

# Современные микросхемы управления двигателями постоянного тока фирм ROHM и Toshiba

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены особенности выбора микросхем электропривода двигателей постоянного тока. Приведены параметры и характеристики микросхем электропривода двигателей фирм ROHM и Toshiba.

Микросхемы электропривода двигателей (МЭД) серийно выпускаются десятками производителей полупроводниковых приборов, что нередко создаёт трудности разработчикам радиоэлектронной аппаратуры при выборе конкретных типов микросхем. Положение усугубляется и другим обстоятельством: многие производители для обозначения классов микросхем, пригодных для использования в качестве МЭД, используют в каталогах своей продукции и технической документации собственные термины и сокращения, причём многие типы микросхем могут быть использованы и для других целей. Для оптимизации поиска подходящих для разработчиков типов МЭД, по мнению автора, целесообразно руководствоваться

определёнными правилами. Критериями выбора того или иного производителя МЭД в первую очередь могут быть: авторитет и длительный срок работы фирмы на рынках полупроводниковых приборов и наличие их продукции в ассортименте отечественных дистрибьюторов электронных компонентов.

Микросхемы управления двигателями ряда фирм получили особенно широкое распространение в бытовой и профессиональной аудио- и видеоаппаратуре (видеомагнитофоны, видеокамеры, CD/DVD-приводах) и офисной технике (принтеры, сканеры). К таким фирмам относятся: ROHM, Toshiba, Sanyo, Mitsubishi, Hitachi и некоторые другие; широкая номенклатура МЭД этих фирм позволяет использовать их

для разработки радиоэлектронной аппаратуры самого различного назначения. Перечисленные компании работают на соответствующих рынках не один десяток лет, это даёт определённую уверенность в стабильном производстве их продукции в будущем.

Основные технические параметры микросхем фирмы ROHM для управления коллекторными двигателями приведены в таблице 1, все микросхемы удовлетворяют требованиям директивы RoHS.

Все микросхемы, приведённые в таблице 1, являются одиночными или вдвоенными полномостовыми драйверами коллекторных двигателей постоянного тока и характеризуются высокой эффективностью и малой потребляемой мощностью. Особенности микросхем:

- малое токопотребление в режиме холостого хода;
- возможность работы с ШИМ-сигналами управления в диапазоне до 100 кГц, что позволяет значительно увеличить КПД схем управления двигателями с регулируемой скоростью вращения;
- наличие вывода VREF для установки скважности ШИМ-импульсов;
- четыре встроенные схемы защиты – по току (OCP), напряжению (OVP, UVLO) и температуре (TSD);
- встроенная схема защиты от перекрёстной проводимости.

Рекомендованные изготовителем области применения микросхем: CD/DVD, аудио- и видеоаппаратура, приводы оптических дисков, компьютерные периферийные устройства и автомобильные приложения. Однако параметры ряда микросхем позволяют их использование для систем автоматизации промышленного и бытового назначения (диапазон рабочих температур микросхем  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура выводов  $150^{\circ}\text{C}$ ).

Структура и нумерация выводов одноканальных микросхем в корпусах HSOP25 приведены на рис. 1, двухка-

Таблица 1. Основные параметры микросхем фирмы ROHM для управления коллекторными двигателями

Типономинал	Упит, В	Iвых, А	Число каналов	Uупр «0»/«1», В	Rвых, Ом	Корпус
BD6210	3...5,5	0,5	1	0,8/2	1	SOP8, HRP7
BD6211	3...5,5	1	1	0,8/2	1	SOP8, HRP7
BD6212	3...5,5	2	1	0,8/2	0,5	HSOP26, HRP7
BD6215*	3...5,5	0,5	2	0,8/2	1	SSOP-B24, HSOP25
BD6216*	3...5,5	1	2	0,8/2	1	HSOP25, HSOP-M28
BD6217*	3...5,5	2	2	0,8/2	0,5	HSOP-M28
BD6220	6...15,0	0,5	1	0,8/2	1,5	SOP8, HRP7
BD6221	6...15,0	1	1	0,8/2	1,5	SOP8, HRP7
BD6222	6...15,0	2	1	0,8/2	1	HSOP25, HRP7
BD6225*	6...15,0	0,5	2	0,8/2	1,5	SSOP-B24, HSOP25
BD6226	6...15,0	1	2	0,8/2	1,5	HSOP25, HSOP-M28
BD6227*	6...15,0	2	2	0,8/2	1	HSOP-M28
BD6230	6...32,0	0,5	1	0,8/2	1,5	SOP8, HRP7
BD6231	6...32,0	1	1	0,8/2	1,5	SOP8, HRP7
BD6232	6...32,0	2	1	0,8/2	1	HSOP25, HRP7
BD6235*	6...32,0	0,5	2	0,8/2	1,5	SSOP-B24, HSOP25
BD6236*	6...32,0	1	2	0,8/2	1,5	HSOP25, HSOP-M28
BD6237*	6...32,0	2	2	0,8/2	1	HSOP-M28

\* Перспективные микросхемы

нальных в корпусах HSOPM28 – на рис. 2. В состав микросхем входят: схемы регулировки скважности выходных импульсов (DUTY); устройства управления (CTRL); схемы защиты (PROTECT) и полномостовые драйверы на комплементарных полевых транзисторах с изолированными затворами B1, B2, H1, H2 (рис. 1). Назначение выводов микросхем:

- OUT1, OUT2, OUT1A, OUT1B, OUT2A, OUT2B – выходы полномостовых драйверов;
- VCC – напряжение питания;
- FIN, FINA, FINB – входы включения прямого хода;
- RIN, RINA, RINB – входы включения обратного хода;
- VREF, VREFA, VREFB – входы установки скважности выходных импульсов;
- FIN GND – общий вывод;
- GND – общий вывод управляющих и защитных схем;
- RNF, RNFA, RNFB – общий вывод выходных каскадов.

Режимы микросхем приведены в таблице 2, буквами в таблице обозначены: L – лог. 0, H – лог. 1, X – любое состояние (L или H), XX – высокое сопротивление выходов. Рассмотрим особенности функционирования микросхем в различных режимах.

Режим холостого хода (Standby) включается низкими уровнями управляющих сигналов FIN, RIN, независимо от величины напряжения на выводе VREF, в этом режиме все транзисторы полумостов выключены. Режим «Вперёд» реализуется при напряжении VREF = VCC, в этом режиме транзисторы моста B1, H2 открыты (рис. 1), транзисторы B2, H1 закрыты, напряжение на выводах OUT1 больше, чем на выводах OUT2; в режиме «Назад» обратная картина. Режим «Стоп» обеспечивает быструю остановку двигателя за счёт шунтирования обмотки низким сопротивлением открытых транзисторов H1, H2. После остановки двигателя желательно перевести микросхемы в режим холостого хода, в котором ток в цепи питания практически отсутствует (типичное значение  $I_{cc} \approx 0$ ).

В режимах ШИМ-управления на вход FIN (или RIN) подаются импульсные ШИМ-сигналы с частотой следования 20...100 кГц, а на вход RIN (или FIN) – напряжение лог. 0; временные диаграммы сигналов в этих режимах показаны на рис. 3а. В этом режиме верхние части мостов (B1 или B2) постоянно включены, а нижние (H2 или H1) ком-

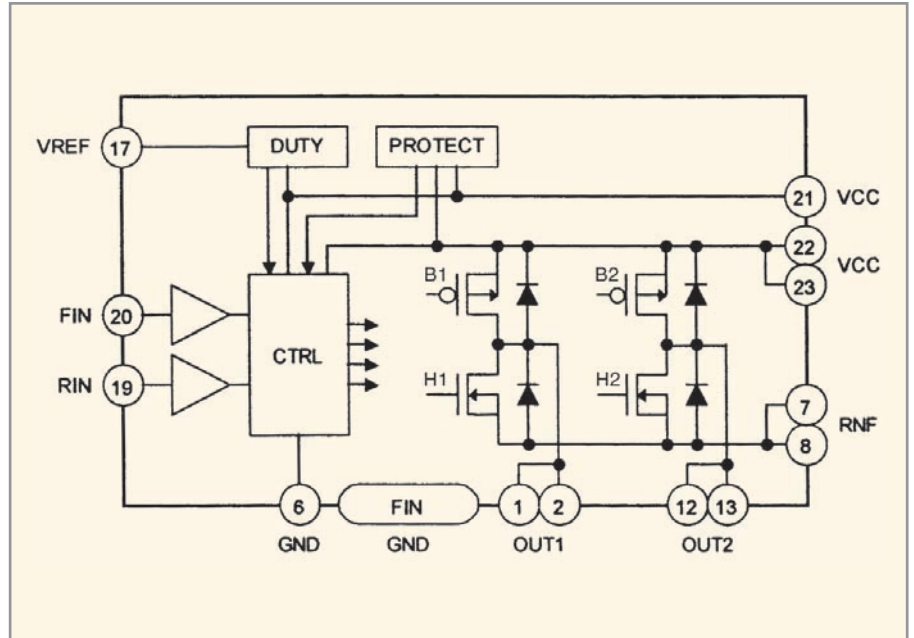


Рис. 1. Структура микросхем BD62... в корпусах HSOP25

DUTY – схема регулировки скважности импульсов; CTRL – схема управления; PROTECT – схемы защиты; FIN GND – выводы корпуса в средних частях микросхем

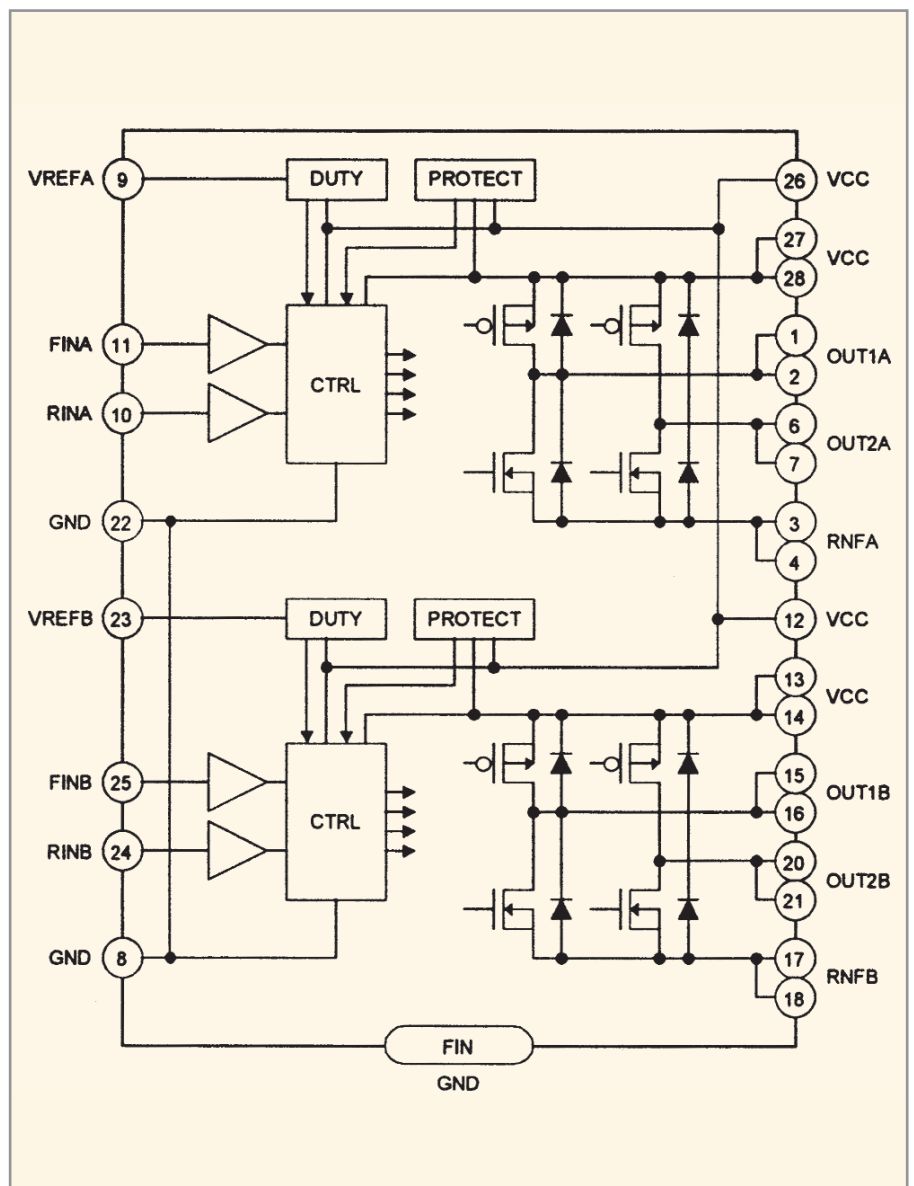


Рис. 2. Структура микросхем BD62... в корпусах HSOPM28

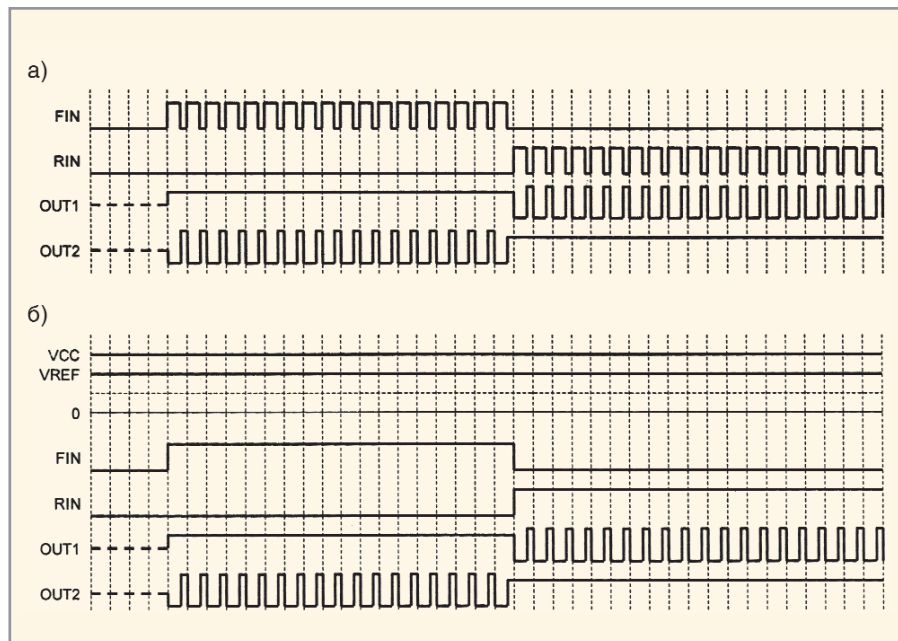


Рис. 3. Временные диаграммы сигналов на входах и выходах МЗД фирмы ROHM

мутируются синхронно с входным ШИМ-сигналом, при этом состояния выходов микросхемы переключаются между низким и высоким сопротивлением относительно корпуса и цепи питания. Для обеспечения корректной

работы схемы, между выводами VCC и GND должен быть подключён неполярный конденсатор ёмкостью не менее 10 мкФ. Величина постоянной составляющей на выходах микросхемы и, следовательно, скорость вращения

Таблица 2. Режимы работы микросхем фирмы ROHM

Режим	FIN	RIN	VREF	OUT1	OUT2
Холостой ход	L	L	X	XX	XX
Вперёд	H	L	VCC	H	L
Назад	L	H	VCC	L	H
Стоп	H	H	X	L	L
Вперёд, ШИМ-управление	ШИМ	L	VCC	H	ШИМ
Назад, ШИМ-управление	L	ШИМ	VCC	ШИМ	H
Вперёд, VREF-управление	H	L	1,5...5,5	H	ШИМ
Назад, VREF-управление	L	H	1,5...5,5	ШИМ	H

Таблица 3. Основные параметры микросхем фирмы Toshiba для управления коллекторными двигателями

Типономинал	Упит, В	I <sub>вых</sub> , А	Число канлов	U <sub>упр</sub> , В	R <sub>вых</sub> , Ом (R <sub>си</sub> откр.)	Корпус
TA7291	4,5...20	1/0,4	1	0,8/3,5	-	HSIP10, SIP9, HSOP16
TA8050	6...16,0	1,5	1	0,8/2	-	HSOP20
TA8428	<30	1,5	1	0,8/2	-	HSIP7
TA8429	7...27,0	3	1	0,8/2	-	HZIP12
TB6552	<15	1	2	0,8/2	1,5	SSOP16, QON24
TB6559	<50	2,5	1	0,8/2	1,3	MSOP16
TB6561	<40	1,5	2	0,8/2	1,5	SDIOP24
TB6590	<6	0,5	2	0,8/2	2,5	VQON16
TB6593	<15	1,2	1	0,8/2	0,35	SSOP20
TB6612	S	1,2	2	0,8/2	0,5	SSOP24
TPD1038	6...18,0	2	1	1,5/3,5	0,12	SOP8
TPD1042	6...18,0	-	1	1,5/3,5	0,12	SOP8
TPD7101	8...18,0	0,1	2	1,5/3,5	-	SSOP24

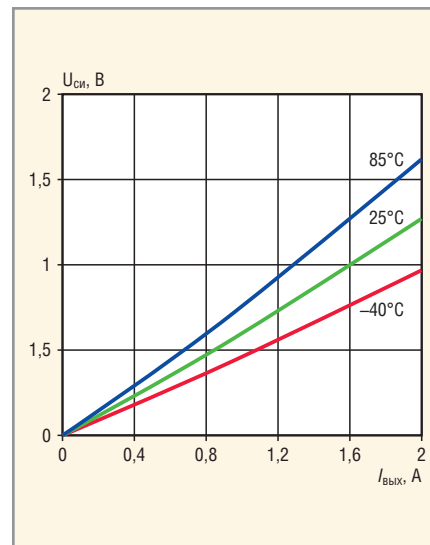


Рис. 4. Зависимости падений напряжений на выходных транзисторах от выходного тока микросхем фирмы ROHM при различных температурах

двигателя зависят от скважности импульсов на соответствующих входах. Поскольку подключение двигателя к источнику питания происходит при низком сопротивлении R<sub>си</sub> открытых полевых транзисторов, КПД схем управления весьма высока.

В режиме VREF управления ШИМ импульсы формируются внутренним генератором, их скважность зависит от величин напряжения на выводах VREF и VCC микросхемы. Скважность импульсов (DUTY) определяется формулой  $DUTY \approx VREF/VCC (В) \times 100\%$ . Например, при VCC = 5 В и VREF = 3,75 В скважность импульсов примерно равна 75%. Частота следования импульсов примерно 25 кГц. Временные диаграммы сигналов в этом режиме приведены на рис. 3б.

В микросхемах реализованы четыре схемы защиты выходных транзисторов. UVLO (under voltage protection circuit) – защита от низкого напряжения питания, при его снижении до величины 2,3 В и менее выходные полевые транзисторы закрываются (режим XX), обратное включение происходит при увеличении напряжения до 2,5 В. OVP (over voltage protection circuit) – защита от высокого напряжения питания, при его увеличении до величины 7,3 В и более выходные транзисторы также закрываются, обратное включение происходит при снижении напряжения до 6,8 В. TSD (thermal shutdown circuit) – при достижении температуры выводов микросхемы до 175°C и более выходные транзисторы закрываются, обратное включение происхо-

дит при снижении температуры до 150°C. OCP (over current protection circuit) – защита от коротких замыканий внутри микросхемы и между выводами OUT1, OUT2; внутренняя схема мониторинга в течение примерно 10 мкс тестирует состояние выходов на предмет их замыканий между собой, с источником питания и корпусом. При наличии замыканий включается таймер защиты и в течение 230 мкс транзисторы мостов закрываются, после чего схема защиты снова тестирует состояние выходов, и т.д.

Допустимая мощность рассеяния микросхем Pd зависит от температуры окружающей среды, типа корпуса микросхем и теплоотводящих свойств печатных плат. На рис. 4 приведены зависимости величины падения напряжения на открытых верхних транзисторах мостов микросхем BD623... (Vcc–Vout) от выходного тока при различной температуре окружающей среды.

Фирма Toshiba Semiconductor производит большое число типов МЭД. Основные параметры микросхем управления коллекторных двигателей постоянного тока этой фирмы приведены в таблице 3; микросхема TPD1038F не обеспечивает регулировку скорости вращения двигателей, микросхема TPD7101F является сдвоенным драйвером затворов полевых транзисторов. Рассмотрим особенности некоторых микросхем, перечисленных в таблице 3.

TA8050FG – драйвер двигателей постоянного тока с функцией торможения. Структура и нумерация выводов микросхемы приведены на рис. 5. В её состав входят: схемы защиты по току, температуре и напряжению; схема управления (Control logic); H-мост на биполярных транзисторах B1, B2, H1, H2. Режимы работы микросхемы задаются управляющими сигналами на выводах 8 (Di1), 9 (Di2): лог. 1/лог. 1 – открыты транзисторы H1, H2 (режим торможения); лог. 0/лог. 1 – открыты транзисторы B1, H2 (режим CCW); лог. 1/лог. 0 – открыты транзисторы B2, H1 (режим CW); лог. 0/лог. 0 – все транзисторы закрыты («Стоп» или режим холостого хода).

TB6552FN/FNG (корпус SSOP16-P-225-0.65B), TB6552FL/FLG (корпус QON24-P-0505-0.50) – сдвоенный мостовой драйвер с низким выходным сопротивлением; микросхема разработана в 2007 г., структура и нумерация выводов микросхем в корпусах SSOP16 приведена на рис. 6. В её состав входят:

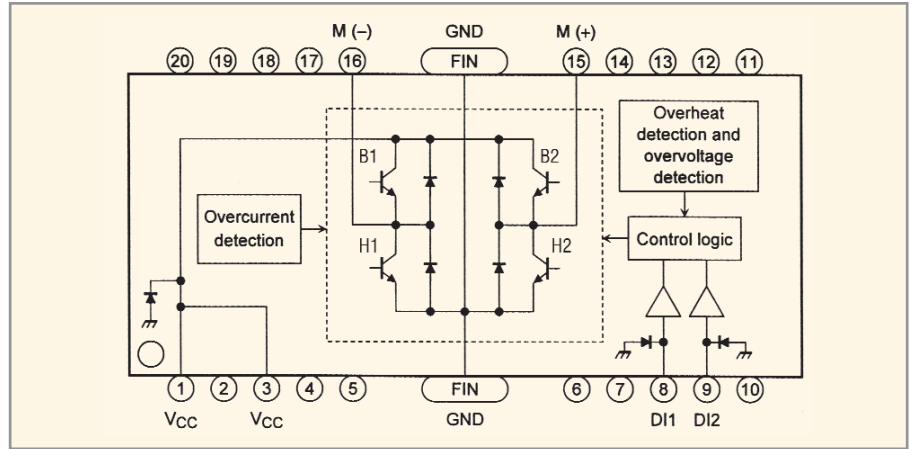


Рис. 5. Структура микросхемы TA8050FG

Overcurrent detection – схема защиты по току; Overheat detection and overvoltage detection – схемы температурной защиты и защиты по напряжению; Control logic – схема управления

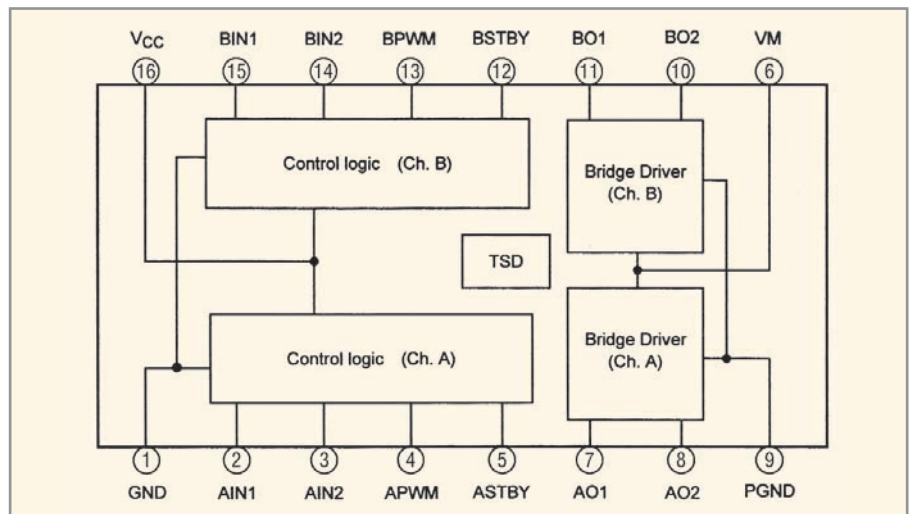


Рис. 6. Структура микросхем TB6552FN/FNG

Control logic – схемы управления каналов А и В; Bridge Driver – полномостовые драйверы каналов А и В; TSD – схема температурной защиты

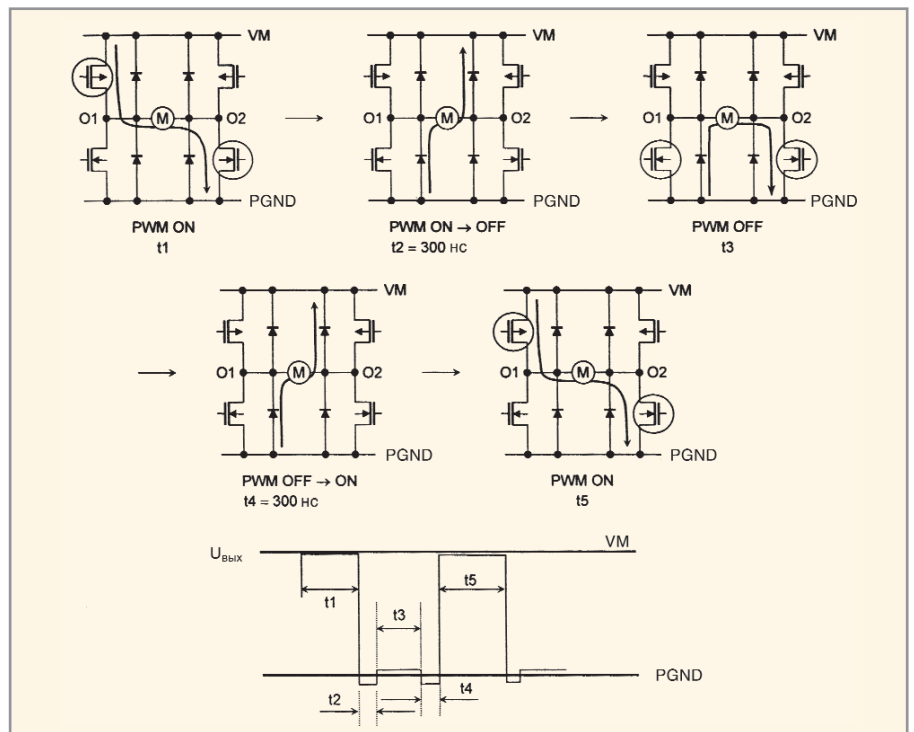


Рис. 7. Логика работы и временная диаграмма микросхем TB6552

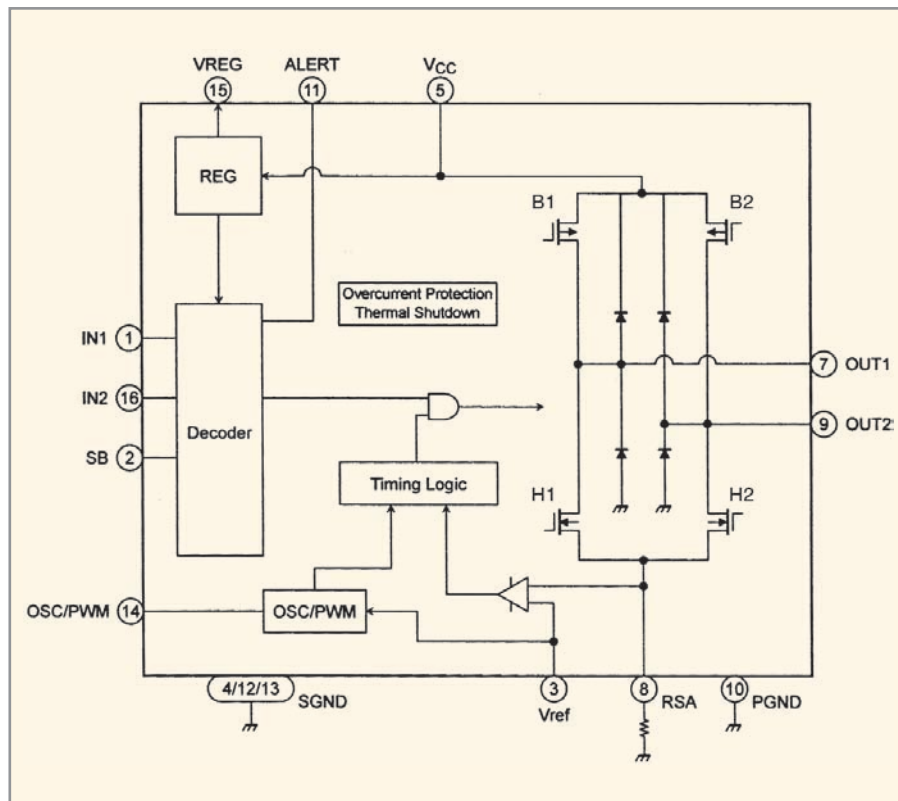


Рис. 8. Структура микросхем TB6558FG

REG – стабилизатор напряжения; Decoder – схема управления; Overcurrent Protection, Thermal Shutdown – схемы защиты по току и температурной защиты; Timing Logic – схема синхронизации; OSC/PWM – задающий генератор импульсов

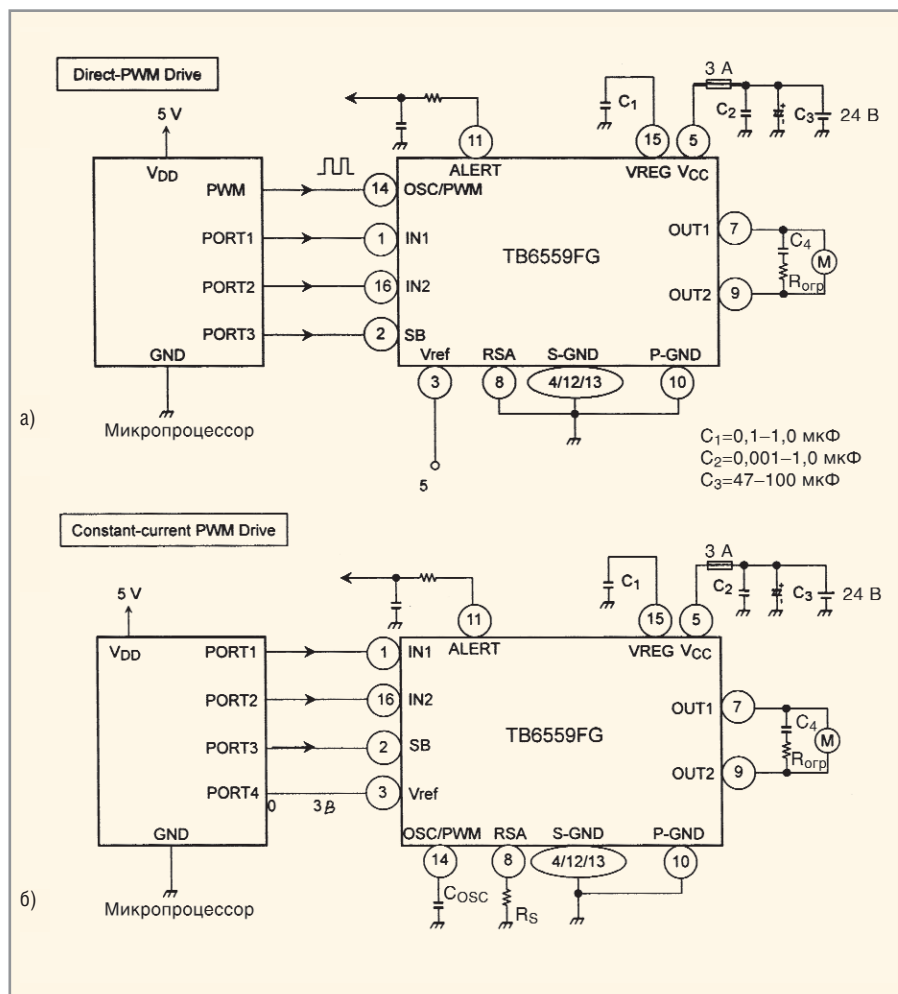


Рис. 9. Схемы включения микросхем TB6559FG в режимах Direct-PWM Drive, Constant-current PWM Drive

схемы управления, мостовые драйверы на КМОП-транзисторах, схема температурной защиты. Назначение выводов микросхем TB6552FN/FNG (в скобках TB6552FL/FLG): 1 (21) – общий вывод слаботочных цепей; 2 (18) – вход управления 1 канала А; 3 (17) – вход управления 2 канала А; 4 (16) – ШИМ-вход управления канала А; 5 (15) – вход включения дежурного режима канала А; 7 (13) – выход 1 канала А; 8 (11) – выход 2 канала А; 9 (10) – общий вывод силовых цепей; 6 (14) – напряжение питания двигателей; 10 (8) – выход 2 канала В; 11 (5) – выход 1 канала В; 12 (4) – вход включения дежурного режима канала В; 13 (3) – ШИМ-вход управления канала В; 14 (2) – вход управления 2 канала В; 15 (1) – вход управления 1 канала В; 16 (22) – напряжение питания схем управления и защиты.

Режимы работы микросхем «Вперёд»/«Назад» (CW/CCW), «Стоп», «Торможение» (Short brake), «Дежурный» (Standby) задаются сигналами управления на входах AIN1/2, BIN1/2, ASTBY, BSTBY. Скорость вращения двигателей осуществляется регулировкой скважности ШИМ-сигналов, подаваемых на входы APWM, BPWM. Логика управления и временная диаграмма сигналов на выходах AO1, BO1 в рабочем режиме показаны на рис. 7, PWM ON соответствует лог. 1 на входах APWM, BPWM (интервалы  $t_1, t_5$ ), PWM OFF – лог. 0 (интервал  $t_3$ ), PWM ON/OFF, PWM OFF/ON – интервалам переключения  $t_2, t_4$ . При отсутствии необходимости регулировки скорости вращения двигателя, на входы APWM, BPWM следует подать сигнал лог. 1.

При проектировании схем управления электропривода необходимо иметь в виду следующее: конденсаторы фильтра по цепям VM, VCC следует устанавливать в непосредственной близости от микросхемы, а их отрицательные выводы подключать к выводам PGND, GND соответственно. Подключение помехоподавляющих конденсаторов между выходами AO1 и AO2, BO1 и BO2 следует осуществлять через резисторы, ограничивающие ток заряда. На печатной плате не следует соединять между собой цепи PGND и GND.

TB6559FG – полномостовой драйвер двигателей постоянного тока с выходными LDMOS-транзисторами с низким выходным сопротивлением. Структура и нумерация выводов микросхемы в корпусе HSOP16-P-300-1.00 приведена на рис. 8. В её состав входят: схема

управления (Decoder); задающий генератор импульсов (OSC/PWM); схема синхронизации (Timing Logic); стабилизатор напряжения (REG) и H-мост на КМОП-транзисторах В1/2, Н1/2. Назначения выводов микросхемы: 1, 16 – входы управления (IN1/IN2); 2 – вход переключения режимов «Рабочий»/«Дежурный» (start/standby); 3 – вход регулировки скважности ШИМ-импульсов (Vref); 4, 12, 13 – общий вывод; 5 – напряжение питания (Vcc); 7, 9 – выходы (OUT1/OUT2); 8 – вывод для контроля выходного тока (RSA); 10 – общий вывод силовых цепей; 11 – контрольный вывод (ALERT, 0 – нормальная работа, +5 В – включена защита); 14 – вывод для подключения времязадающего конденсатора и подачи ШИМ-импульсов (OSC/PWM); 15 – вывод для подключения конденсатора фильтра (VREG).

Режимы работы микросхем: «Рабочий» (CW/CCW), «Стоп», «Дежурный» (Standby), «Торможение» (Short brake), в свою очередь рабочие режимы реализуются в трёх вариантах. *Вариант 1*: на двигатели подаётся постоянное напряжение Vcc–Уси. Открытый, прямой

(CW) и обратный (CCW) ходы реализуются при подаче на входы IN1, IN2 сигналов управления с логическими уровнями «1»/«0» или «0»/«1» соответственно, при этом напряжения на выводах Vref, SB, OSC/PWM должны находиться в интервале 4,5-VREG. *Вариант 2* (Direct-PWM Drive): вместо логических уровней на входы IN1, IN2 подаются ШИМ-импульсы, логика работы соответствует показанной на рис. 7. *Вариант 3* (Constant-current PWM Drive) осуществляется в режиме внутренней ШИМ, скважность импульсов задаётся подачей постоянного напряжения в пределах 0...3 В на вывод Vref. Частота следования импульсов задаётся величиной ёмкости конденсатора Cosc, подключённого между выводом OSC/PWM и выводом SGND и определяется по формуле  $f_{osc} = 1 / \{0,523 \times C_{osc} [\text{Ф}] \times 3700 + C_{osc} [\text{Ф}] \times 600\} [\text{Гц}]$ . Диапазон частот внутреннего генератора изменятся в пределах от 50 кГц ( $C_{osc} \approx 8000$  пФ) до 500 кГц ( $C_{osc} \approx 900$  пФ); при  $C_{osc} = 4700$  пФ частота генерации  $f_{osc} \approx 100$  кГц. Схемы включения микросхем по вариантам 2, 3 приведены на рис. 9а, 9б соответственно.

При разработке схем электропривода следует руководствоваться следующими правилами: конденсаторы фильтра по цепи питания C2, C3 необходимо подключать между выводами Vcc и P-GND и располагать их как можно ближе к микросхеме. Цепи S-GND и P-GND должны соединяться между собой вблизи микросхемы, конденсатор C1 (Cosc) должен быть подключён к выводу S-GND рядом с микросхемой. Выходной ток I<sub>о</sub> в режиме внутренней ШИМ может быть ограничен при включении резистора обратной связи R<sub>s</sub> между выводом RSA и S-GND микросхемы. Ток I<sub>о</sub> определяется величиной напряжения на выводе Vref и сопротивлением внешнего резистора R<sub>s</sub> по формуле  $I_o = V_{ref} \times 1/6 \times 1/R_s$ ; например, при R<sub>s</sub> = 1 Ом и изменении Vref в пределах 0,5...3 В ток I<sub>о</sub> в ограничивается в пределах 83...500 мА. Помехоподавляющие конденсаторы C4 следует подключать через ограничительные резисторы R<sub>огр</sub>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.rohm.com/products/lsi/motor/>.
2. <http://www.semicon.toshiba.co.jp/eng/index.html>.

