

# Драйверы шаговых двигателей фирмы Allegro

Олег Пушкарёв (г. Омск)

В предыдущем номере журнала (СЭ № 1, 2004) мы рассказывали об устройстве управления шаговым двигателем, реализующем полношаговый и полушаговый режимы его работы. Более сложные режимы работы шагового двигателя довольно просто реализуются с помощью специализированных драйверов. Их применение позволяет разработчику сберечь время и решить проблему электромагнитной совместимости устройства.

Шаговые двигатели (ШД) применяются в различном технологическом оборудовании, бытовой электронике, автомобилях, медицинской технике, компьютерной периферии. Существует несколько основных подходов при проектировании схемы управления ШД:

- управление при помощи схемы на жёсткой логике;
- программная реализация на основном микроконтроллере устройства;
- выделение отдельного микроконтроллера управления;
- использование специализированных микросхем.

Применение специализированных микросхем оправдано в тех случаях, когда основной микроконтроллер устройства не имеет запаса производительности либо необходимой периферии. Другой аргумент в пользу

специализированных микросхем – сокращение времени разработки, т.к. создание программы для управления ШД с использованием режима микрошага и организация обратной связи по току – далеко не тривиальная задача. И наконец, при использовании специализированной микросхемы можно объединить её и ШД в единый конструктив, что упрощает решение вопросов электромагнитной совместимости между основным устройством и силовыми исполнительными механизмами.

Фирма Allegro выпускает микросхемы для управления ШД и двигателями постоянного тока (см. табл. 1). В номенклатуру входят несколько десятков типов микросхем управления, удовлетворяющих самым разнообразным требованиям разработчика.

Рассмотрим более подробно драйвер шагового двигателя А3977. Этот

уникальный драйвер позволяет разработчику минимизировать ресурсы основного микроконтроллера системы, выделяемые на управление ШД. Драйвер А3977 предназначен для управления биполярным 2-фазным ШД с использованием как полношагового режима, так и режимов с делением шага: 1/2, 1/4, или 1/8 полного шага. Микросхема содержит всю необходимую управляющую логику, ШИМ-регулятор с обратной связью по току в нагрузке и два моста Н-типа на мощных полевых транзисторах. Преимущество такой архитектуры заключается в том, что для управления двигателем требуется небольшое количество управляющих сигналов. В простейшем случае достаточно задействовать всего две линии – «направление» и «шаг».

Микросхема А3977 выпускается в корпусах двух видов: 44-выводном корпусе PLCC и 28-выводном TSSOP.

Основные параметры А3977:

- нагрузочная способность  $\pm 2,5$  А на канал;
- максимальное напряжение питания двигателя 35 В;
- низкое сопротивление транзисторов моста в открытом состоянии – типовое значение 0,36/0,45 Ом (верхний/нижний транзистор моста);
- установка режима спада тока/авторегим спада тока;
- диапазон питающего напряжения логики 3...5,5 В;
- режимы спада тока: быстрый, медленный, смешанный;
- выходной сигнал «начальная позиция» (Home Output);
- синхронное шунтирование для уменьшения рассеиваемой мощности;
- внутренний монитор напряжения питания логики и температурная защита;
- защита от переходного тока (Cross-over Current Protection).

Блок-схема драйвера шагового двигателя А3977 показана на рисунке 1.

Таблица 1. Некоторые микросхемы фирмы Allegro для управления ШД и двигателями постоянного тока

Микросхема	Описание драйвера	Выходные параметры		Тип выходных транзисторов
		ток, мА	напряжение, В	
3967	Двухканальный с микрошаговым режимом и встроенным транслятором	$\pm 750$	30	Полевые DMOS
2916	Двухканальный с ШИМ-регулятором	$\pm 750$	45	Биполярные
3964		$\pm 800$	33	
3973	Двухканальный с микрошаговым режимом и ШИМ-регулятором	$\pm 1000$	35	Полевые DMOS
3953	Одноканальный мостовой с ШИМ-регулятором	$\pm 1300$	50	Биполярные
3948				Полевые DMOS
3955	Одноканальный с микрошаговым режимом и ШИМ-регулятором	$\pm 1500$	50	Биполярные (Darlington/Satlington)
3972	Двухканальный с микрошаговым режимом и ШИМ-регулятором	$\pm 1500$		50
3977	Двухканальный с микрошаговым режимом и встроенным транслятором		$\pm 2500$	

\* Все указанные в таблице ИС имеют встроенную защиту и внутренние диоды.

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ A3977

### Транслятор

Встроенный в A3977 транслятор преобразует входные сигналы «шаг» (STEP) и «направление» (DIR) в необходимый набор управляющих сигналов для каждого из двух выходных мостов H-типа. Для каждого выбранного режима шага – полного, 1/2, 1/4, или 1/8 шага – транслятор вырабатывает свой набор управляющих сигналов.

После подачи напряжения питания или низкого уровня на вход сброса (RESET) транслятор устанавливает напряжения на выходах цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП, DAC) и полярность тока на выходах мостов (DMOS BRIDGE), соответствующие положению «начальная позиция». Когда поступает сигнал «шаг» (переход от «лог. 0» к «лог. 1»), транслятор изменяет напряжение на выходах ЦАП и полярность выходных сигналов таким образом, чтобы вал двигателя переместился в положение, соответствующее следующему шагу.

Направление вращения задаётся сигналом на входе DIR. Сигнал с выхода ЦАП управляет ШИМ-регулятором выходного тока. Выбор шага определяется комбинацией сигналов на входах MS1 и MS2 (см. табл. 2)

### ШИМ-стабилизация тока обмоток

Каждый выходной мост H-типа управляется схемой ШИМ, которая позволяет ограничивать ток в обмотке двигателя на необходимом для данного шага уровне ( $I_{trip}$ ). Это достигается подключением к выводу SENSE<sub>1(2)</sub> низкоомных резисторов  $R_s$  (доли ома), сигнал с которых используется для измерения тока в обмотке. Максимальная величина тока через обмотку двигателя зависит также от напряжения на входе  $V_{ref}$  и определяется следующей формулой:

$$I_{trip\ max} = V_{ref} / (8R_s).$$

Другими словами, изменяя напряжение на входе  $V_{ref}$  можно плавно изменять ток в обмотках двигателя и, следовательно, момент на валу. Необходимо следить за тем, чтобы напряжение на резисторах  $R_s$  не превышало 0,5 В, а напряжение на входе  $V_{ref}$  было не более 5 В в режиме полного шага и не более 4 В – в остальных режимах.

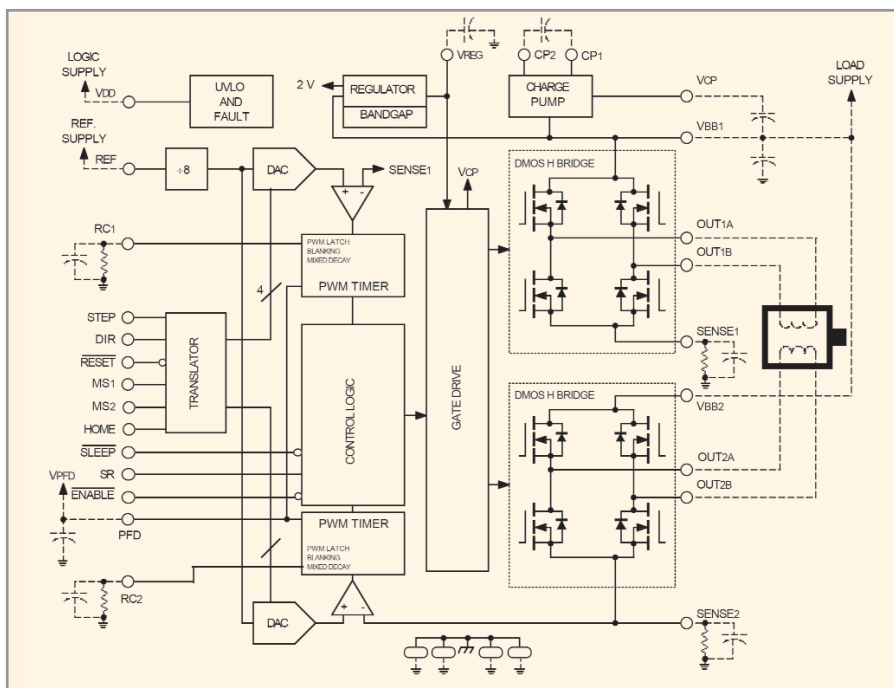


Рис. 1. Блок-схема драйвера шагового двигателя A3977

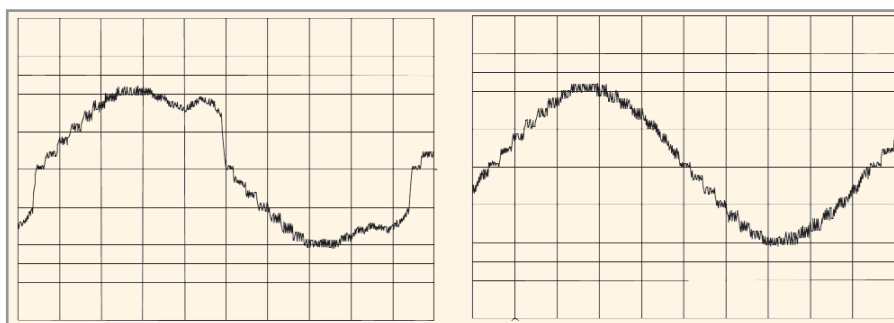


Рис. 2. Улучшение формы кривой тока в режиме смешанного спада тока

### Быстрый, медленный и смешанный режим спада тока

Ввиду индуктивного характера нагрузки и импульсного метода регулирования величины тока реальная кривая тока через обмотку отличается от расчётной. Для улучшения формы кривой при микрошаговом режиме в A3977 применяется автоматическое изменение режима спада тока в зависимости от текущего микрошага (Mixed Decay Mode). Это несомненное достоинство A3977. Результат подобного подхода изображён на рисунке 2.

Изменяя напряжение на входе PFD (Percent Fast Decay Input) от 0 до напряжения питания  $V_{dd}$ , можно устанавливать режим быстрого или медленного спада тока, а также регулировать процент режима «быстрый спад тока» в смешанном режиме. Такая подстройка напряжения на входе PFD в диапазоне  $(0,21...0,6)V_{dd}$  при помощи потенциометра может быть полезной для получения лучшей формы кривой на конкретном экзем-

пляре двигателя при заданной скорости вращения. Подробные рекомендации для выбора режима спада тока можно найти на сайтах [1, 2].

### Линии сброса, разрешения и контроля

Выходной сигнал Home Output («начальная позиция», активный уровень – низкий) указывает на определённую комбинацию выходных сигналов транслятора. Статус транслятора «начальная позиция» соответствует углу поворота ротора двигателя в положение 45°. В этот момент можно изменять величину шага, т.к.

Таблица 2. Управление режимом шага

Логический уровень на входе		Величина шага
MS1	MS2	
0	0	Полный
1	0	1/2
0	1	1/4
1	1	1/8



Рис. 3. Внешний вид модуля управления на основе A3977

только этот момент соответствует одинаковому току через обмотки при любой величине шага.

При подаче напряжения низкого уровня на вход RESET («сброс», активный уровень – низкий) все выходы H-мостов отключаются. Транслятор переходит в статус «начальная позиция». Сигналы «шаг» будут игнорироваться до момента появления на входе RESET уровня «лог. 1».

Вход ENABLE («разрешение», активный уровень – низкий) управляет выходными мостами, но не влияет на работу транслятора.

Вход SLEEP («спящий режим», активный уровень – низкий) используется для уменьшения энергопотребления микросхемы, что позволяет применять её в устройствах с высокими требованиями к потребляемому

току в неактивном режиме. Ток потребления в спящем режиме не превышает 40 мкА.

**Схемы защиты**

Блокировка UVLC (блокировка логики до момента установки питающего напряжения) предотвращает повреждение микросхемы, если напряжение питания двигателя подаётся ранее, чем напряжение питания логики. Все силовые ключи A3977 остаются в неактивном состоянии до тех пор, пока напряжение питания микросхемы не превысит 2,7 В, после чего логика способна правильно управлять выходными ключами.

Защита от перегрева отключает силовые выходы при температуре перехода выше 165°C (следует учитывать, что эта защита не предохраняет микросхему от повреждения из-за короткого замыкания в нагрузке). При понижении температуры на 15° микросхема возвращается в рабочий режим.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ A3977**

Для подачи логических уровней на входы не требуются «подтягивающие» резисторы. Вход можно непосредственно соединять с линией питания или общим проводом. Требуемые внешние компоненты для корректной работы A3977:

- резисторы обратной связи  $R_s$  рекомендуется выбирать по формуле  $R_s = 0,5I_{trip \max}$ . Меньший номинал обеспечивает меньшее выделение тепла. Резисторы должны быть безындуктивного типа. Каждый резистор должен быть зашунтирован керамическим конденсатором 0,1 мкФ;
- керамический конденсатор 0,22 мкФ необходимо подключить между выводами CP1 и CP2;
- вывод Vreg должен быть зашунтирован конденсатором 0,22...0,47 мкФ на общий провод;
- на линии питания логики рекомендуется установить блокировочный керамический конденсатор 0,1 мкФ;
- на линии питания нагрузки необходим электролитический конденсатор не менее 47 мкФ в параллель с блокировочным керамическим конденсатором 0,1 мкФ;
- линия PFD должна быть зашунтирована блокировочным конденсатором 0,1 мкФ на общий провод.

Требования к монтажу:

- резисторы  $R_s$  должны располагаться как можно ближе к микросхеме. Общий провод от резистора должен быть соединён с общим выводом микросхемы отдельной линией на печатной плате. Общая шина должна иметь как можно большую площадь;

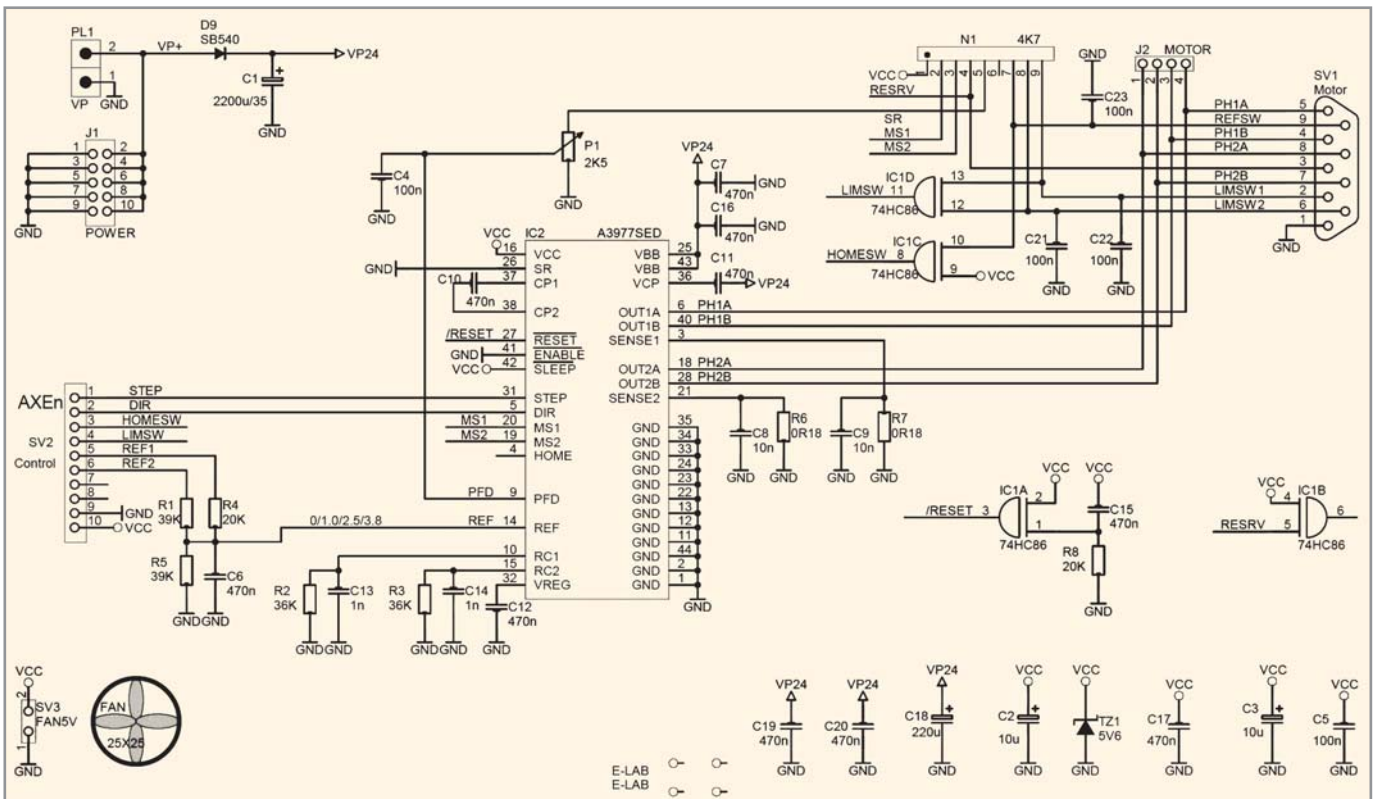


Рис. 4. Схема модуля управления на основе A3977 фирмы E-LAB

● для уменьшения рассеиваемой мощности при больших токах нагрузки можно применять внешние ограничительные диоды Шоттки с малым падением напряжения в открытом состоянии. При этом на вход SR необходимо подать уровень «лог. 1», чтобы отключить схему синхронного шунтирования.

Благодаря уникальным характеристикам и простоте применения микросхема A3977 находит применение в разнообразных модулях управления, выпускаемых серийно. Например, фирма E-LAB выпускает готовый модуль управления на основе A3977 (см. рис. 3) стоимостью 47 евро. Принципиальная схема этого модуля приведена на рисунке 4.

## ЛИТЕРАТУРА

1. STP97-5A «Monolithic, programmable, full-bridge motor driver integrates PWM current control and 'mixed-mode' microstepping» ([www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)).
2. STP01-2 «A new microstepping motor driver IC with integrated step & direction translator interface» ([www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)).



## Новости российских дистрибьюторов

### Долгожданные новинки от Allegro Microsystems

Компания Allegro Microsystems анонсировала сразу две новинки в своей линейке датчиков тока на основе эффекта Холла.

Первая новинка – это серия ACS754, являющаяся развитием уже известных серий датчиков ACS750 и ACS752 для измерения постоянного и переменного токов. По сравнению с предыдущими, в новой серии имеются датчики для измерения токов более 100 А. Выпущены датчики для 130, 150 и 200 А. Полоса пропускания датчиков 35 кГц, напряжение изоляции 3 кВ, внутреннее сопротивление 100 мОм. Отличительными особенностями датчиков являются маленький размер, встроенная силовая шина и работа в расширенном температурном диапазоне  $-40...+150^{\circ}\text{C}$ , что позволяет использовать их в самых различных приложениях промышленной, потребительской, автомобильной электроники.

Allegro Microsystems наконец-то начала разработку датчиков и для небольших токов. Первенцем в этом направлении стал датчик ACS704 для измерения токов до 15 А. Как всегда, специалисты Allegro постарались создать экономичное и качественное решение, превосходящее по многим параметрам продукцию конкурентов. ACS704 размещён в 8-выводном корпусе SOIC и позволяет измерять переменный и постоянный ток с точностью не ниже 1,5% благодаря минимальному расстоянию между элементом Холла и проводящим контуром с током внутри корпуса датчика. Внутреннее сопротивление датчика всего 1,5 мОм, поэтому падение напряжения на датчике и потери мощности также минимальны.

Обе новинки Allegro Microsystems планируют выпустить в продажу в начале 2005 г.

В настоящее время разрабатываются однополярные версии датчиков, а также модификация ACS704 для 5 А.

### Зарядный чип для Li-Ion-батарей с линейным стабилизатором

Компания Linear Technology предлагает интегральную схему LTC4063 для заряда Li-Ion-аккумуляторов. Встроенный линейный LDO-стабилизатор выдаёт ток до 100 мА и может регулироваться в пределах от 1,2 до 4,2 В. LDO питается от аккумулятора и обеспечивает непрерывную стабилизацию выходного напряжения, даже когда блок питания отключается от сети или снимается питание USB. Зарядный элемент работает без внешнего микроконтроллера и подаёт на литий-ионный элемент ток до 1 А, вырабатываемый из входного напряжения 4,3...8 В. Помимо этого срок службы аккумулятора продлевается с помощью SmartStart-функции за счёт снижения количества циклов зарядки до минимума. Для оптимизации тепловых характеристик LTC4063 размещён в корпусе DFN размером 3 мм × 3 мм, кроме того, температурная стабилизация обеспечивается схемой защиты от перегрева. Прибор предназначен для приложений в карманных компьютерах, переносных MP3-плеерах, цифровых камерах и переносных контрольных и медицинских приборах. LTC4063 имеет предварительно выставленное напряжение заряда 4,2 В с точностью  $\pm 0,5\%$ . Ему не требуются ни внешний МОП-транзистор, ни блокинг-диод. Зарядный ток выставляется с помощью резистора. При использовании LTC4063 имеется три возможности отключения заряда: программирование по таймеру, программирование по току или релейное отключение. На выводе выходного напряжения индицируется степень зарядки. Кроме того, имеется параметр зарядки SmartStart, который отключает аккумулятор, как только он заряжается. Новый процесс зарядки начнётся тогда, когда напряжение упадёт ниже 4,1 В. Этот метод полезен для продления срока службы аккумулятора, особенно в приложениях, в которых на подключённый прибор постоянно подаётся напряжение питания.

LTC4063 предлагается в корпусе DFN с 10 выводами для рабочего температурного диапазона  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ .

### Микромощный источник опорного напряжения с буферным усилителем LT6650 от Linear Technology

LT6650 – микромощный низковольтный источник опорного напряжения с возможностью внешней регулировки. Выходное напряжение составляет 400 мВ с погрешностью 0,5% при входном напряжении 5 В. Допустимый диапазон входного напряжения 1,4...18 В. Контроллер имеет типичный потребляемый ток порядка 5,6 мкА, что делает его идеальным для использования в низковольтных системах, а также в ручных устройствах и промышленных системах. С помощью двух резисторов внутренний буферный усилитель может умножать исходное опорное напряжение 400 мВ на любое желаемое значение вплоть до напряжения питания, при этом выходное напряжение может быть скорректировано до точной требуемой величины. Рассеяние мощности в статистическом режиме составляет около 28 мВт, диапазон рабочих температур  $-40...+125^{\circ}\text{C}$ . LT6650 имеет самое низкое напряжение в серии источников опорного напряжения и доступен в 5-выводном корпусе SOT23.

### Новая оптопара LT4430

Linear Technology представила новую оптопару-драйвер LT4430 для использования в преобразователях питания с гальванической развязкой. LT4430 отличается быстрым действием, широким диапазоном напряжения питания (3...20 В), наличием схемы защиты от перегрузок, встроенными генератором опорного напряжения 0,6 В и широкополосным усилителем сигнала ошибки (9 МГц, 80 дБ при разомкнутой петле). Корпус 6-выводной SOT-23, температурный диапазон  $-40...85^{\circ}\text{C}$ .

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
тел. (095) 234-0636