

Мощные усилители Apex Microtechnology

аэрокосмического и военного назначения

Решение задач прецизионного управления исполнительными механизмами не обходится без применения мощных аналоговых устройств. При уровнях рабочих токов свыше 100 мА и напряжениях более 24 В сложность проектирования силовых цепей значительно увеличивается, так как наряду с электрическими характеристиками приходится учитывать тепловые режимы работы, способы защиты и т. д. Результатом собственных многолетних наработок компании Apex Microtechnology в данном направлении стал выпуск высокоинтегрированных компонентов, широко применяемых в различных областях промышленности. Отдельного внимания заслуживают устройства, предназначенные для ответственных применений, среди которых особое место занимает аппаратура гражданской и военной авиации, космических аппаратов, а также высоконадежное промышленное оборудование.

Константин Верхулевский

info@icquest.ru

Введение

Компания Apex Microtechnology разрабатывает и производит высокоэффективные гибридные и монокристаллические электронные компоненты. Уже в течение нескольких десятилетий компания специализируется на проектировании мощных опера-

ционных усилителей, ШИМ-усилителей и прецизионных источников опорного напряжения (ИОН). Интегральное и гибридное исполнение приборов обеспечивает большую надежность по сравнению с традиционными устройствами, выполненными на дискретных элементах, позволяет значительно снизить количество компонентов в схеме и тем самым сократить время, затрачиваемое на разработку и тестирование. Устройства Apex Microtechnology, обладающие уникальными техническими характеристиками, спроектированы для коммерческого и военного применения. Они могут использоваться в системах промышленного контроля, измерения и тестирования, в авиации и космосе, в системах вооружений, коммуникационном оборудовании, оптических и медицинских приборах [1].

В зависимости от назначения и условий эксплуатации вся продукция компании подразделяется на четыре группы, различающиеся диапазоном рабочих температур и доступным корпусным исполнением (табл. 1).

Компоненты коммерческого или промышленного назначения активно применяются в COTS (Commercial-Off-the-Shelf) программах, обеспечивающих перенос возможностей производства дорогих военных жестко стандартизированных элементов в коммерческие отрасли. В результате рынок электронных компонентов приобретает высоконадежные устройства, выполненные по более высоким стандартам качества, чем обычные для отрасли. Но при этом их цена является доступной для коммерческих разработок, потому что избыточные военные критерии не используются (идут отдельными опциями по желанию заказчика). Для более требовательных приложений предлагаются

Таблица 1. Классы продукции Apex Microtechnology

Класс продукции	Диапазон рабочих температур, °С	Типы корпусов
Коммерческий	0...+70	PowerSIP, TO-220, DDPACK, PSOP, бескорпусные модули, MO-127
Промышленный	-25...+85	PowerSIP, TO-220, DDPACK, PSOP, бескорпусные модули, MO-127
Ответственного назначения	-55...+125	TO-3, MO-127, PSOP
Военного назначения	-55...+125	TO-3



Рис. 1. Типы корпусов, применяемых при производстве мощных усилителей

Таблица 2. Компоненты, рекомендуемые для ответственных применений

Основное назначение	Тип продукции	Модели
Аудиоусилители, системы подавления вибрации	Мощные операционные усилители	PA02*, PA04, PA05, PA07*, PA10*, PA12*, PA73*, PA74*, PA75, PA76, MP38, MP39
	ШИМ-усилители	SA03, SA53, SA57, SA160, SA303, SA306, MSA240, MSA260
Управление пьезопреобразователями и магнитные системы отклонения	Мощные операционные усилители	MP108, MP111, MP118, PA02*, PA04, PA07*, PA08*, PA09*, PA10*, PA12*, PA50, PA52, PA73*, PA78, PA79, PA83*, PA84*, PA89, PA90, PA91, PA92, PA93, PA94, PA95
	Усилители мощности	PB50, PB51, PB58, PB63
Высоковольтные драйверы	Мощные операционные усилители	PA08*, PA78, PA79, PA85*, PA89, PA90, PA91, PA92, PA93, PA94, PA95, PA107DP, PA441, PA443
Приводы электродвигателей	Мощные операционные усилители	PA02*, PA04, PA05, PA07*, PA10*, PA12*, PA73*, PA74*, PA75, PA76, MP38, MP39
	ШИМ-усилители	SA03, SA53, SA57, SA160, SA303, SA306, MSA240, MSA260

* Доступны в военном исполнении.

сертифицированные изделия, в том числе и на соответствие требованиям военных стандартов. Они адаптированы для жестких условий внешней среды и работают в температурном диапазоне -55...+125 °С. Доступен широкий выбор корпусов: от пластиковых типа PowerSIP, отличающихся низкой стоимостью, до металлических герметизированных ТО-3 с долговременной температурной надежностью (рис. 1).

Усилители Apex для оборонной промышленности, авиации и космоса

В настоящее время Apex Microtechnology выпускает достаточно широкую линейку устройств ответственного назначения, используемых в электронной аппаратуре гражданской и военной авиации, космических аппаратах и высоконадежном промышленном оборудовании. Компоненты данных применений поставляются как в коммерческом исполнении, так и в высоконадежном, в том числе и полностью соответствующем требованиям стандарта MIL-STD-883 (табл. 2). Они могут использоваться для управления исполнительными механизмами (клапанами, задвижками и т. д.), в низкочастотных гидролокаторах, в бортовых системах индикации показаний радионавигационного и радиолокационного оборудования, в драйверах линейных и роторных электродвигателей, генераторах сигналов, программируемых источниках питания, сервоусилителях постоянного тока, в сварочных аппаратах и во многих других устройствах, требующих прецизионного управления [2].

Мощные операционные усилители

Мощные операционные усилители Apex Microtechnology представляют собой уникальные по своим параметрам высокофункциональные устройства, сочетающие в себе высокие уровни питающих напряжений, точность и максимальное быстродействие наряду с малыми токами покоя и отличной линейностью. Они условно подразделяются на высоковольтные, сильноточные и быстродействующие (с высокой скоростью нарастания выходного напряжения). Максимальные характеристики отдельных представителей семейства достигают величин 1200 В, 50 А и 3000 В/мкс соответственно (табл. 3).

Высоковольтными считаются операционные усилители с полным диапазоном напряжения питания более 100 В при однополярном подключении (или более ±50 В при двуполярном).

Таблица 3. Основные характеристики мощных операционных усилителей Apex Microtechnology

Модель	Напряжение питания, В (макс.)	Выходной ток, А (макс.)	Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	Ток потребления в режиме ожидания, мА (макс.)	Рассеиваемая мощность, Вт (макс.)	Тип корпуса	Примечание
PA02	38	5	20	40	48	ТО-3 (8 выв.)	
PA04	200	20	50	90	200	МО-127 (12 выв.)	Высокоскоростной
PA05	100	30	100	120	250		
PA07	100	5	4	30	67	ТО-3 (8 выв.)	Высокоскоростной
PA08	300	0,15	30	8,5	17,5		
PA09	80	2	200	85	78		
PA09M	80	3	200	85	78		
PA10	90	5	3	30	67		
PA12	90	10	4	50	125		
PA12A	100	15	4	50	125		
PA12H	90	1	4	100	6		
PA50	100	40	50	36	400	МО-127 (12 выв.)	
PA50A	100	50	50	36	400		
PA52	200	40	50	36	400		
PA52A	200	50	50	36	400	ТО-3 (8 выв.)	
PA73	60	5	2,6	5	67		
PA74	40	5 (2 канала по 2,5 А)	1,4	40	36/60		
PA74A	40	6 (2 канала по 3 А)	1,4	40	36/60		
PA75	40	3 (2 канала по 1,5 А)	1,4	10	19/28	ТО-220 (7 выв.), DDPACK (7 выв.)	
PA76	40	5 (2 канала по 2,5 А)	1,4	40	36/60	ТО-3 (8 выв.)	
PA76A	40	6 (2 канала по 3 А)	1,4	40	36/60		
PA78DK	350	0,15	350	2,5	23	PSOP (20 выв.)	Высокоскоростной
PA79DK	350	0,15	350	2,5	26		
PA83	300	0,075	30	8,5	17,5	ТО-3 (8 выв.)	Высокоскоростной
PA84	300	0,04	180	7,5	17,5		
PA89	1200	0,075	30	6	40	МО-127 (12 выв.)	
PA90	400	0,2	300	14	30	POWERSIP (12 выв.)	Высокоскоростной
PA91	450	0,2	300	14	30		
PA92	400	4	50	14	80		
PA93	400	8	50	14	125		
PA94	900	0,1	700	24	30	POWERSIP (8 выв.)	Высокоскоростной
PA95	900	0,1	30	2,2	30		
PA96	300	1,5	250	18	83	ТО-3 (8 выв.)	Высокоскоростной
PA97	900	0,01	8	1	5	SIP-7	
PA107DP	200	5	3000	35	60	POWERSIP (12 выв.)	Высокоскоростной
PA441DF	350	0,6	32	2,2	12	PSOP (24 выв.)	
PA441DW	350	0,6	32	2,2	9	SIP-10	
PA443DF	350	1,2 (2 по 0,6 А)	32	2,2	12	PSOP (24 выв.)	
MP38CL	200	7	63	24	125	DIP-30	
MP38CLA	200	8	63	24	125		
MP39CL	100	10	10	24	125		
MP39CLA	100	11	10	24	125		
MP108FDA	200	11	170	65	100		
MP108FD	200	10	170	65	100		
MP111FD	100	15	130	157	170		
MP118FD	200	10	65	26	100		
PB50	200	2	100	25	35	ТО-3 (8 выв.)	Высокоскоростной, усилитель мощности
PB51	300	1,5	100	18	83	POWERSIP (12 выв.)	
PB58	300	1,5	250	35	70	ТО-3 (8 выв.)	
PB63	175	2	1000	20	35	POWERSIP (12 выв.)	

Старший представитель линейки высоковольтных усилителей PA89 и вовсе имеет рекордные показатели 1200 В (или ± 600 В). Он характеризуется максимальным выходным током 75 мА (100 мА в импульсе) и выходным пиковым напряжением свыше 1000 В (при включении двух PA89 по мостовой схеме — свыше 2000 В). Также заслуживает внимания сверхвысоковольтный гибридный усилитель PA94, позиционируемый для работы с пьезоэлектрическими или электростатическими преобразователями. Помимо высокого питающего напряжения (900 В), он выгодно отличается хорошим быстродействием, скорость нарастания его выходного напряжения достигает величины 700 В/мкс. На выходе обеспечивается максимальный постоянный ток 100 мА, значение импульсного тока может увеличиваться до 200 мА (при емкостной нагрузке), максимальная рассеиваемая мощность составляет 30 Вт (без радиатора при 25 °С), номинальное значение тока покоя не превышает 17 мА [3]. Высокую линейность обеспечивает выходной каскад на полевых транзисторах, работающий в режиме АВ. Для улучшения теплоотвода мощные транзисторы припаиваются к подложке. Конструктивно усилитель изготавливается в герметичном, электрически изолированном корпусе PowerSIP. Малогабаритный 8-выводный корпус, занимающий на печатной плате площадь не бо-

лее 5 см², идеально подходит для устройств, критичных к габаритам применяемых электронных компонентов. На рис. 2 приведены внутренняя структура и схема типового подключения PA94.

Усилитель отличается гибкостью применения: с помощью внешних цепей компенсации задаются полоса пропускания и скорость нарастания выходного напряжения. При соответствующем подборе ограничительного резистора усилитель используется со всеми видами нагрузок. Для корректного и безопасного функционирования устанавливается токоограничивающий резистор R_{lim} с сопротивлением не менее 3,5 Ом. В общем случае его величина рассчитывается из соотношения $R_{lim} = 0,7/I_{lim}$. Номинал конденсатора C_c , предназначенного для коррекции частотной характеристики, зависит от коэффициента усиления и принимает значения 2,2–22 пФ. Несмотря на то, что PA94 способен выдерживать входное дифференциальное напряжение ± 20 В, рекомендуется дополнительная внешняя защита. В большинстве приложений достаточно подключить диоды, например 1N4148 или 1N914 (D1 и D2 на рис. 2). Также опциональной является защита источника питания с помощью однонаправленных супрессоров.

Высокое качество сигнала является отличительной чертой компонентов четвертого поколения PA44x, изготавливаемых на основе

не рекомендуемых для дальнейших разработок изделий серии PA34x. Две одноканальные (PA441DF и PA441DW) и одна двухканальная (PA443DF) монолитные ИС обладают улучшенными характеристиками и выделяются на фоне остальных минимальным уровнем шумов выходного напряжения (среднеквадратичное значение 12 мкВ на частоте 20 кГц), что позволяет применять их в качестве высоковольтных драйверов для управления пьезоэлектрическими приводами. Усилители работают в широком диапазоне напряжений питания до ± 175 В, непрерывный выходной ток составляет 60 мА с пиковым значением 120 мА, двухканальный вариант обеспечивает удвоенное значение тока выхода, потребляя при этом всего 2,2 мА. Все три ИС имеют низкий показатель напряжения смещения, равный 5 мВ при температуре 25 °С и не более 20 мВ в температурном диапазоне $-40 \dots +125$ °С. Усилители PA441DF и PA443DF поставляются в 24-выводных пластиковых корпусах PSOP, тогда как PA441DW доступен в электрически изолированном 10-контактном керамическом корпусе форм-фактора SIP [4].

Группу сильноточных приборов образуют устройства, обеспечивающие выходной ток 1–50 А. Максимальный показатель среди всех усилителей Apex имеют модели PA50A и PA52A с выходом 50 А. Микросхемы обла-

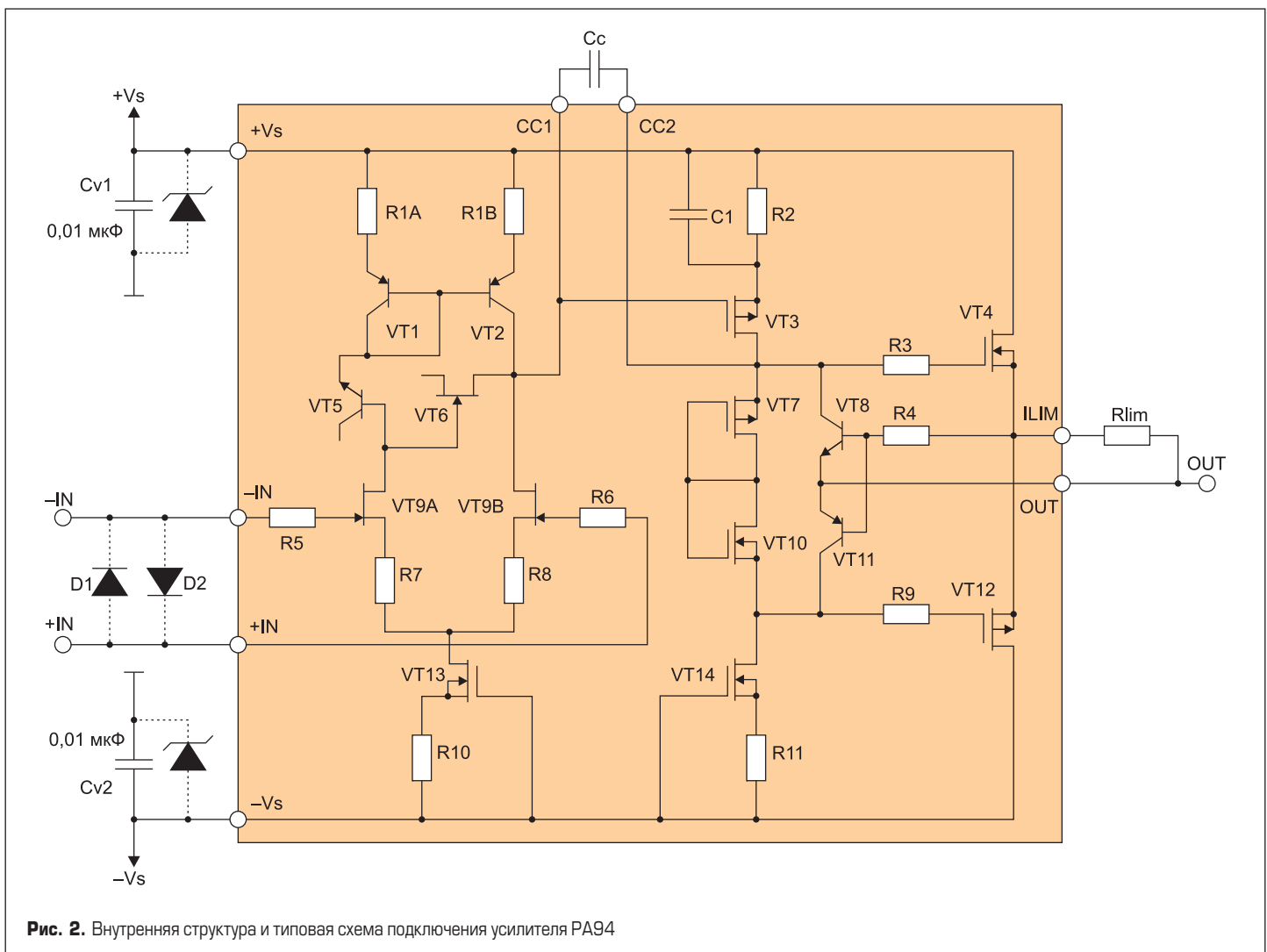


Рис. 2. Внутренняя структура и типовая схема подключения усилителя PA94

дают аналогичными техническими характеристиками, различие заключается в напряжении питания (100 В — у PA50A и 200 В у PA — 52A). Стоит обратить внимание и на PA05 — усилитель с выходным током 30 А, напряжением питания 100 В и максимальным значением рассеиваемой мощности до 250 Вт. Выпускаемый в герметически изолированном корпусе MO-127, он обладает превосходной теплопроводностью. Ключевая особенность PA05 — гибкость применения. Встроенная цепь ограничения выходного тока, интегрированный температурный датчик и наличие функции удаленного отключения обеспечивают надежное функционирование в области устойчивой работы (SOA). Для увеличения выходной мощности применяется раздельное питание входного и выходного каскадов. При этом вольтодобавочные выводы +V_{boost} и -V_{boost} соединяются с дополнительным источником питания с напряжением на 20 В большим, чем у основного, подключаемого к контактам +V_s и -V_s [5].

К быстродействующим относится усилители, скорость нарастания выходного напряжения которых превышает 100 В/мкс. Старшей моделью в линейке высокоскоростных мощных усилителей Apex Microtechnology является PA107DP с величиной значимого параметра 3000 В/мкс. Данный усилитель предназначен для управления резистивной, емкостной и индуктивной нагрузками, он может работать от источника питания с напряжением до 200 В, характеризуется широкой полосой пропускания 180 МГц и выходным током 1,5 А (до 5 А в импульсе).

Также компания предлагает бескорпусные усилители серии MP, выпускаемые с целью снижения стоимости продукции. Конструктивно модули выполнены в форм-факторе, соответствующем корпусам серии DIP (DIP-30, DIP-34 и DIP-42). В целом общее снижение стоимости изделий достигает 75% по сравнению с теми, в которых используются гибридные компоненты.

Для увеличения выходной мощности, достижения минимального выходного сопротивления и обеспечения корректной работы на нагрузку с высокой емкостью успешно используются широкополосные буферные усилители серии PB. Типовое применение подразумевает соединение ОУ данной серии с малосигнальными операционными усилителями общего назначения, выбранными на усмотрение разработчика. В настоящее время семейство PB представлено четырьмя компонентами, предназначенными для высоковольтного измерительного оборудования, источников питания и электростатических преобразователей [6]. Все устройства имеют схожую внутреннюю структуру. Входные каскады выполняются на основе биполярных транзисторов, подключаемых по схеме с ОЭ, каскад усиления напряжения — на МОП-транзисторах с общим истоком и выходной каскад — на двух комплементарных МОП-транзисторах. Усилитель PB50, рассчитанный на напряжение питания 200 В, выходной ток до 2 А и скорость нарастания напряжения 50 В/мкс, изготавливается

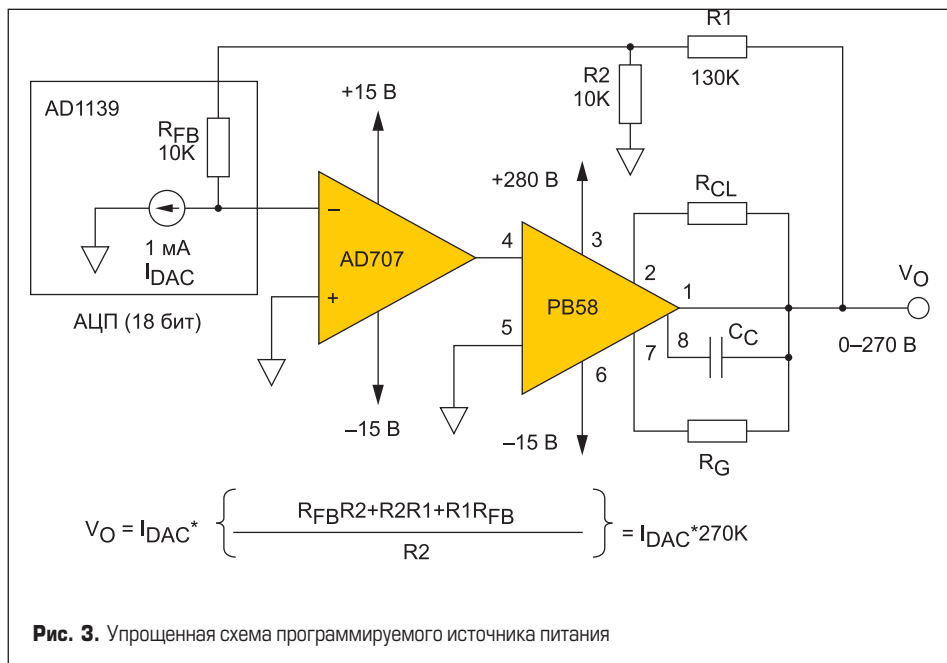


Рис. 3. Упрощенная схема программируемого источника питания

в герметичном 8-выводном корпусе TO-3. Максимальной выходной мощностью обладают PB51 и PB58 с выходным током 1,5 А и напряжением питания 300 В. Самый быстродействующий представитель серии — двухканальный усилитель мощности PB63 со временем нарастания 1000 В/мкс работает при напряжениях питания ±20...±75 В. Он способен долговременно обеспечивать выходной ток до 2 А. Его двухканальность позволяет создавать печатные платы с высокой плотностью размещения элементов.

Типовая схема подключения буферного усилителя мощности (на примере PB58) приведена на рис. 3. Изображенная упрощенная схема программируемого источника питания позволяет оценить гибкость эксплуатации компонентов серии PB. Наряду с высокими выходными энергетическими показателями полученный источник питания обладает отличной стабильностью характеристик и хорошим быстродействием.

ИС AD707 компании Analog Devices с чрезвычайно низким напряжением смещения, выступающая в качестве предварительного усилителя, применяется для получения максимально эффективного преобразования сигнала 18-битного ЦАП AD1139. Точность составного усилителя во многом зависит

от делителя, состоящего из резисторов R1 и R2 и образующего обратную связь по напряжению, поэтому производителем рекомендуется использовать компоненты с низким температурным коэффициентом.

ШИМ-усилители

Проектируемые схемы с применением линейных операционных усилителей при всех своих достоинствах имеют один существенный недостаток — при уровнях мощности более 200 Вт требования к таким параметрам, как отвод тепла, занимаемое место на плате и число компонентов, значительно ужесточаются, что приводит к усложнению и удорожанию разрабатываемого устройства. Более привлекательной альтернативой в этом случае являются ШИМ-усилители, КПД которых часто превышает 95%, поэтому они требуют в значительной степени меньший отвод тепла.

Группа ШИМ-усилителей компании Apex Microtechnology, которые рекомендуются для высоконадежных применений, в настоящее время представлена девятью моделями, предназначенными преимущественно для управления электродвигателями и выпускаемыми в зависимости от значений выходного тока в интегральном исполнении или в виде бескорпусных модулей (табл. 4).

Таблица 4. Основные характеристики ШИМ-усилителей Apex Microtechnology для ответственных применений

Наименование	Выходной ток, А (пост.)	Напряжение питания, В (макс.)	Частота переключения, кГц (тип.)	Рассеиваемая мощность, Вт (макс.)	Тип корпуса
SA03	30	100	22,5	300	MO-127 (12 выв.)
SA53	3	60	100	17	PSOP (44 выв.)
SA57A	8	60	100	17	PSOP (44 выв.)
SA160	10	80	45	800	POWER SIP (12 выв.)
SA160A	14	80	45	1200	POWER SIP (12 выв.)
SA303	3	60	100	17	PSOP (44 выв.)
SA306A	8	60	100	17	PSOP (44 выв.)
MSA240	20	100	50	250	DIP-58
MSA260	20	450	50	250	DIP-58

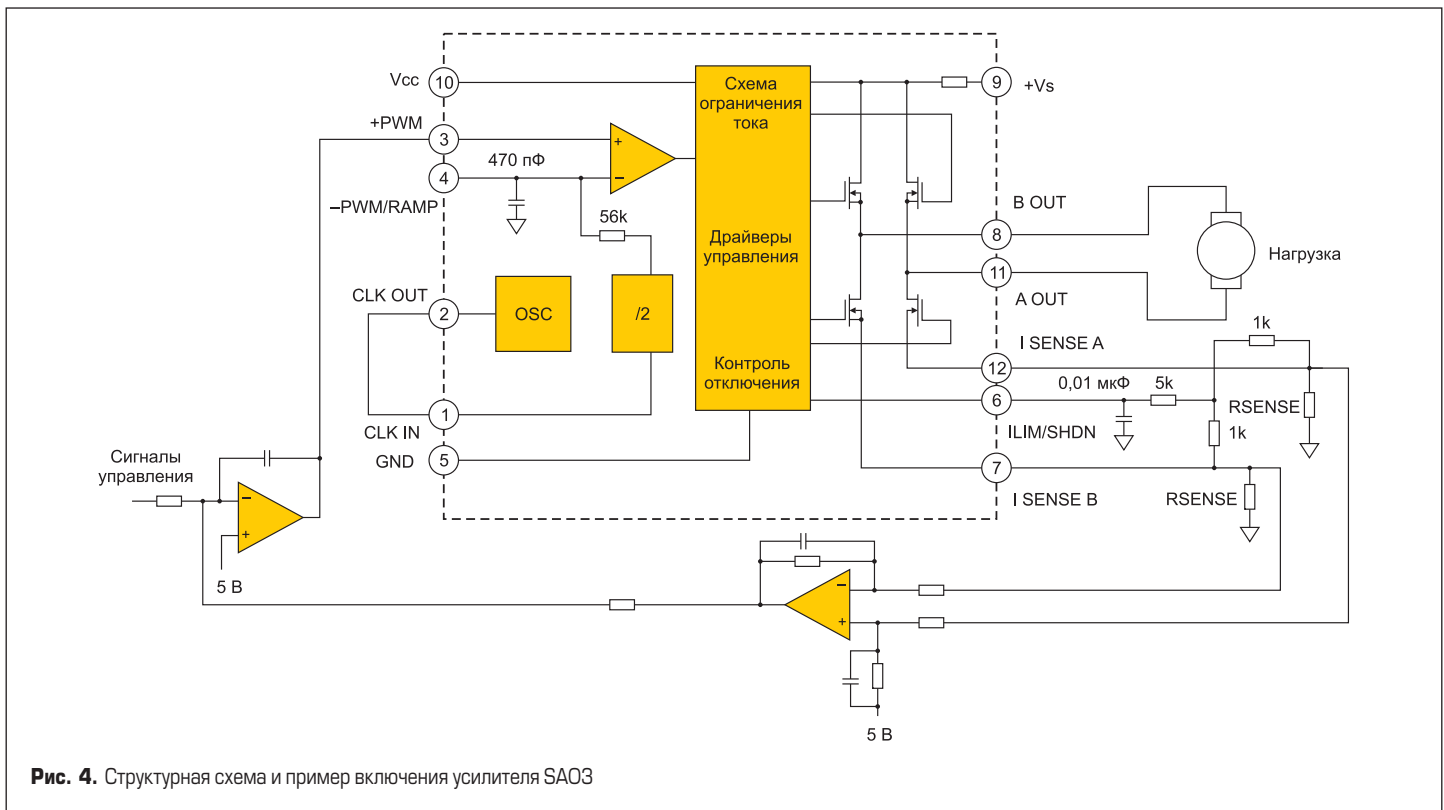


Рис. 4. Структурная схема и пример включения усилителя SA03

Среди всех устройств, построенных по мостовой и полумостовой схеме, максимальным уровнем выходного тока отличается усилитель SA03, имеющий КПД, равный 97%, и полную отдаваемую мощность 3000 Вт. При этом 12-выводный герметичный корпус МО-127 занимает на печатной плате площадь не более 15 см². Его структурная схема и пример включения приведены на рис. 4.

Усилитель может синхронизироваться внешним или внутренним генератором [7]. Встроенный генератор с номинальной частотой 45 кГц не требует подключения внешних компонентов, в приведенной схеме с помощью входного делителя на 2 обеспечивается рабочая частота переключения в 22,5 кГц. Внешний источник тактовых сигналов может использоваться для понижения частоты либо

для синхронизации нескольких усилителей. Также SA03 имеет необходимые для безопасного функционирования схемы защиты. Контроль тока осуществляется с помощью выводов I SENSE A, B. При этом определяются значения амплитуды и направления токов для каждой половины моста, а вход отключения SHDN выключает все четыре транзистора H-моста. Схема ограничения тока предохраняет усилитель от короткого замыкания на источник питания или общий провод, а также дополнительно на нагрузку. Выходной каскад SA03, выполненный на полевых транзисторах, защищается от тепловых перегрузок путем непосредственного контроля температуры кристалла.

Усилитель SA53 с выходным током 3 А и его аналог SA57A с 8 А изготавливаются в 44-выводных низкопрофильных корпусах PSOP для планарного монтажа, отличающихся превосходными тепловыми характеристиками. Они относятся к классу недорогих интеллектуальных ШИМ-усилителей, предназначенных для управления электродвигателями постоянного тока и исполнительными механизмами на соленоидах [8]. Из основных особенностей можно выделить широкий диапазон напряжений питания силовой части, составляющий 8,5–60 В, а также наличие встроенной логики управления затворами транзисторов с цепями формирования «мертвого времени» и предотвращения сквозных токов. Два независимых полумоста обеспечивают пиковый выходной ток 10 А (SA53) и 17 А (SA57A).

Структурная схема, на которой показаны основные логические цепи одного полумоста усилителя SA53, изображена на рис. 5.

Запатентованная технология изготовления позволяет размещать на одном кристалле низковольтную КМОП-логику и силовые

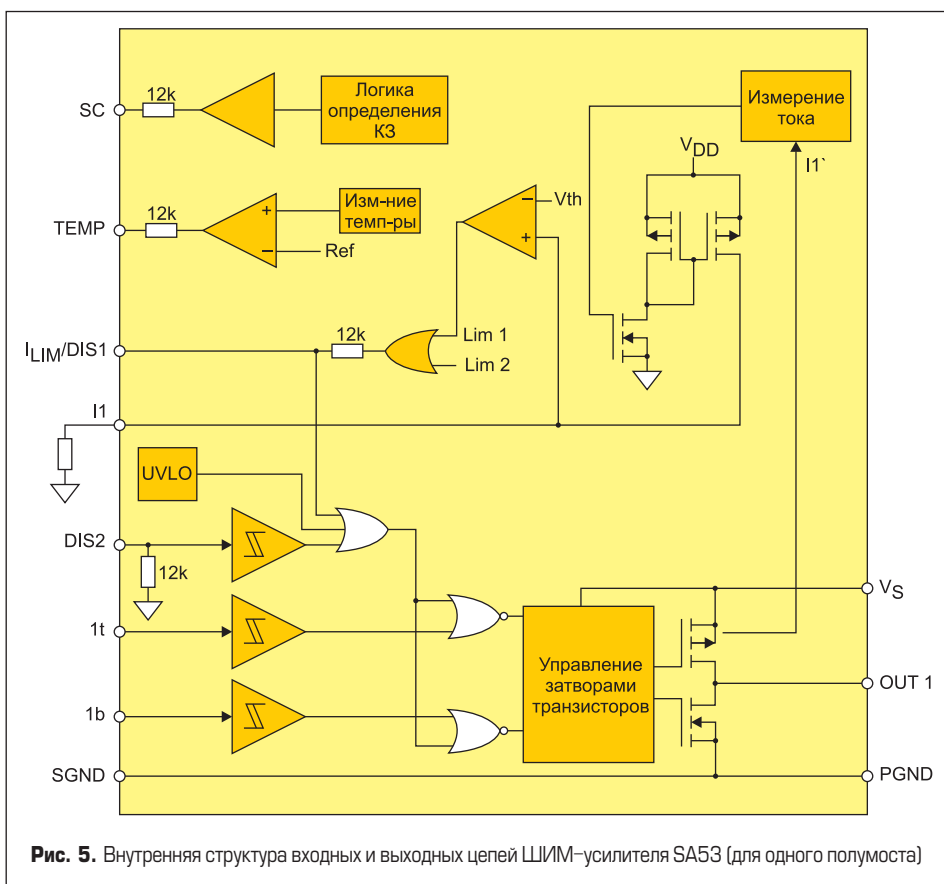


Рис. 5. Внутренняя структура входных и выходных цепей ШИМ-усилителя SA53 (для одного полумоста)

ДМОП-устройства. Независимое измерение тока каждого полумоста, необходимое для регулировки скорости вращения двигателя, не требует применения внешнего шунтирующего резистора. Напряжение, пропорциональное выходному току, снимаемому с P-канального полевого транзистора, появляется на резисторах, подключенных к выводам I1 и I2. Встроенные цепи защиты генерируют аварийные сигналы короткого замыкания (SC), превышения тока ($I_{LIM}/DIS1$) и температуры (TEMP) при возникновении соответствующих ситуаций, организуя, таким образом, необходимую для безопасной работы обратную связь с контроллером всей системы. Дополнительно доступно аппаратное ограничение пикового тока, не требующее применения микроконтроллера или DSP-процессора. При превышении заданного порога V_{th} устанавливаемого для SA53 на уровне 3,75 В (с гистерезисом 100 мВ), все транзисторы выходного каскада отключаются.

ИС SA303 и SA306A представляют собой высокоинтегрированные трехфазные аналоги усилителей SA53 и SA57A, полностью совместимые с ними по основным техническим параметрам. Они предназначены для управления трехфазными электродвигателями постоянного тока. На рис. 6 представлена типовая схема подключения ШИМ-усилителя SA303.

ИС SA160 и SA160A, предназначенные для управления коллекторными электродвигате-

лями и для работы на реактивную нагрузку, предлагаются в качестве замены устаревшему усилителю SA60, не рекомендованному для дальнейших разработок [9]. Они представляют собой повыводно совместимые с предшественником ШИМ-усилители класса D, ключевой особенностью которых является чрезвычайно низкое сопротивление канала исток-сток $R_{DS(on)}$ у ключевых элементов (140 мОм в диапазоне рабочих температур $-40...+85$ °C). Это способствует снижению тепловыделения почти в 2 раза по сравнению с тем, что было у SA60. Разработанные с использованием топологии H-моста, устройства имеют одинаковое напряжение питания 80 В и КПД, равный 97%, но различаются максимальной выходной мощностью, которая составляет 800 Вт для SA160 и 1200 Вт для версии SA160A. Управляющий ШИМ-сигнал как в ИС SA160, так и в усилителе SA160A может быть сгенерирован самим компонентом. Он задается вплоть до значения 125 кГц внешним конденсатором. Также оба усилителя могут работать с внешним задающим сигналом частотой до 250 кГц. Интеллектуальные схемы драйверов верхнего и нижнего плеча являются независимыми. Компоненты выпускаются в герметичном 12-контактном корпусе форм-фактора PowerSIP, для заказа доступны две его модификации. Стандартная версия DP предназначена для

вертикального монтажа, а альтернативный вариант EE — для монтажа компонента под углом 90° в разработках, где печатная плата располагается параллельно теплоотводу усилителя.

Использование в своих разработках нового поколения высокомощных ШИМ-усилителей с повышенными уровнями интеграции способствует модернизации систем управления двигателем и уменьшению их стоимости. Применение новых ИС MSA240 и MSA260, изготавливаемых на основе технологии Open Frame (бескорпусные модули в форм-факторе типа DIP), позволило уменьшить стоимость более чем на 70% по сравнению со стоимостью аналогичных устройств в герметичных корпусах [10]. Максимальные характеристики имеет усилитель MSA260 с напряжением питания до 450 В и номинальным выходным током 20 А, его аналог MSA240 рассчитан на меньшие напряжения (до 100 В). Конструктивно оба устройства включают в себя генератор, компаратор, усилитель рассогласования, компараторы ограничения тока, 5-В источник опорного напряжения и управляющий контроллер. Выходной каскад MSA260 состоит из IGBT-транзисторов, соединенных по мостовой конфигурации, тогда как в усилителе MSA240 в качестве силовых применяются MOSFET-устройства. Все эти

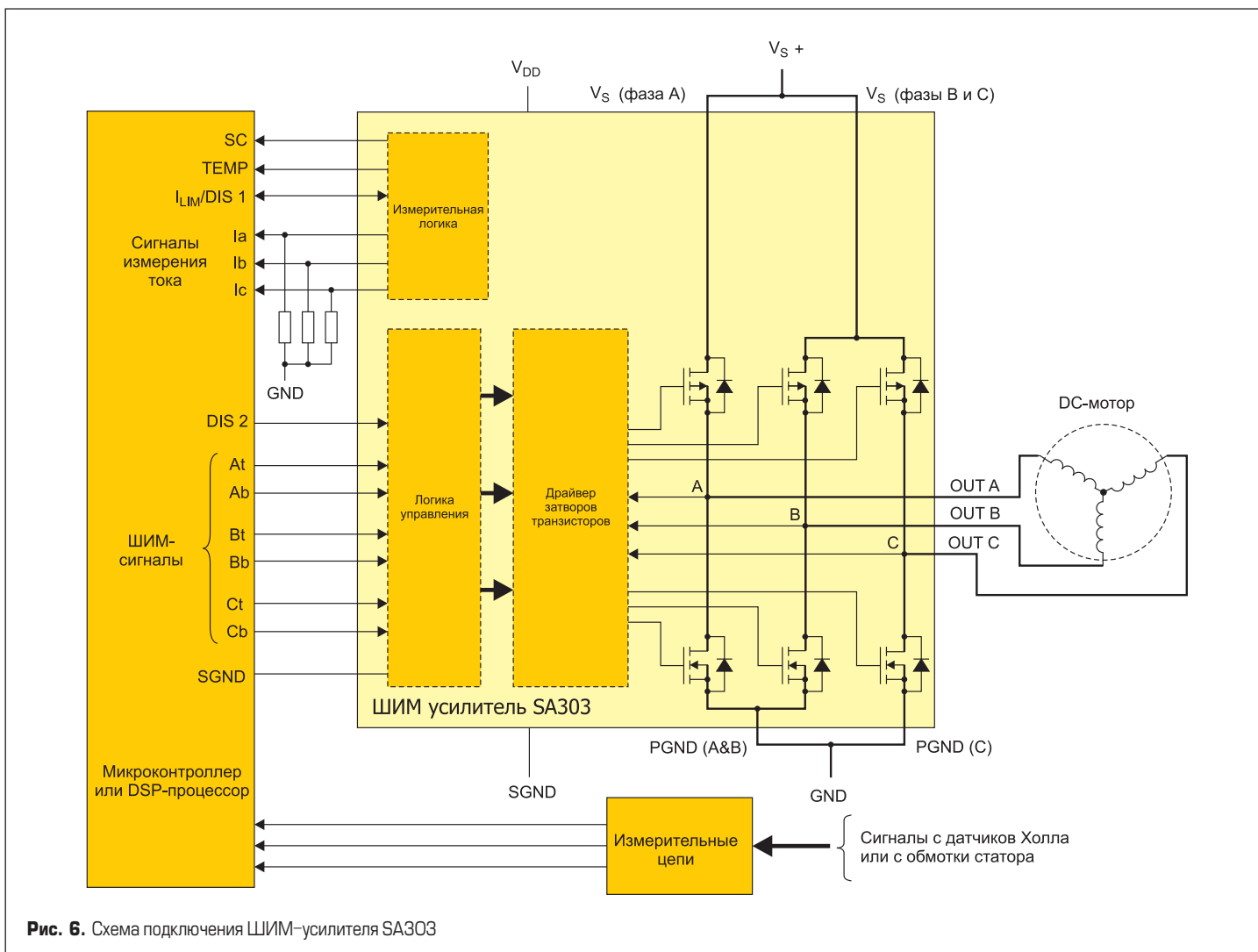


Рис. 6. Схема подключения ШИМ-усилителя SA303



Рис. 7. Внешний вид усилителя MSA240

элементы располагаются на одной печатной плате (рис. 7). Усилитель рассогласования на входе может использоваться как дифференциальный усилитель для обслуживания нескольких схем управления двигателем. Рабочая частота коммутации MSA240 и MSA260 может достигать 50 кГц, при необходимости возможна ее регулировка. Путем добавления внешних цепей, измеряющих и сравнивающих ток элементов выходных каскадов, на базе усилителя легко реализуется драйвер двигателя с поддержкой управления крутящим моментом по 4-квadrантному принципу.

Средства технической поддержки

Чтобы облегчить проектирование и ускорить вывод готового изделия на рынок, компания Apex Microtechnology предоставляет полную техническую поддержку. Вся пред-

лагаемая информация доступна для ознакомления не только на официальном сайте компании, но и на его русскоязычном зеркале www.apexmicrotech.ru. Разработчикам наряду с полной технической документацией предлагаются руководства по выбору и по применению, SPICE-модели компонентов для схемотехнического моделирования, демонстрационные платы для оценки возможностей устройств, а также технические статьи, материалы семинаров и программа расчетов параметров принципиальных схем и радиаторов.

Средство проектирования Power Design представляет собой макрос для пакета MS Excel, предназначенный для расчета уровней мощности, стабильности схемы и параметров фильтров. Power Design содержит таблицы выбора конкретного изделия исходя из параметров напряжения, тока и частотных требований. Для точного расчета необходимого теплоотвода также имеются таблицы выбора радиаторов исходя из условий температурного сопротивления и типов применяемых корпусов.

Заключение

Устройства компании Apex Microtechnology уже несколько десятилетий занимают лидирующее положение на рынке мощных усилителей. Технология изготовления и параметры применяемых элементов постоянно совершенствуются, в связи с чем регулярно выпускаются новые изделия и модернизи-

руются уже существующие. Номенклатура каждого из семейств достаточно широка для того, чтобы выбрать компоненты с требуемым значением ключевого параметра. Их применение позволяет значительно повысить надежность и сократить время разработки, снизить стоимость проекта в целом и найти решение, которое было нереализуемо из-за его дороговизны в дискретном исполнении или просто невозможно по техническим причинам.

Литература

1. www.apexanalog.com.
2. Defense and aerospace solutions // Product summary guide. 2014, August // www.apexanalog.com.
3. PA94: High voltage power operational amplifier // Datasheet. 2012, October // www.apexanalog.com.
4. PA441DF/PA441DW/PA443DF: 350V single, dual low-noise power amplifier // Product overview. 2012 // www.apexanalog.com.
5. PA05: Power operational amplifier // Datasheet. 2012, September // www.apexanalog.com.
6. Power booster applications // Application note. 2012, October // www.apexanalog.com.
7. SA03: Pulse width modulation amplifier // Datasheet. 2012, October // www.apexanalog.com.
8. SA53: Switching amplifier // Datasheet. 2012, October // www.apexanalog.com.
9. SA160: H-bridge motor driver/amplifiers // Datasheet. 2013, October // www.apexanalog.com.
10. MSA240: Pulse width modulation amplifiers // Datasheet. 2014, July // www.apexanalog.com.