующих АЦП с одновременной выборкой**
 - Высокий входной импеданс позволяет сэкономить на дорогих прецизионных ОУ
 - Биполярный вход исключает необходимость в схеме сдвига уровня
 - Одно напряжение питания 5 В
 - Защита по току: 20 мА
- **Исключение внешних компонентов защиты, снижение стоимости и занимаемой площади платы**
 - Интегрированные схемы фиксации на аналоговых входах и миниатюрный (8 × 8 мм) корпус TQFN обеспечивают самую высокую плотность монтажа на канал

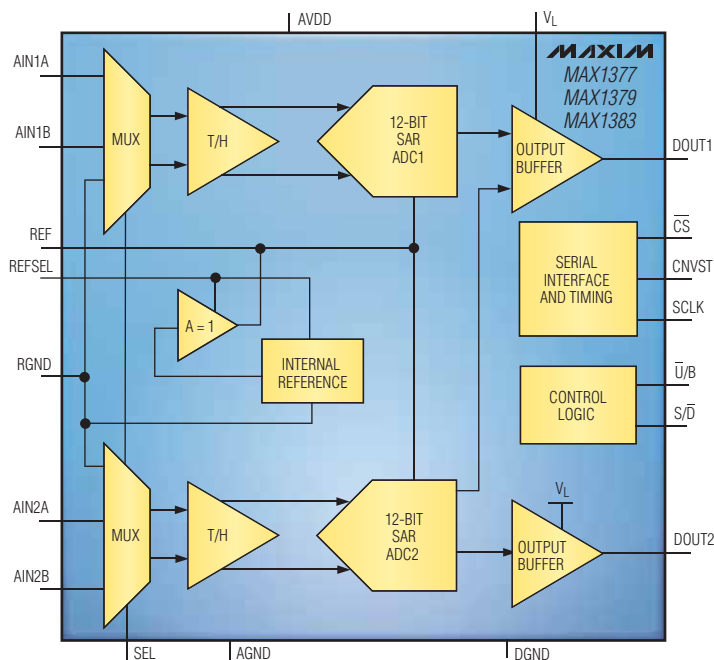
Скорость 1,25 Мвыб./с — быстрое обнаружение отклонений в работе электродвигателя

MAX1377/MAX1379/MAX1383

В микросхемы MAX1377/MAX1379/MAX1383 интегрирована пара АЦП последовательного приближения, которые одновременно осуществляют выборку сигналов с двух дифференциальных входов. Такая конструкция позволяет одновременно производить выборку сигналов тока и напряжения, сохраняя целостность информации о фазовом соотношении между сигналами в двух каналах. АЦП MAX1377 (0...5 В), MAX1379 (0...10 В) и MAX1383 (± 10 В) обеспечивают выборку сигналов со скоростью 1 250 000 выб./с (1,25 Msps), позволяя производить постоянный мониторинг состояния электродвигателя при различных диапазонах изменения аналоговых входных сигналов. Обмен информацией с этими АЦП осуществляется по 4-проводному последовательному интерфейсу SPI™, что снижает затраты и, благодаря снижению числа внешних изолирующих компонентов, уменьшает площадь платы по сравнению с аналогичными высокоскоростными АЦП с параллельным интерфейсом.

Преимущества

- **Сохранение целостности фазовой информации, уменьшение занимаемой площади платы**
 - Одновременная выборка по нескольким каналам
 - Два дифференциальных или четыре несимметричных входных канала
- **Упрощение передачи данных, снижение затрат и уменьшение площади платы благодаря снижению числа изолирующих компонентов**
 - 4-проводной SPI-интерфейс позволяет уменьшить число требуемых изолирующих компонентов по сравнению с АЦП с параллельным интерфейсом передачи данных
- **Постоянный мониторинг с высокой скоростью выборки**
 - Два встроенных АЦП осуществляют выборку со скоростью 1,25 Мвыб./с



В MAX1377/MAX1379/MAX1383 интегрированы два АЦП для осуществления одновременной выборки.

Интерфейс энкодеров для высокоточного управления

Введение

Точность, с которой необходимо управлять электродвигателями, зависит от системных требований. В некоторых приложениях, например в промышленных роботах или линиях розлива бутылок, требования к точности очень высоки. Скажем, ожидается, что сварочный робот будет работать с высокой скоростью и точностью. Аналогично, необходимо точно управлять электродвигателями на линии розлива, чтобы бутылки останавливались в нужных местах для наполнения, закручивания крышки и наклейки этикетки. Для точного управления электродвигателями следует получать информацию о скорости и направлении вращения и положении ротора. Эти данные можно получить с помощью аналоговых датчиков, таких как резольверы (круговые датчики положения), сельсины, вращающиеся дифференциальные трансформаторы или поворотные потенциометры. Высокую точность обеспечивают энкодеры, например: оптические или на основе датчиков Холла. Энкодеры передают контроллеру информацию о приращении и/или об абсолютном значении угла поворота вала.

Контроллер электродвигателя, обычно алгоритмически реализованный на DSP-процессоре (процессор цифровой обработки сигнала), рассчитывает текущие значения скорости и угла поворота ротора. Он подстраивает силовые каскады привода так, чтобы эффективно и оптимальным образом добиться желаемого отклика. Для такого замкнутого управления с обратной связью требуется помехоустойчивая и надёжная информация от датчиков. Данные при этом обычно передаются от энкодера к контроллеру по длинным кабелям.

Инкрементная информация обычно передаётся контроллеру квадратными сигналами, т. е. двумя сигналами, сдвинутыми по фазе на 90°. Это могут быть аналоговые (синус + косинус) или двоичные сигналы. Информация об абсолютном положении, напротив, передаётся только потоком двоичных данных через последовательные интерфейсы RS-482 или RS-422.

Из-за неблагоприятных рабочих условий пути передачи данных должны быть помехоустойчивыми и надёжными. Высокий уровень электромагнитных помех оправдывает использование диффе-



ренциальных пар для передачи сигналов. Также обычной является работа при повышенных температурах, что связано с близостью электродвигателя.

Широкая номенклатура микросхем интерфейсов RS-485/RS-422 и PROFIBUS компании Maxim предназначена как раз для систем управления электродвигателями. Интерфейсные микросхемы, подобные высокоскоростному приёмопередатчику RS-485 MAX14840E показывают высокую целостность передаваемых данных и надёжность, соответствующие строгим требованиям безопасности. Применение таких микросхем позволяет обеспечить длительную непрерывную работу устройств, приобретение и запуск которых требует крупных капиталовложений.

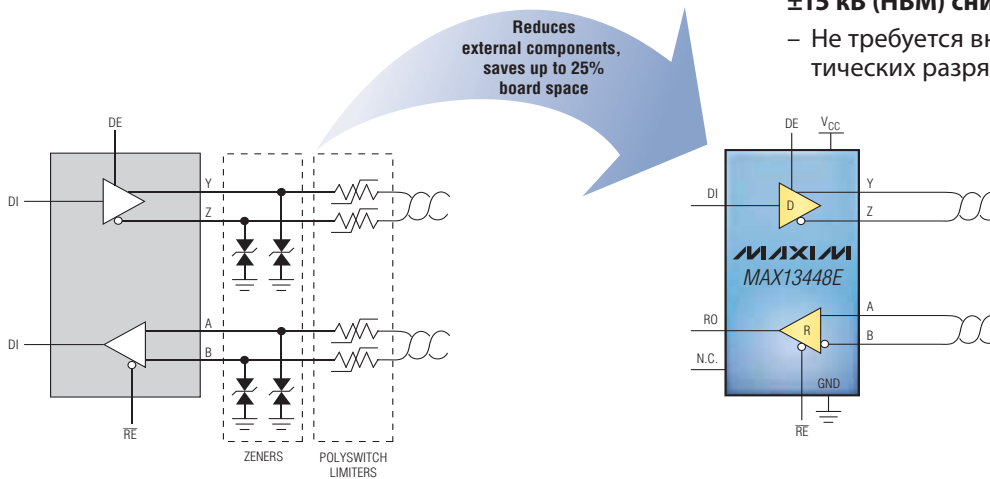
Сделайте оборудование более надёжным с помощью защищённых приёмопередатчиков RS-485

**MAX13448E, MAX3440E...MAX3444E,
MAX13442E/MAX13443E/MAX13444E, MAX3430**

В приложениях, в которых шины питания и линии передачи данных проложены в одном кабеле, всегда существует опасность возникновения аварийных ситуаций из-за ошибок разводки, коротких замыканий между проводами внутри кабеля или появления вызванных наводками бросков напряжения в коммуникационных линиях. Семейства защищённых приёмопередатчиков RS-485 MAX13448E, MAX3440E, MAX13442E и MAX3430 от компании Maxim имеют встроенную защиту от бросков напряжений до ± 80 В.

Преимущества

- **Встроенная защита от перенапряжений ± 80 В позволяет создавать энкодеры меньших размеров**
 - Уменьшение размеров платы и стоимости за счёт исключения схем защиты на дискретных компонентах
 - Выполнение требований к высокоскоростному интерфейсу RS-485, несмотря на наличие защиты
 - Снижение числа возвратов из-за ошибок при подключении
- **Наличие нескольких конфигураций увеличивает гибкость конструкции**
 - Наличие вариантов микросхем, рассчитанных на питание 3,3 или 5 В, позволяет использовать современные низковольтные источники питания
 - Возможность дуплексного и полудуплексного обмена данными позволяет подобрать вариант микросхемы для любых энкодеров
 - Варианты микросхем на 250 Кбит/с и 10 Мбит/с обеспечивают поддержку современных требований к скорости передачи данных от энкодеров
- **Защита от электростатических разрядов до ± 15 кВ (НВМ) снижает стоимость и габариты**
 - Не требуется внешняя защита от электростатических разрядов



Микросхема	Напряжение питания V_{CC} [В]	Конфигурация	Защита [В]
MAX13448E	3,3...5	дуплекс	± 80
MAX3440E-44E	5	полудуплекс	± 60
MAX13442E/43E/44E	5	полудуплекс	± 80
MAX3430	3,3	полудуплекс	± 80

Семейство приёмопередатчиков RS-485 компании Maxim — это высокая степень интеграции, способствующая снижению затрат и уменьшению площади платы.

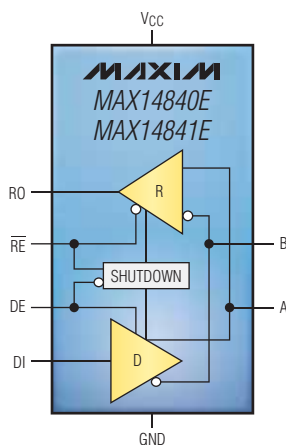
Увеличьте длину кабелей в жёстких условиях работы систем управления электродвигателями с помощью высокоскоростных приёмопередатчиков RS-485

MAX14840E/MAX14841E

Высокоскоростные (40 Мбит/с) полудуплексные приёмопередатчики RS-485 MAX14840E/MAX14841E с напряжением питания 3,3 В идеально подходят для промышленных приложений, в которых требуется передавать данные по очень длинным кабелям. Особенность микросхемы MAX14840E — симметричный, отказоустойчивый приёмник с увеличенным гистерезисом. Это улучшает подавление шумов и выделение полезных сигналов в приложениях с высокоскоростным обменом данными по длинным кабелям. У микросхемы MAX14841E входы приёмника являются по-настоящему отказоустойчивыми, гарантируя, что при их коротком замыкании или обрыве на выходе приёмника всегда будет высокий логический уровень. Приёмопередатчики MAX14840E/MAX14841E являются идеальным решением для работающих в жёстких условиях систем управления электродвигателями.

Преимущества

- **Повышение надёжности при установке и работе с оборудованием в местах, где возможно образование сильных электростатических зарядов**
 - Самая лучшая в отрасли защита от электростатических разрядов
 - ± 35 кВ по модели человеческого тела (HBM)
 - ± 20 кВ IEC 61000-4-2 (воздушный зазор)
 - ± 10 кВ IEC 61000-4-2 (контакт)
- **Надёжное функционирование при размещении вблизи электродвигателей, работающих при высоких температурах, и в самой неблагоприятной электромагнитной обстановке**
 - Широкий диапазон рабочих температур: $-40 \dots +125^\circ\text{C}$
- **Возможность создания малогабаритных энкодеров**
 - Занимающий мало места на плате, миниатюрный (3×3 мм) 8-выводной корпус TDFN



Блок-схема приёмопередатчиков MAX14840/MAX14841E.

Приёмопередатчик, соответствующий стандартам PROFIBUS DP,
с защитой от электростатического разряда ± 35 кВ

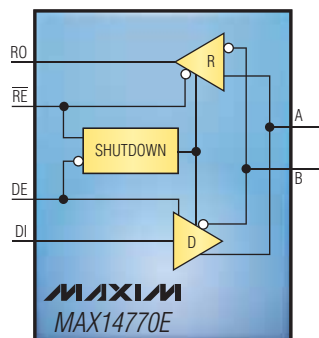


MAX14770E

Приёмопередатчик PROFIBUS DP MAX14770E соответствует строгим стандартам PROFIBUS с дифференциальным напряжением на выходе драйвера более 2,1 В и увеличивает ёмкость шины всего на 8 пФ. Надёжная защита от электростатического разряда (± 35 кВ, НВМ), автомобильный диапазон рабочих температур и миниатюрный 8-выводной корпус TQFN делают MAX14770E идеальным выбором для приложений, имеющих ограничения по габаритам и работающих в жёстких условиях промышленного производства.

Преимущества

- **Лёгкость подключения к сетям PROFIBUS**
 - Соответствует спецификациям EIA 61158-2 Тип 3 PROFIBUS DP
 - Температурный диапазон $-40...+125^{\circ}\text{C}$ позволяет использовать микросхемы в экстремальных условиях
- **Уменьшение площади платы**
 - Миниатюрный 8-выводной корпус TQFN размером 3×3 мм
- **Улучшение надёжности благодаря наилучшей в промышленности защите от электростатического разряда**
 - ± 35 кВ по модели человеческого тела (НВМ)
 - ± 20 кВ IEC 61000-4-2 (воздушный зазор)
 - ± 10 кВ IEC 61000-4-2 (контакт)



Блок-схема MAX14770E.

Рекомендуемые решения

Микросхема	Описание	Особенности	Преимущества
АЦП			
MAX11044/45/46 MAX11047/48/49	16-битные, 4-/6-/8-канальные АЦП последовательного приближения с одновременной выборкой	Отношение сигнал/шум (SNR) 93 дБ; коэффициент нелинейных искажений (THD) –105 дБ; входной диапазон 0...5 В или ±5 В; параллельный интерфейс на выходе; скорость выборки по всем каналам 250 Квыб./с; высокий входной импеданс (> 1 МОм)	Снижение стоимости и уменьшение площади платы благодаря отказу от внешнего усилителя, который не нужен из-за высокого входного импеданса
MAX1377/MAX1379/ MAX1383	12-битные 4-канальные АЦП последовательного приближения с одновременной выборкой	Входные диапазоны 0...5 В, 0...10 В или ±10 В; отношение сигнал/шум (SNR) 70 дБ; четыре обычных или два дифференциальных входа; интерфейс SPI	Последовательный интерфейс позволяет сэкономить средства и уменьшить площадь платы за счёт сокращения числа изолирующих компонентов
MAX11040	24-битный 4-канальный сигма-дельта АЦП с одновременной выборкой	Отношение сигнал/шум (SNR) 117 дБ; 64 Квыб./с; встроенный источник опорного напряжения; интерфейс SPI; 38-выводной корпус TSSOP	Снижение сложности программного обеспечения систем управления двигателями; получение точной информации о фазе и амплитуде — до 32 каналов
MAX11103	12-битный, 2-канальный АЦП последовательного приближения; 3 Мвыб./с	Отношение сигнал/шум (SNR) 73 дБ; интерфейс SPI; большая полностью линейная полоса пропускания 1,7 МГц; одноканальная (SOT23) и двухканальная (μMAX®, TDFN) модель	Снижение площади платы благодаря миниатюрным корпусам SOT23, μMAX и TDFN; последовательный интерфейс делает проще передачу данных
Токоизмерительные усилители			
MAX9918/19/20	75-В прецизионные источники тока	Входной измерительный диапазон –20...+75 В	Использование в различных токоизмерительных схемах систем управления электродвигателями благодаря широкому динамическому диапазону
MAX4080/81	75-В источники одно-/двунаправленного тока	Высоковольтный вход; двунаправленный источник тока	Контроль направления протекания тока (втекает или вытекает) в широком диапазоне напряжений на входе
MAX4210	Усилитель для измерения мощности и тока с обнаружением аварийных ситуаций и флагом оповещения	Непрерывный контроль энергопотребления и системного тока	Интегрированные функциональные возможности уменьшают время разработки систем управления электродвигателями
Операционные усилители			
MAX9943/44	Высоковольтные прецизионные операционные усилители с низким энергопотреблением	Широкий диапазон напряжений питания 6...38 В; полоса пропускания 2,4 МГц; выдерживает выбросы напряжения до 40 В на любом выводе	Надёжное функционирование в жёстких рабочих условиях
MAX9945	Малощумящий операционный усилитель с МОП-входами и низким энергопотреблением	Диапазон напряжений питания 4,75...38 В; низкие входные токи; низкий входной ток шумов; выдерживает выбросы напряжения до 40 В на любом выводе	Надёжное функционирование в жёстких рабочих условиях
MAX9650/51	20-В операционный усилитель с мощным выходом	Ток нагрузки до 1,3 А	Надёжная помехоустойчивая конструкция; повышенная стойкость к шумам при работе в контуре обратной связи систем управления электродвигателями
Микросхемы интерфейса VR-датчиков			
MAX9924...MAX9927	Устройства интерфейса датчиков с изменяющимся магнитным сопротивлением (магниторезистивными или индукционными)	Встроенные прецизионный усилитель и компаратор для обнаружения слабых сигналов; по выбору пользователя задание пикового порогового значения с помощью внутренней или внешней схемы	Точное определение положения, скорости вращения и числа оборотов вала электродвигателя; улучшение характеристик и повышение надёжности систем управления электродвигателями
Датчики Холла и схемы интерфейса			
MAX9641*	Сдвоенный датчик Холла	Выбор периода выборки: 160 мкс/500 мкс/50 мс; устанавливаемые пороговые значения	Упрощение конструкций систем управления электродвигателями; обеспечение гибкости
MAX9621	Сдвоенная схема двухпроводного интерфейса датчиков Холла	Контроль состояния датчика Холла либо через аналоговый выход, либо с помощью отфильтрованного сигнала с цифрового выхода	Наличие аналогового и цифрового выходов обеспечивает гибкость при проектировании

(Продолжение на следующей странице)

* Изделие готовится к выпуску — дальнейшие сведения у производителя.

Рекомендуемые решения *(продолжение)*

Микросхема	Описание	Особенности	Преимущества
Измерение температуры			
DS7505	Низковольтный прецизионный цифровой термометр и термостат	Точность $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от 0 до $+70^{\circ}\text{C}$; напряжение питания 1,7...3,7 В; стандартная цоколёвка выводов	Стандартная цоколёвка выводов позволяет легко установить данную микросхему вместо LM75 с целью повышения точности измерений и снижения напряжения питания
MAX6675	Преобразователь сигнала терморпары К-типа в цифровой формат	Встроенная схема компенсации температуры холодного спая	Самый простой интерфейс терморпары; не требуются никакие внешние компоненты
Супервизоры напряжения			
MAX6381	Супервизор напряжения	Несколько вариантов выбора порогового значения и таймаута	Гибкость и простота повторного использования в разных проектах; уменьшение занимаемой площади платы благодаря миниатюрному корпусу SC70
MAX6495	72-В устройство защиты от перенапряжения	Защита от бросков напряжения до 72 В; миниатюрный 6-выводной корпус TDFN-EP	Увеличение надёжности системы благодаря предотвращению повреждения компонентов высоковольтными бросками напряжения при переходных процессах; экономия площади платы; простота использования
MAX6720	Супервизор трёх напряжений	Два фиксированных и одно подстраиваемое пороговое напряжение	Снижение габаритов благодаря высокой степени интеграции и увеличение надёжности по сравнению с решениями с большим числом компонентов
MAX6816/17/18	Подавители дребезга на 1/2/8 ключей	Защита от электростатического разряда ± 15 кВ (HBM)	Высокая надёжность, простота использования; защита от электростатических разрядов
Интерфейсные приёмопередатчики			
MAX14840E	Высокоскоростной приёмопередатчик RS-485	Скорость передачи данных 40 Мбит/с; защита от электростатических разрядов ± 35 кВ (HBM); напряжение питания 3,3 В; рабочая температура до $+125^{\circ}\text{C}$; миниатюрный корпус TQFN (3×3 мм)	Высокая чувствительность приёмника и гистерезис позволяют использовать более длинные кабели в жёстких условиях систем управления электродвигателями
MAX13448E	Защищённый приёмопередатчик RS-485	Защита от перенапряжения до ± 80 В; дуплекс; напряжение питания 3...5,5 В	Делает оборудование более надёжным, не выходящим из строя в случае ошибок при подключении
MAX14770E	Приёмопередатчик PROFIBUS	Защита от электростатического разряда ± 35 кВ (HBM); автомобильный диапазон температур $-40...+125^{\circ}\text{C}$; миниатюрный корпус TQFN (3×3 мм)	Наилучшая в классе защита от электростатического разряда; увеличение надёжности систем управления электродвигателями
MAX3535E	Изолированный приёмопередатчик RS-485	Рабочее напряжение 3...5 В; напряжение изоляции 2500 В (rms); защита от электростатического разряда ± 15 кВ (HBM)	Простое решение для гальванической изоляции линий передачи данных от источника питания
MAX253	Драйвер трансформатора для изолированного питания с интерфейсами RS-485/PROFIBUS	Источник питания 5 или 3,3 В; низкий ток в режиме ожидания 0,4 мкА; выбор частоты 350 или 200 кГц; корпус μMAX	Простая схема без обратной связи ускоряет создание источника питания и уменьшает время выхода на рынок

(Продолжение на следующей странице)

Рекомендуемые решения (продолжение)

Микросхема	Описание	Особенности	Преимущества
DC/DC-преобразователи и контроллеры			
MAX5080/81	Понижающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом	V_{IN} от 4,5/7,5 до 40 В; V_{OUT} от 1,23 до 32 В; переход в режим с пропуском импульсов при малой нагрузке; интегрированный верхний ключ	Интегральные DC/DC-преобразователи с питанием непосредственно от силовой шины позволяют снизить затраты
MAX5072	Понижающий или повышающий преобразователь с интегрированным ключом и двумя выходными напряжениями	V_{IN} от 4,5 до 5,5 В или от 5,5 до 23 В; V_{OUT} от 0,8 В (понижающая конфигурация) до 28 В (повышающая конфигурация). Выходы конфигурируются для работы в схеме понижающего или повышающего преобразователя	Улучшение надёжности благодаря контролируемому пусковому току, отключению при перегреве и защите от короткого замыкания на выходе
MAX15023	Контроллер синхронного понижающего преобразователя с двумя выходными напряжениями и широким диапазоном (4,5...28 В) входных напряжений	V_{IN} от 4,5 до 28 В; V_{OUT} от 0,6 В до $0,85V_{IN}$; режим защиты от короткого замыкания на выходе запретом прохождения управляющих импульсов на определённое время (hiccup mode — «икающий» режим)	Тепловая защита и защита от короткого замыкания
MAX15034	Контроллер синхронного понижающего преобразователя с одним/двумя выходами для приложений с высоким выходным током	V_{IN} от 4,75 до 5,5 В или от 5,5 до 28 В; V_{OUT} от 0,61 до 5,5 В; выходной ток до 25 или до 50 А	Тепловая защита и монотонный старт защищают питаемые устройства; увеличение надёжности
MAX15048/49	3-канальные DC/DC-контроллеры с поддержанием заданного отношения/последовательным включением выходных напряжений	V_{IN} от 4,7 до 23 В; V_{OUT} от 0,6 до 19 В; поддержание отношения выходных напряжений; последовательное включение выходных напряжений	Уменьшение габаритов и затрат благодаря интеграции трёх импульсных контроллеров
Драйверы MOSFET/выпрямителей			
MAX15024/25	Драйверы FET-транзисторов	Одиночные/сдвоенные; задержка распространения сигнала 16 нс; высокие втекающие/вытекающие токи; улучшенный корпус TDFN, рассеивающий мощность 1,9 Вт	Упрощение конструкции благодаря очень малой задержке распространения сигнала и корпусу с улучшенным теплоотводом
MAX5048 MAX5054/55/56/57 MAX5078	Драйверы FET-транзисторов	От 4 до 7,6 А, от 12 до 20 нс; одиночные/сдвоенные драйверы полевых транзисторов	Увеличение гибкости схем благодаря наличию инвертирующих/неинвертирующих входов управления полевыми транзисторами

Список рекомендованных компаний Maxim решений для систем управления электродвигателями можно найти на сайте www.maxim-ic.com/motordrive.