Константин Староверов

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ON SEMICONDUCTOR ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Сегодня к устройствам управления шаговыми двигателями предъявляются новые требования. Разработчики нуждаются в изделиях, которые помимо драйверного каскада интегрируют множество других функциональных блоков, позволяющих упростить и ускорить процесс проектирования. Именно к таким относятся ИС из семейства ***AMIS-30xxx*** *компании* ***ON Semiconductor.***

Основой разнообразных исполнительных механизмов, в т.ч. фото- и видеотехники, игровых манипуляторов, принтеров и сканеров, светодинамических установок, HVAC-систем, медицинской техники, робототехники и многого другого, является шаговый двигатель (ШД). В отличие от серводвигателей, которым свойственна плавность вращения ротора, ШД работает в дискретном режиме и совершает за один оборот ротора n шагов. Однако сам по себе такую функциональность двигатель обеспечить не может. Он нуждается в дополнении специальным устройством – драйвером, предназначенным для коммутации обмоток двигателя в последовательности, которая соответствует заданной команде (требуемое угловое перемещение). Одно из недавних достижений полупроводниковой промышленности – возможность объединения в одном кристалле ИС аналоговых и силовых каскадов на повышенные напряжения, а также низковольтных цифровых каскадов – сделало возможным появление полностью интегрированных контроллеров шаговых двигателей. Реализованные на базе таких ИС платы контроллеров обладают столь малыми размерами, что могут стать частью самого двигателя, который в таком случае можно назвать интеллектуальным (“smart”). Пример такого двигателя показан на рисунке 1. Здесь демонстрируется практическое воплощение идеи создания шагового электродвигателя, управляемого через шину CAN. Для этого на плате предусмотрены интегральные схемы драйвера шагового двигателя, микроконтроллера и интерфейса CAN.

Представленный на рисунке 1 ШД относится к биполярному типу, который, в отличие от униполярных и бифилярных, является более простым по конструкции (каждый полюс образован только одной обмоткой без среднего отвода, используется 4-проводное подключение) и позволяет при прочих равных условиях развить более высокую мощность. Однако за эти улучшения приходится платить более сложной схемой коммутации. Если униполярный двигатель требует для управления каждой фазой лишь двух сравнительно недорогих коммутаторов низкого уровня, то биполярный ШД требует еще двух дополнительных коммутаторов высокого уровня для образования схемы полномостового коммутатора. Такая особенность более перспективного с прикладной точки зрения биполярного ШД может привести к удорожанию решений на основе дискретных компонентов и, как следствие, заставить задуматься о применении униполярных ШД. Впрочем, эта проблема уже не столь актуальна, ввиду доступности полностью интегрированных решений для управления биполярными ШД, которые дают возможность в полной мере пользоваться преимуществами таких двигателей и предоставляют несколько источников для снижения себестоимости конечной продукции. Выпуск таких решений осуществляет ряд ведущих производителей электронных компонентов, например, Texas Instruments, STMicroelectronics и Allegro. Однако на их фоне выделяется продукция еще одного лидера – компании ON Semiconductor. Выпускаемые этой компанией интегральные схемы контроллеров/драйверов биполярных ШД AMIS-30xxx по совокупности особенностей и преимуществ можно назвать лидерами в своем классе.

В семейство AMIS-30xxx входит семь представителей, различающиеся интерфейсом управления, поддержкой некоторых функций и электрическими характеристиками (см. рисунок 1 и таблицу 1). Данные ИС по уровню интеграции можно разделить на ИС начального и продвинутого уровней. Начальный уровень интеграции предоставляют ИС AMIS-305xx. Интерфейс

Интегрированные решения для управления биполярными шаговыми двигателями дают возможность в полной мере пользоваться преимуществами таких двигателей над униполярными и бифилярными. Выпускаемые компанией ON Semiconductor интегральные схемы контроллеров/драйверов биполярных шаговых двигателей AMIS-30xxx по совокупности особенностей и преимуществ можно назвать лидерами в своем классе.

Рис. 1. **Пример интеллектуального шагового двигателя**

Таблица 1. **Основные технические характеристики однокристальных драйверов/контроллеров ШД компании ON Semiconductor**

Характеристика	AMIS						
	-30511	-30512	-30521	-30522	-30622	-30623	-30624
Рабочее напряжение, В	6…30	6…30	6…30	6…30	6…30	8…29	6…30
Средний выходной ток, А	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4	0,57	0,4
Импульсный выходной ток, А	0,8	0,8	1,6	1,6	0,8	0,8	0,8
RDSon (25°C) ,Ом	0,45	0,45	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5
Частота коммутации, кГц	45	45	45	45	45	45	45
Управление положением	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть
Дискретность микрошагов	1/32	1/32	1/32	1/32	1/16	1/16	1/16
Обнаружение опрокида	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть
Вход NXT	Есть	Есть	Есть	Есть	–	–	–
Выход SLA	Есть	Есть	Есть	Есть	–	–	–
Интерфейс связи	SPI	SPI	SPI	SPI	I²C	LIN	I²C
Встроенный стабилизатор напряжения, доступный для питания внешней схемы (5В)	–	Есть	–	Есть	Есть	Есть	Есть
Рабочий температурный диапазон,°C	-40…125						
Тип корпуса	SOIC24	SOIC24	NQFP32	NQFP32	SOIC20	SOIC20 NQFP32	SOIC20

управления у них образован последовательным портом SPI для конфигурирования и мониторинга и специализированными линиями ввода-вывода, в том числе для управления ШД. Работая совместно с внешним микроконтроллером (МК), ИС AMIS305xx выполняет преобразование заданной команды управления путем генерации на выходе драйверного каскада ШИМ-сигналов. В самом простом виде управление двигателем осуществляется идентично реверсивному счетчику через вход задания направления (DIR) и импульсный вход выполнения микрошага (NXT). Такой интерфейс управления позволяет существенно снизить нагрузку на управляющий МК, так как он полностью избавляется от необходимости генерации ШИМ-сигналов по определенной закономерности. Высвобожденное процессорное время может быть направлено на реализацию функций управления несколькими ШД или на сокращение микрошага, делающее вращение более плавным, с меньшей вибрацией и с повышенным моментом на малых скоростях. Важным преимуществом рассматриваемых ИС является интегрирование в них схемы контроля обратных ЭДС на обмотках двигателя. Данная функция открывает широкие возможности по контролю и анализу работы ШД, обнаружению пропуска шага и возврата на шаг назад, введению обратных связей по положению и скорости, не требуя при этом применения в схеме каких-либо дополнительных внешних компонентов. Возможность отслеживания сигнала обратной ЭДС предусмотрена на выводе SLA. Данный вывод может быть подключен ко входу МК для решения перечисленных выше задач или использован в качестве контрольной точки, позволяющей непосредственно на объекте проанализировать характеристики системы. В частности, – определить резонансные частоты и области неустойчивой работы. Для облегчения задачи обработки сигнала на выходе SLA в ИС интегрирована логика контроля скорости и угловых перемещений, результат работы которой может быть считан через 4-проводной последовательный интерфейс SPI. Через этот интерфейс также можно получить информацию об амплитуде тока и состоянии диагностических флагов (обрыв или короткое замыкание на выходах, перегрев), а также задать разрешающую способность микрошагов (семь режимов от полного шага до 32 микрошагов), частоту ШИМ, диапазон выходных токов и др.

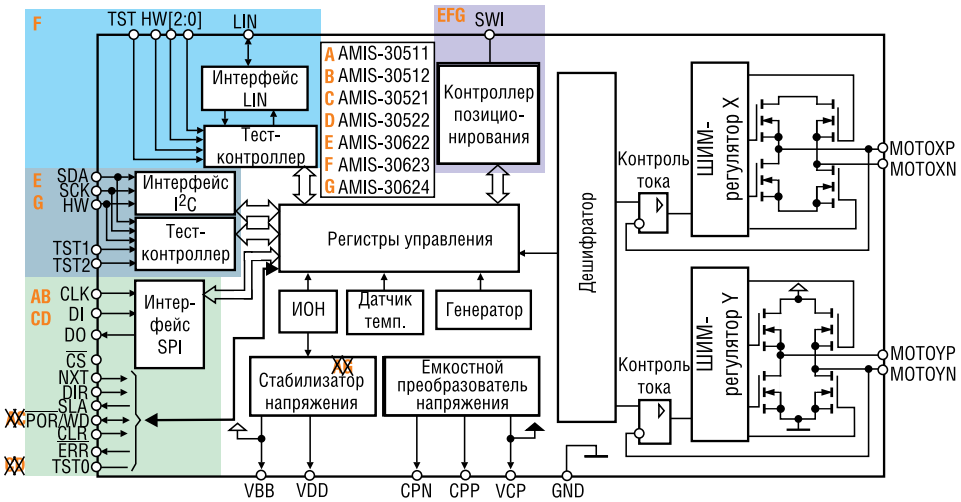

Рис. 2. **Обобщенная функциональная схема однокристальных драйверов/контроллеров ШД компании ON Semiconductor**

Помимо контроля обратной ЭДС, снизить себестоимость конечного решения позволяет реализованная у ИС AMIS-30xxx функция контроля тока. Она не требует применения токовых шунтов или тем более специальных датчиков тока. Величина тока оценивается косвенным методом по падению напряжения на канале одного из встроенных MOSFET-транзисторов в нижнем уровне выходного коммутатора (см. рисунок 1).

Добиться еще большего снижения себестоимости решения, его размеров и сроков вывода на рынок позволяют ИС с продвинутым уровнем интеграции – **AMIS-306xx.** Они отличаются интеграцией контроллера позиционирования, заменой двух интерфейсов (SPI и логические входы/выходы) на единый двух- или однопроводной последовательный интерфейс контроля и управления (I²C или LIN, соответственно), а также поддержкой функции обнаружения несанкционированного возврата на шаг (избавляет от необходимости программного

анализа сигнала SLA, как требуется в случае применения ИС AMIS-305xx).

Контроллер позиционирования предназначен для управления разгоном и замедлением двигателя по определенной диаграмме скорости с программируемыми значениями минимальной и максимальной скорости, ускорения/замедления; для определения исходного положения ротора и перевода его в заданное положение; а также для контроля состояния внешнего контакта на входе SWI.

Функциональная схема драйверов/контроллеров семейства AMIX-30xxx показаны на рисунке 2.

Убедиться в преимуществах использования полностью интегрированного решения управления ШД компании ON Semiconductor поможет рисунок 3. Здесь представлена схема включения ИС **AMIS-30623** со встроенным интерфейсом LIN (в т.ч. физический, MAC- и LCC-уровни). Схема работает как подчиненный узел шины LIN, широко использующейся в автомобильных и индустриальных применениях. Для защиты ИС от действия переходных напряжений к выводу LIN внешне подключен ограничитель напряжения в виде варистора. ИС использует семибитный подчиненный адрес, в котором четыре бита заданы внутренне, а три бита задаются внешне пользователем через выводы HW[2:0]. Выводы HW[0], HW[1] совместимы с пятивольтовыми логическими уровнями, в то время как вывод HW[2] совместим с напряжением 12 В и может напрямую подключаться к линиям VBAT или GND. Аналогичными электрическими характеристиками обладает вход SWI, который в данной схеме задействован для оценки состояния контактного датчика положения. Если вход SWI не используется, его можно оставить неподключенным. Для подавления дребезга и прочего внесенного извне электрического шума на входах SWI и HW[2] предусмотрены RC-фильтры нижних частот.

У ИС для достижения минимальной себестоимости полномостового коммутатора даже в верхнем уровне используются n-канальные MOSFET, что требует применения более сложной схемы управления затворами и обуславливает наличие в ИС емкостного преобразователя напряжения. Благодаря работе этого преобразователя на высокой частоте (250 кГц), требуемый для внешней установки фильтрующий конденсатор (C5) может иметь небольшую емкость (220...470 нФ) и, таким образом, существенно не влияет на себестоимость конечного решения.

При выборе параметров компонентов схемы особое внимание следует уделять буферному конденсатору C7, т.к. он существенно влияет как на себестоимость решения, так и на его конструктивные особенности. Необоснованный выбор этого конденсатора может привести к ухудшению рабочих характеристик ШД или неоправданному увеличению габаритов и себестоимости решения. Подробная методика выбора этого конденсатора приведена в [1]. В этом же документе можно найти ссылку на электронную таблицу, позволяющую автоматизировать выбор буферного конденсатора для заданных условий применения.

На этапе практической реализации рассмотренной и иных схем включения ИС AMIS-30xxx необходимо учитывать, что при выполнении представленных в документации на ИС рекомендаций к конструкции слоя GND на печатной плате можно повысить эффективность использования теплорассеивающих свойств печатной платы и, как следствие, избавиться от необходимости применения радиатора. ИС выпускаются в корпусах двух типов: SOIC и NQFP. Последний корпус, за счет встроенной в его основание металлической пластины, обладает более низким тепловым сопротивлением. В конечном счете, в результате выполнения указанных в документации рекомендаций можно добиться значений теплового сопротивления «переход — окружающая среда» до 63°C/Вт и 25°C/Вт для корпусов SOIC и NQFP, соответственно. Также необходимо отметить, что все выводы ИС AMIS-30xxx оснащены защитой от электростатических разрядов ±2 кВ, за исключением вывода LIN ИС AMIS-30623, который оснащен улучшенной защитой до ±4 кВ. Все представители семейства AMIS-30xxx рассчитаны на работу в температурном диапазоне -40...125°C и поэтому могут использоваться в любых условиях применения: от коммерческих до промышленных и автомобильных.

Заключение

Появление технологий, позволяющих объединить в одном кристалле средне- и высоковольтные аналоговые и силовые блоки и низковольтные цифровые блоки, сделало возможным создание таких полностью интегрированных решений для управления шаговыми двигателями, как ИС AMIS-30xxx компании ON Semiconductor. Архитектура AMIS-30xxx, что особенно выражено в более высокоинтегрированных ИС AMIS-306xx, предоставляет возможность создания высококачественных решений управления биполярными ШД за короткие сроки и с оптимальным соотношением функциональных возможностей и себестоимости.

На данный момент ИС семейства AMIS-30xxx ориентированы на управление ШД током до 2 А. Однако в ответ на развивающийся спрос на более мощные интеллектуальные ШД компанией ON Semiconductor ведутся разработки ИС-драйверов на выходные токи до 6 А [2].

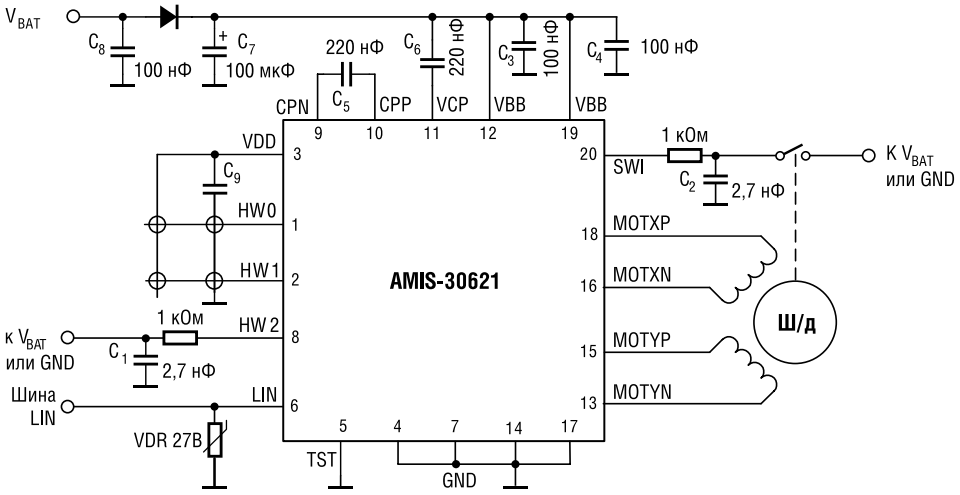

Рис. 3. **Схема включения ИС AMIS-30623 со встроенным LIN-интерфейсом**

Литература

1. AMIS-30621 LIN Micro-stepping Motor Driver. Buffer Capacitor Calculation//Application Note 30621-01, AMI Semiconductor, Rev.2.0, September 2007, *www.amis.com.*

2. Eric Wallentine. Integrated Drivers Promote Choice and Time-to-Market in Stepper Motor Controller Design// ECNmag, 3 November 2008, *http://www.ecnmag.com/SMH-Integrated-Drivers-Promote-Choice.aspx.*

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – *e-mail: analog.vesti@compel.ru*