

(Продолжение. Начало № 6—9/2001)

Раз шажок, два шажок...

Как отмечалось ранее, для управления биполярными двигателями требуются более сложные схемы, такие как H-мосты. Такие схемы тоже можно реализовать на дискретных элементах, хотя в последнее время все чаще они реализуются на интегральных схемах. Пример дискретной реализации показан на рис. 27. Такой H-мост управляется с помощью двух сигналов, поэтому он не позволяет обеспечить всех возможных комбинаций. Обмотка запитана, когда уровни на входах различны и закорочена, когда уровни одинаковы. Это позволяет получить медленный спад тока (динамическое торможение). Мостовые драйверы в интегральном исполнении выпускаются многими фирмами. Например, L293 (КР1128КТ3А) и L298 фирмы ST Microelectronics. Краткий перечень мостовых микросхем разной функциональной насыщенности приведен в табл. 2.

До недавнего времени большое количество микросхем для управления шаговыми двигателями выпускала фирма Ericsson. Однако 11 июня 1999 г. она передала производство своих микросхем промышленного назначения фирме New Japan Radio Company (NJR). При этом обозначение микросхем изменилось с

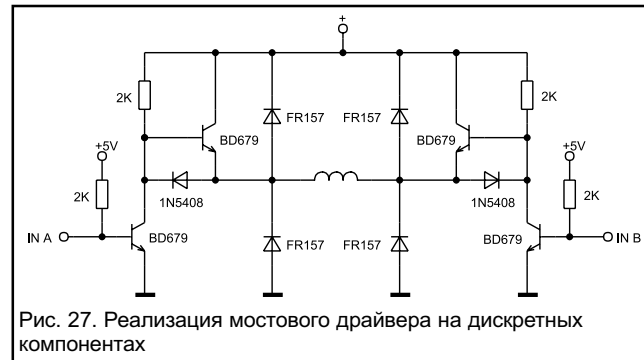


Рис. 27. Реализация мостового драйвера на дискретных компонентах

PVLxxxx на NJMxxxx. Под такими обозначениями они и внесены в таблицу.

Как простые ключи, так и H-мосты могут составлять часть ключевого стабилизатора тока. Схема управления ключами может быть выполнена на дискретных компонентах или в виде специализированной микросхемы. Довольно популярной микросхемой, реализующей ШИМ стабилизацию тока, является L297 фирмы ST Microelectronics. Совместно с микросхемой мостового драйвера L293 или L298 они образуют законченную систему управления для шагового двигателя

(рис. 28). Микросхема L297 сильно разгружает управляющий микроконтроллер, так как от него требуется только тактовая частота CLOCK (частота повторения шагов) и несколько статических сигналов: DIRECTION — направление (сигнал внутренне синхронизирован, переключать можно в любой мо-

Таблица 2

Тип	Кол-во каналов в корпусе	Максимальный ток, мА	Максимальное напряжение, В	Примечания
Alegro (www.allegromicro.com)				
A2916	2	750	45	
A2917	2	1500	45	
A2919	2	750	45	
A2998	2	2000	50	
A3948	1	1500	50	выпрямитель синхросигналов
A3951	1	2000	50	
A3952	1	2000	50	
A3953	1	1300	50	
A3955	1	1500	50	3-бит. NL ЦАП, управление затуханием
A3957	1	1500	50	4-бит. NL ЦАП, управление затуханием
A3958	1	2000	50	последовательное управление
A3959	1	3000	50	
A3964	2	800	33	
A3966	2	650	30	
A3968	2	650	50	
A3971	2	2500	50	
A3972	2	1500	50	6-бит. LIN ЦАП, последовательное управление
A3973	2	1000	35	6-бит. LIN ЦАП, последовательное управление
A3974	2	1500	50	
A3976	2	500	27	
A6219	2	750	45	
Toshiba (http://doc.semicon.toshiba.co.jp)				
TA8430	2	400	8	
TA7774	2	350	17	
TA84002	2	1000	35	ШИМ
TB62200	2	1500	30	ШИМ
TA8411	2+1	800+600	27	последовательное управление
TB6500	2+1	800+600	27	последовательное управление
National Semiconductor (www.national.com)				
LMD18200	2	3000	55	
LMD18201	2	3000	55	
LMD18245	2	3000	55	
JRC (www.njr.co.jp)				
NJM3717	1	1200	50	ШИМ, термозащита
NJM3770	1	1800	45	ШИМ, термозащита
NJM3771	2	650	45	микрошаговый с ЦАП NJU39610
NJM3772	2	1000	45	микрошаговый с ЦАП NJU39610
NJM3773	2	750	45	
NJM3774	2	1000	45	микрошаговый с ЦАП NJU39610
NJM3775	2	750	45	
NJM3777	2	900	45	
NJU39610	2	—	—	сдвоенный 8-бит ЦАП для микрошагового управления
NJU39612	2	—	—	сдвоенный 8-бит ЦАП для микрошагового управления
Motorola (www.mot-sps.com)				
MC3479	2	350	16.май	
MC33192	2	120	25	ML-bus
SAA1042	2	500	24	
SANYO (www.semic.sanyo.co.jp)				
LB11847	2	1500	50	4-бит. NL ЦАП, управление затуханием
LB1651D	2	1000	36	

Продолжение таблицы 2

Тип	Кол-во каналов в корпусе	Максимальный ток, мА	Максимальное напряжение, В	Примечания
LB1656M	2	330	12	
LB1657M	2	330	12	
LB1839M	1	250	10,5	
LB1840M	1	250	10,5	
LB1845	2	1500	45	ШИМ, термозащита
LB1846M	2	400	8	
LB1848M	2	400	8	
LB1847	2	1500	50	4-бит NL ЦАП, управление затуханием
LB1945H	2	800	30	ШИМ, термозащита
LB1947	1	2000	50	управление затуханием
SGS Thomson (http://us.st.com)				
L297	—	—	—	полушаговый/полношаговый контроллер
L293	2	600	44	термозащита
L298	2	2000	50	термозащита
L6201	2	1000	48	
L6202	2	1500	48	
L6203	2	4000	48	
L6204	2	500	48	
L6210	—	—	—	сдвоенный мост на диодах Шоттки
L6219	2	750	46	полно- и полумикрошаговые режимы
L6506	—	—	—	полушаговый/полношаговый контроллер
TEA3717	2	1000	45	
TEA3718	2	1500	50	
L6258	2	1500	40	прецизионное ШИМ управление
L6207	2	2800	52	ШИМ, термозащита
L6208	2	2800	52	ШИМ, термозащита
L6205	2	2800	52	ШИМ, термозащита
L6206	2	2800	52	ШИМ, термозащита
Unitrode (http://focus.ti.com)				
UC3717	1	1000	46	2-бит NL ЦАП
UC3770	1	2000	50	2-бит NL ЦАП
NEC (www.ic.nec.co.jp)				
uPD16818	2	430	6	
uPD16833	4	300	6	
Matsushita (www.panasonic.co.jp)				
AN6664S	2	150	16	
AN6668NS	2	300	4,5	
AN8208S	2	300	6	
Rohm (www.rohm.com)				
BA6846	2	500	18	
BA6343	2	500	33	
Samsung (www.intl.samsungsemi.com)				
KA2820	2	500	15	
KA6202	2	330	12	термозащита
Fairchild (www.fairchildsemi.com)				
KA2820	2	500	15	
KA3100	2	400	9	
Infenion				
TL4726	2	750	50	2-бит NL ЦАП
TL4727	2	700	45	флаг ошибки, термозащита
Hitachi (www.hitachi.co.jp)				
HA13421	2	330	12	термозащита
HA13475	2	330	12	термозащита
Mitsubishi (www.mitsubishichips.com)				
M54640P	1	1000	40	2-бит NL ЦАП, термозащита
M54670P	2	1000	35	2-бит NL ЦАП, термозащита
M54679FP	2	800	35	2-бит NL ЦАП, термозащита
Fujitsu (www.fmi.fujitsu.com)				
MB86521	2	140	7	4-бит NL ЦАП
Cherry Semiconductor				
CS279	2	275	13,2	
CS4161	2	100	24	
CS8441	2	275	24	

мент), HALF/FULL — полушаговый/полношаговый режим, RESET — установление фазы в исходное состояние (ABCD = 0101), ENABLE — разрешение работы микросхемы, V_{ref} — опорное напряжение, которое задает пиковую величину тока при ШИМ регулировании. Кроме того, имеется несколько дополнительных сигналов. Сигнал CONTROL задает ре-

жим работы ШИМ регулятора. При его низком уровне ШИМ регулирование происходит по выходам INH1, INH2, а при высоком — по выходам ABCD. SYNC — выход внутреннего тактового генератора ШИМ. Он служит для синхронизации работы нескольких микросхем, а также может быть использован как вход при тактировании от внешнего генератора.

HOME — сигнал начального положения (ABCD = 0101). Он используется для синхронизации переключения режимов HALF/FULL. В зависимости от момента перехода в полношаговый режим, микросхема может работать в режиме с одной или с двумя включенными фазами.

Ключевое регулирование реализуют и многие другие микросхемы. Некоторые

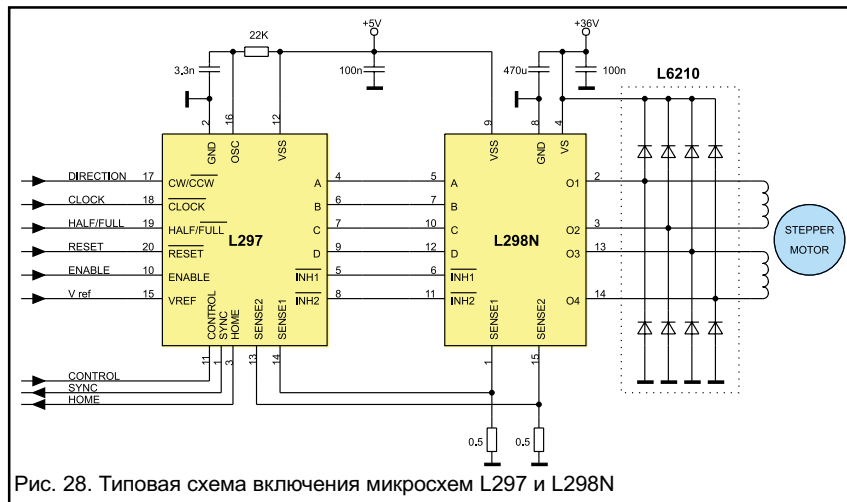


Рис. 28. Типовая схема включения микросхем L297 и L298N



Рис. 29. Ток и вектор смещения ротора

Таблица 3

Характеристики	Недостатки	Применение
Униполярный L/R-привод		
низкая стоимость	низкая выходная мощность двигателя	низкоскоростные и маломощные применения
низкий уровень помех.	максимальная мощность рассеяния при неподвижном двигателе	обычно используется только с двигателями малых размеров
	повышенный размер и стоимость двигателя для получения той же мощности по сравнению с другими драйверами	
	обмотки двигателя должны быть рассчитаны на имеющееся напряжение питания	
	обычно требуется стабилизированный источник питания	
	момент удержания зависит от напряжения источника питания и от температуры двигателя	
	большие колебания момента при работе в полшаговом режиме	
Униполярный L/NR-привод		
низкая стоимость	очень низкий КПД (особенно при большом N)	низко- и среднескоростные применения малой мощности
низкий уровень помех	проблема с отводом тепла от включенных последовательно резисторов	
	максимальная мощность рассеяния при неподвижном двигателе	
	момент удержания зависит от напряжения источника питания и от температуры двигателя	
	большие колебания момента при работе в полшаговом режиме	
Униполярный двухуровневый привод		
средняя стоимость;	дополнительная схема формирования временного интервала или дополнительная загрузка микроконтроллера	низко- и среднескоростные применения малой и средней мощности
- средний уровень помех.	требуется 6 мощных транзисторов по сравнению с 4 в L/NR-приводе	
	если используется большое отношение напряжений, то может уменьшиться точность работы привода из-за скачков тока в обмотках	
	момент удержания зависит от напряжения источника питания и от температуры двигателя	
Униполярный привод со стабилизацией тока		
высокий момент	только 70% момента удержания по сравнению с биполярным приводом со стабилизацией тока	высоко- и среднескоростные применения
- возможен полшаговый; режим без колебаний	- мощные транзисторы должны быть рассчитаны на удвоенное напряжение питания.	
Биполярный привод со стабилизацией тока		
максимально эффективное использование возможностей двигателя	требуется 8 мощных транзисторов	высокоскоростные применения высокой мощности
максимальный момент при любых скоростях	возможны проблемы с помехами	для маломощных применений доступны
возможны низкие потери при неподвижном двигателе	потери мощности на датчике тока	
не требуются демпфер-ные цепочки, есть возможность управлять скоростью спада тока;		
доступны интегральные драйверы		
Биполярный микрошаговый привод со стабилизацией тока		
то D8 что и для биполярного привода со стабилизацией тока плюс	то же, что и для биполярного привода со стабилизацией тока, плюс	высокоскоростные применения высокой мощности
отсутствие резонанса	повышенная стоимость электроники	для маломощных применений доступны
увеличенная точность позиционирования.		применения, где требуется повышенная
		применения, которые требуют отсутствия резонанса на низких скоростях

из них обладают теми или иными особенностями. Например, драйвер LMD18T245 фирмы National Semiconductor не требует применения внешнего датчика тока, так как он реализован внутри на основе одной ячейки ключевого МОП транзистора.

Некоторые микросхемы предназначены специально для работы в микрошаговом режиме. Примером может служить микросхема A3955 фирмы Allegro. Она имеет встроенный 3-битный нелинейный ЦАП для задания изменяющегося по синусоидальному закону тока фазы. Смещение ротора в зависимости от токов фаз, которые сформированы этим трехбитным ЦАП, показано на рис. 29. Микросхема A3972 имеет встроенный 6-битный линейный ЦАП.

Выбор типа драйвера

Максимальный момент и мощность, которую может обеспечить на валу шаговый двигатель, зависит от размеров двигателя, условий охлаждения, режима работы (соотношения работа/пауза), параметров обмоток двигателя и типа применяемого драйвера. Тип применяемого драйвера сильно влияет на мощность на валу двигателя. При одной и той же рассеиваемой мощности, драйвер с импульсной стабилизацией тока обеспечивает выигрыш в моменте на некоторых скоростях до 5..6 раз по сравнению с питанием обмоток номинальным напряжением. При этом также расширяется диапазон допустимых скоростей.

Технология приводов на основе шаговых двигателей постоянно развивается. Развитие направлено на получение наибольшего момента на валу при минимальных габаритах двигателя, широких скоростных возможностей, высокого КПД и улучшенной точности. Важным звеном этой технологии является применение микрошагового режима.

Немаловажно и время разработки привода на основе шагового двигателя. Разработка специализированной конструкции для каждого конкретного случая требует значительных его затрат. С этой точки зрения предпочтительней применять универсальные схемы управления на основе ШИМ стабилизации тока, несмотря на их более высокую стоимость.

В табл. 3 приведены основные характеристики разных типов драйверов шаговых двигателей.

Леонид Ридико,
wubblick@yahoo.com

Продолжение следует