

Операционные усилители Arpx Microtechnology промышленного назначения

Мощные операционные усилители (ОУ) представляют собой особый класс изделий, объединяющий устройства с рабочими напряжениями более 50 В при однополярном включении (или более ± 25 В при двухполярном) и выходными токами свыше 1 А. Проектирование и изготовление подобных компонентов тесно связано с решением широкого спектра задач, которые, помимо получения заданных электрических характеристик, включают обеспечение тепловых режимов работы, способов защиты, учет паразитных элементов, выбор конструктива и многое другое. Компания Arpx Microtechnology предлагает свою линейку продукции данного типа. В статье дан обзор ключевых особенностей усилителей, обладающих рекордными энергетическими показателями и рекомендованных производителем для промышленного применения.

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ
info@icquest.ru

Введение

В настоящее время каталог компании состоит из мощных операционных (линейных) и импульсных (ШИМ) усилителей, а также прецизионных источников опорного напряжения (ИОН). Характерными особенностями продукции являются уникальные технические характеристики, низкая стоимость мощности, долговременная надежность, доступность средств отладки и технической поддержки, малый вес и габариты [1]. Использование компонентов Arpx Microtechnology позволяет значительно уменьшить количество элементов в схеме и сократить время, затрачиваемое на разработку и тестирование.

Мощные операционные усилители, обладающие высоким быстродействием и про-

стойкой использованием, составляют наиболее обширную группу устройств. Они успешно применяются в оборудовании военного и аэрокосмического назначения (схемах компенсации вибрации, гидролокаторах), медицинского назначения (аппаратуре ультразвуковой диагностики и магнитно-резонансной томографии, микроскопах и анализаторах) и, конечно, промышленного назначения (источниках питания, сварочном оборудовании, системах управления электроприводами, клапанами, соленоидами и другими исполнительными механизмами, пьезопреобразователями в струйных принтерах, двигателями постоянного тока в робототехнике и станках, а также при производстве полупроводников для фокусировки электронных лучей, тестирования и контроля электроники, литографии и точечной сварки). Далее

будут рассмотрены компоненты промышленного назначения.

Основные серии мощных операционных усилителей Arpx Microtechnology

Мощные операционные усилители Arpx Microtechnology представляют собой уникальные по своим параметрам многофункциональные устройства, сочетающие широкие диапазоны напряжений питания, высокие значения выходных токов, точность и максимальное быстродействие наряду с малыми токами покоя, низкими внутренними потерями и отличной линейностью (работа, как правило, в режиме АВ) [2]. Компоненты данного класса выпускаются в гибридном исполнении (серии РА и РВ) или в виде бес-

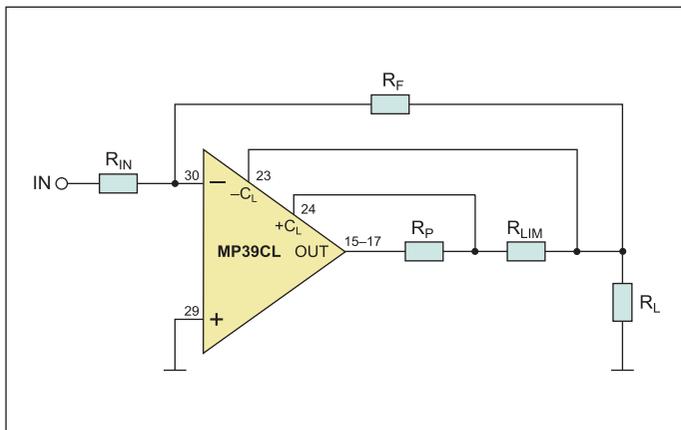


Рис. 1. Способ подключения токоограничивающего резистора для усилителя MP39CL

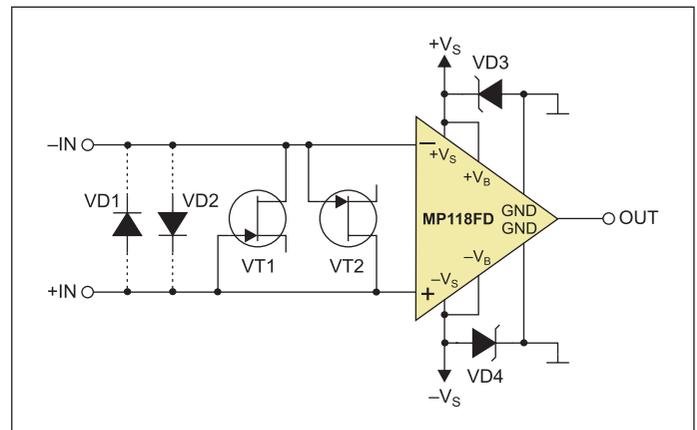


Рис. 2. Рекомендуемая схема защиты от перенапряжения на входе ОУ

Таблица. Основные характеристики операционных усилителей Арех промышленного назначения

Модель	Модификация	Напряжение питания, В (max)	Выходной ток, А (max)	Скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	Ток потребления в режиме ожидания, мА (max)	Рассеиваемая мощность, Вт (max)	Дополнительные функции	Тип корпуса
PA01	M, M/833	56	5	2,6	50	67	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA02	A, M/833	38	5	20	40	48	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA03	A	150	30	8	300	500	SD, OTP, ОСР, BAL	МО-127 (12 выводов)
PA04	A	200	20	50	90	200	ОСР, SL	МО-127 (12 выводов)
PA05	A	100	30	100	120	250	SD, ОСР	МО-127 (12 выводов)
PA07	A, M/833	100	5	4	30	67	ОСР, OTP, BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA08	A, M, M/833	300	0,15	30	6	17,5	ОСР, BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA09	A, M/833	80	5	200	85	78	ОСР, OTP, BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA10	A, M/833	100	5	3	30	67	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA12	A, H, M/833	100	15	4	50	125	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA13	A, EE	90	15	4	50	135	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA16	A, EE	38	5	20	40	62,5	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA50	A	100	40	50	36	400	—	МО-127 (12 выводов)
PA51	A, M/833	80	10	2,6	10	97	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA52	A	200	40	50	36	400	—	МО-127 (12 выводов)
PA61	A, M/833	90	10	2,8	10	97	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA73	M, M/833	60	5	2,6	5	67	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA74	A, M	40	5 (2 канала по 2,5 А)	1,4	40	36/60	ОТР	ТО-3 (8 выводов)
PA75	CC, CD, CX	40	2,5 (2 канала по 1,25 А)	1,4	10	19/28	ОТР	ТО-220 (7 выводов), DDPACK (7 выводов)
PA76	A, M	40	6 (2 канала по 3 А)	1,4	40	36/60	ОТР	ТО-3 (8 выводов)
PA78DK	—	350	0,15	350	2,5	23	ОСР	PSOP (20 выводов)
PA79DK	—	350	0,3 (2 канала по 0,15 А)	350	2,5	26	ОСР	PSOP (20 выводов)
PA81J	—	200	0,03	20	8,5	11,5	BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA82J	—	300	0,015	20	8,5	11,5	BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA83	A, M, M/833	300	0,075	30	8,5	17,5	BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA84	A, M, M/833	300	0,04	180	7,5	17,5	BAL	ТО-3 (8 выводов)
PA85	A, M	1000	0,2	450	25	30	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA88	A	450	0,1	30	2	15	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA89	A	1200	0,075	30	6	40	ОСР	МО-127 (12 выводов)
PA90	EE	400	0,2	300	14	30	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA91	EE	450	0,2	300	14	30	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA92	EE	400	4	50	10	80	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA93	EE	400	8	50	10	125	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA94	—	900	0,1	700	24	30	ОСР	POWERSIP (8 выводов)
PA95	EC	900	0,1	30	2,2	30	ОСР	POWERSIP (8 выводов)
PA96	—	300	1,5	250	18	83	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA97DR	—	900	0,01	8	1	5	—	POWERSIP (7 выводов)
PA98	A, EE	1000	0,2	450	25	30	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PA107DP	—	180	1,5	3000	30	62,5	—	POWERSIP (12 выводов)
PA119CE	A	80	4	900	120	75	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PA162DK	—	40	6 (4 канала по 1,5 А)	1,4	20	45	ОТР	PSOP (20 выводов)
PA441DF	—	350	0,6	32	2,2	12	ОСР	PSOP (24 вывода)
PA441DW	—	350	0,6	32	2,2	12	ОСР	POWERSIP (10 выводов)
PA443DF	—	350	1,2 (2 канала по 0,6 А)	32	2,2	12	ОСР	PSOP (24 вывода)
MP38CL	A	200	10	10	24	125	ОСР	DIP CL (30 выводов)
MP39CL	A	100	11	10	24	125	ОСР	DIP CL (30 выводов)
MP103FC	—	200	30 (2 канала по 15 А)	167	19	35 (на канал)	ОСР	DIP FC (42 вывода)
MP108FD	A	200	11	170	65	100	ОСР	DIP FD (34 вывода)
MP111FD	—	100	15	130	157	170	ОСР	DIP FD (34 вывода)
MP118FD	A	200	10	65	25	100	SD, OTP, TEMP, ОСР	DIP FD (34 вывода)
MP400FC	—	350	0,2	50	2,5	14,2	ОСР	DIP FC (42 выводов)
PB50	—	200	2	100	25	35	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PB51	A	300	2	100	18	83	ОСР	POWERSIP (12 выводов)
PB58	A	300	2	250	35	70	ОСР	ТО-3 (8 выводов)
PB63	A	200	4 (2 канала по 2 А)	1000	37	45 (на канал)	ОСР	POWERSIP (12 выводов)

корпусных устройств с открытой структурой (серия MP). Для большинства компонентов предлагаются демонстрационные платы, помогающие оперативно оценить возможности усилителей. Помимо стандартных изделий, работающих в диапазоне температур $-25...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, для заказа доступны отдельные модификации, позволяющие подобрать решение для конкретного применения, удовлетворяющее заданным условиям эксплуатации (таблица).

Суффикс А в наименовании обозначает улучшенные характеристики, определенные

в ходе заключительных электрических испытаний. Это касается, прежде всего, напряжения и тока смещения. Конструкция и производственный процесс те же, что и у базовой модели. Изделия с суффиксами М и М/883 подвергаются отбраковочным испытаниям по военному стандарту MIL-PRF-38534 (класс Н). Соответствие требованиям указанного стандарта обозначается индексом М/883 в номере модели. Версии, не соответствующие требованиям стандарта, имеют индекс М. Все они допускают хранение при температуре до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и эксплуатацию

в пределах $-55...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Особо следует отметить специализированный высокотемпературный усилитель PA12H, разработанный для кратковременного использования в экстремальных условиях окружающей среды, например в скважинной аппаратуре нефтегазоразведки, и выдерживающий воздействие температур до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Суффиксы EE и EC в обозначении указывают на вариант корпуса с формованными под 90° выводами.

Защитные и вспомогательные функции

При работе устройств необходимо обеспечить режимы, не выходящие за пределы области безопасной работы (ОБР). Усилители этого класса оснащены внутренней защитой от перегрева (ОТР — Over Temperature Protection) и/или превышения максимально допустимого тока (ОСР — Over Current Protection). Благодаря встроенному датчику температуры происходит автоматическое отключение модулей при достижении температуры выше определенной величины. Пороговое значение для каждого устройства приводится в документации производителя и во многом определяется типом корпусного исполнения. Защита ОСР, особенно актуальная при индуктивной нагрузке, есть у большинства изделий. Некоторые модели имеют внутреннее заданное ограничение выходного тока, но в основном его величина может устанавливаться при помощи одного или двух внешних резисторов, выступающих в качестве датчиков тока. На рис. 1 приведен пример подключения токоограничивающего резистора $R_{\text{ЛIM}}$, при котором не учитывается паразитное сопротивление монтажа R_p . Значение $R_{\text{ЛIM}}$ может быть получено из формулы $R_{\text{ЛIM}}(\text{Ом}) \approx 0,7 V_{\text{ЛIM}}(\text{А})$.

Несмотря на то, что все устройства способны выдерживать входные дифференциальные напряжения с уровнем не менее $\pm 15\text{ В}$, производитель настоятельно рекомендует устанавливать дополнительную внешнюю защиту от перенапряжения. В большинстве случаев можно ограничиться обычными сигнальными диодами, например 1N4148, включенными встречно. Для более требовательных применений, где важен ток смещения, предназначены 2N4416 — полевые транзисторы с управляющим $p-n$ -переходом и минимальной емкостью затвора ($VT1$ и $VT2$ на рис. 2). Опциональные однопольные супрессоры VD3 и VD4, соединенные с шинами питания, служат для устранения импульсных помех.

Две модели, PA03 и MP118FD, снабжены дополнительным входом дистанционного управления SD, позволяющим выключать усилитель при необходимости уменьшения собственного потребления. Данный вход активизируется низким логическим уровнем [3].



Рис. 3. Корпусное исполнение гибридных усилителей Apex Microtechnology: а) POWERSIP; б) T0-3; в) MO-127

Функция, отмеченная в таблице как BAL, отвечает за возможность корректировки напряжения смещения входа. Регулировка проводится при помощи изменения сопротивления на одноименном выводе.

Гибридные усилители

При производстве усилителей по гибридной технологии толсто пленочные резисторы, керамические конденсаторы, силовые кристаллы и полупроводниковые микросхемы размещаются на подложке из оксида бериллия (BeO), обладающей очень высокой теплопроводностью. Сваренные ультразвуком алюминиевые проводники гарантируют надежное соединение для всего диапазона рабочих температур, использование металлических корпусов минимизирует размер и повышает эффективность теплоотвода. К самым распространенным корпусам относятся герметичные TO-3, POWERSIP, являющиеся собственной разработкой компании, и 12-выводные MO-127, обеспечивающие максимальную рассеиваемую мощность. Их внешний вид показан на рис. 3.

Фланцы корпусов изделий шлифуются на двухдисковом станке для обеспечения максимально плоской поверхности. Это делается с целью устранения возможного воздушного зазора между компонентом и его радиатором, вызывающего повышение теплового сопротивления, перегрев усилителя с растрескиванием подложки и, как следствие, его выход из строя.

Бюджетные усилители PA01 и PA02 с выходным током 5 А различаются уровнем питающего напряжения: 56 и 38 В соответственно. Они позиционируются для управления различной резистивной, емкостной или индуктивной нагрузкой. Силовые каскады, построенные на основе комплементарных биполярных транзисторов, обеспечивают размах выходных напряжений, близкий к напряжениям питания. Незначительные искажения и внутренние потери (1,2 В при выходном токе 2 А) делают эти устройства особенно эффективными при работе с низкими питающими напряжениями. Одной из наиболее часто решаемых задач во всех областях применения является управление коллекторными двигателями, на рис. 4 изображена типовая схема использования PA01. Здесь импульсный выход оптического сенсора управляет преобразователем частоты в напряжение, образуя, таким образом, обратную связь для регулировки скорости вращения двигателя. Высокоскоростные диоды 1N4148 защищают вход ОУ от влияния шума коммутации, генерируемого мотором. Также следует отметить, что у PA01 предусмотрен полностью совместимый по выводам аналог — усилитель PA73, единственное отличие которого заключается в построении выходного каскада, функционирующего в режиме С.

Однотипные мощные усилители PA03, PA04 и PA05 с напряжениями питания 100–200 В и номинальным током до 30 А изготавливаются

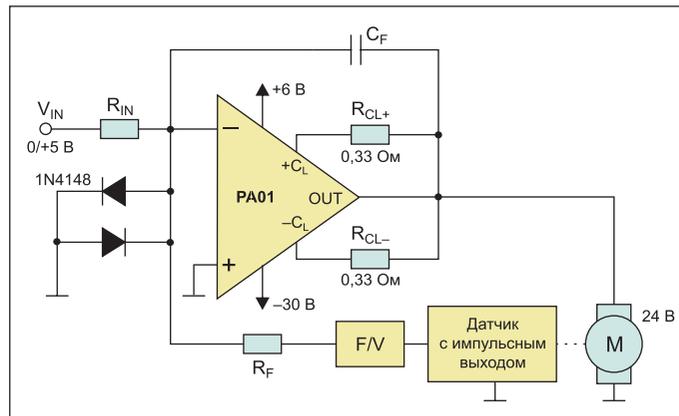


Рис. 4. Типовая схема применения ОУ PA01

ся в герметически изолированных корпусах MO-127, рассчитанных на рассеиваемую мощность до 500 Вт. Превосходная теплопроводность корпуса способствовала повышению энергетических показателей, во время как увеличенное количество выводов позволило реализовать расширенный перечень вспомогательных функций. Усилитель PA03 отличается встроенной интеллектуальной цепью ограничения тока. Порог, максимальное значение которого составляет 35 А, автоматически регулируется с учетом влияния температуры устройства, которая не должна превышать +175 °С. Время реакции цепи составляет менее 10 мс. Напряжение смещения PA03 может быть выставлено в ноль при помощи внешнего потенциометра, с сопротивлением 100–200 Ом, подключаемого между выводами 11 и 12 (Balance Control). Отличительная черта усилителей PA04 и PA05 — функциональная гибкость [4]. У первого наличие спящего режима, активируемого подачей сигнала с высоким логическим уровнем на вывод SL, позволяет получить ультранизкое значение тока покоя (не выше 5 мА). Аналогичное назначение имеет вывод SD у PA05, реализующий функцию удаленного отключения. Порог схемы защиты от перегрузки по току у данных устройств задается внешним резистором.

PA09 со скоростью нарастания выходного напряжения 200 В/мкс и шириной частотного диапазона 150 МГц рекомендуется для использования в высокоскоростных отклоняющих цепях, схемах усиления видеосигналов, силовых преобразователях и т. д. Напряжение питания усилителя находится в диапазоне 24–80 В ($\pm 12 \dots \pm 40$ В при двухполярном источнике), а максимальный выходной ток равен 5 А. Среди всех характеристик можно отметить превосходные входные параметры. Типовое значение напряжения смещения составляет 0,5 мВ, начальный ток смещения не превышает 5 пА, а его дрейф в зависимости от напряжения питания — 0,01 пА/В.

Наибольшим выходным током в серии обладают модели PA50 и PA52, у которых его величина достигает значения 50 А (до 100 А в импульсе). С учетом скорости нарастания выходного напряжения (50 В/мкс) и рассеиваемой мощности (400 Вт) они оптимальны для использования в тестовом оборудовании, применяемом при производстве полупроводников, источниках питания, а также в качестве драйверов бесколлекторных двигателей и электроприводов.

Следующие три компонента имеют по два выходных канала с суммарным током до 6 А и максимальным напряжением питания 40 В. Операционные усилители PA74, PA75 и PA76 обеспечивают эффективное по стоимости решение, разработаны с целью сокращения требуемого на печатной плате места и предназначены, прежде всего, для использования в полумостовых и полномостовых схемах управления двигателями постоянного тока. На рис. 5 изображена одна из типовых схем подключения усилителя PA74 [5].

Схема драйвера состоит из ведущего (А) и ведомого (В) усилителей. Коэффициент усиления неинвертирующего усилителя А задается при помощи резисторов R1 и R2 и в данном случае принимает значение 2,8. Усилитель В играет роль инвертора, управляемого от выхо-

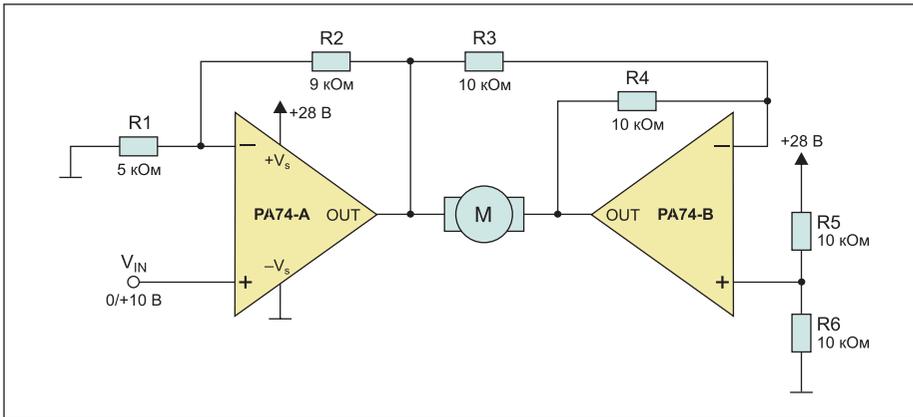


Рис. 5. Типовая схема включения усилителя PA74

да ведущего, на его неинвертирующий вход подается опорное напряжение (14 В), определяемое делителем из резисторов R5 и R6. При подаче на вход ведущего усилителя 5 В сигнала, учитывая полученные на клеммах мотора потенциалы, он находится в состоянии покоя, сигнал более 5 В вызывает протекание тока слева направо, менее 5 В — в обратном направлении. Структура усилителя PA75 имеет некоторые отличия, его канал В по умолчанию сконфигурирован как буфер с единичным коэффициентом усиления и может использоваться для увеличения тока ведущего усилителя А. Исключительно низкие гармонические искажения (суммарный коэффициент гармоник 0,02%) также делают его хорошим решением для мощных аудиоприменений.

PA74 и PA76 производятся в герметичных 8-выводных корпусах ТО-3, тогда как усилитель PA75 доступен в трех стандартных промышленно выпускаемых корпусах. Версия СС выполнена в 7-выводном корпусе DDPACK для поверхностного монтажа, версии CD и CX — в 7-выводном негерметичном корпусе ТО-220, предназначенном для сквозного монтажа. Отличие модификации CX заключается в способе формовки выводов, облегчающем конструирование печатной платы (рис. 6).

Высоковольтные (до 350 В) и быстродействующие (до 350 В/мкс), но с низким выходным током (пиковое значение до 200 мА) операционные усилители PA78DK и PA79DK предназначены для решения задач сверхточного позиционирования и прецизионного управления пьезоэлектрическими преобразователями. Изготавливаются в малогабаритных корпусах PSOP-20 (МО-166 по стандарту JEDEC) для поверхностного монтажа, усилитель PA79DK является двухканальной версией PA78DK. На рис. 7 показана типовая схема применения PA78DK в промышленных струйных принтерах: здесь высокое выходное напряжение создает электростатическое поле на отклоняющих пластинах для изменения положения капель чернил и получения требуемого изображения [6].

Сверхвысоковольтный усилитель PA89, рассчитанный на напряжения питания до 1200 В и максимальный ток до 75 мА (100 мА в импульсе), способен обеспечить выходное пиковое напряжение свыше 1000 В (при включении двух PA89 по мостовой схеме — свыше 2000 В). Максимальная рассеиваемая мощность составляет 40 Вт (без радиатора при +25 °С), входное дифференциальное напряжение ±25 В, ток покоя не более 6 мА, диапазон рабочих температур -55...+125 °С. Высокая точность достигается благодаря применению каскадной входной цепи и коэффициенту усиления 120 дБ (без обратной связи). Как и большинство остальных представителей линейки, устройство отличается гибкостью применения: при помощи внешних цепей компенсации можно регулировать полосу пропускания и скорость нарастания выходного напряжения. Устройства PA92 и PA93 рассчитаны на максимальное напряжение питания 400 В и непрерывный/пиковый выходной ток 4/7 и 8/14 А соответственно. Допустимая рассеиваемая мощность составляет 125 Вт (без радиатора при +25 °С), ток покоя (холодного хода) не превышает 10 мА.

По показателю «скорость нарастания выходного напряжения» вне конкуренции

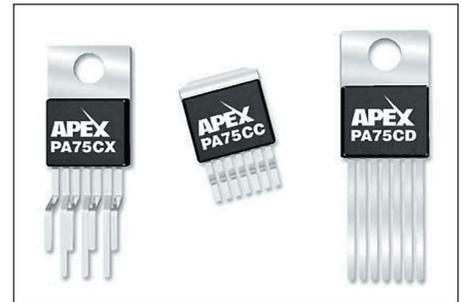


Рис. 6. Варианты корпусного исполнения усилителя PA75

усилитель PA107DP с величиной значимого параметра 3000 В/мкс. 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). Выпускается в корпусе POWERSIP, для обеспечения ОБР необходимо использовать радиатор.

ОУ PA162 изготавливается путем объединения двух двухканальных усилителей в одном 20-выводном корпусе типа PSOP. Обеспечивает выходной ток 1,5 А на каждом из четырех выходов при питании от однополярного источника с максимальным напряжением 40 В, что позволяет с успехом использовать его при разработке драйверов двигателей и усилителей аудиосигналов. В качестве примера можно привести упрощенную схему управления трехфазным мотором с применением трех из четырех каналов усилителя PA162 (рис. 8).

Усилители PA441DF и PA441DW (одноканальные) и PA443DF (двухканальный) ориентированы на приложения, требующие точного высокого напряжения, и могут использоваться в качестве высоковольтных драйверов пьезоэлектрических приводов и электростатических преобразователей [7]. Они повыводно совместимы с решениями предыдущего поколения — PA341DF, PA341DW и PA343DF. На фоне остальных

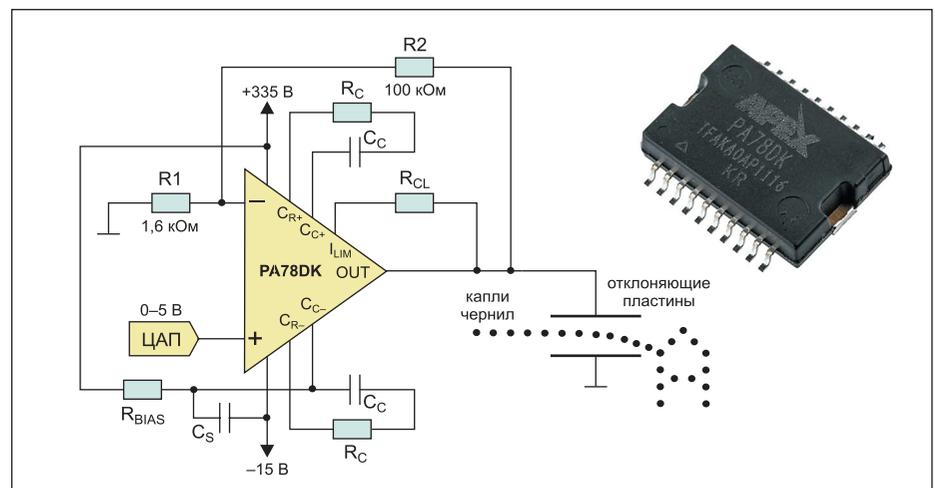


Рис. 7. Схема применения усилителя PA78DK и его внешний вид

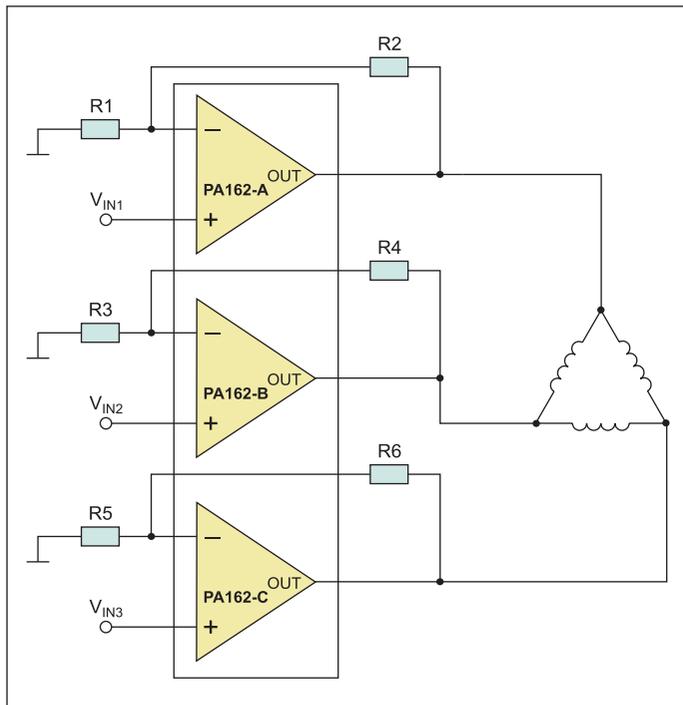


Рис. 8. Упрощенная схема применения усилителя PA162

выделяются минимальным уровнем шумов выходного напряжения (среднеквадратичное значение 12 мкВ на частоте 20 кГц) и низким показателем напряжения смещения: 5 мВ при температуре +25 °С и не более 20 мВ в температурном диапазоне -40...+125 °С. Все три усилителя работают в широком диапазоне напряжений питания $\pm 10... \pm 175$ 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. PA441DF и PA443DF поставляются в 24-выводных пластиковых корпусах PSOP, тогда как PA441DW доступен в электрически изолированном 10-контактном керамическом корпусе форм-фактора SIP.

Широкополосные буферные усилители серии PB успешно используются для усиления как напряжения, так и тока, типовое применение подразумевает соединение ОУ данной серии с малосигнальными операционными усилителями общего назначения, выбранными на усмотрение разработчика. Полученный в результате составной усилитель обладает оптимальной точностью, низким входным шумом и временем установки рабочего режима, высокой выходной мощностью и делает возможным выполнение разработки без применения более дорогих линеек изделий. Основное назначение — программируемые источники питания, схемы отклонения в системах контроля полупроводников и сканирующих электронных микроскопах. В настоящее время семейство PB представлено четырьмя компонентами, имеющими схожую внутреннюю структуру. Входные каскады выполняются

на основе биполярных транзисторов, подключаемых по схеме с ОЭ, каскад усиления напряжения — на МОП-транзисторах с общим истоком, а 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 в герметичном 8-выводном корпусе ТО-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 — функционирует при напряжениях питания $\pm 20... \pm 75$ В и способен долговременно обеспечивать выходной ток до 2 А. Наличие двух каналов позволяет создавать печатные платы с высокой плотностью размещения элементов.

Бескорпусные усилители

Серия бескорпусных операционных усилителей, наименование которых начинается с букв MP, создана для снижения общей стоимости разрабатываемых изделий. Каждый усилитель данного типа конструктивно представляет собой модуль, выполненный в виде двухслойной печатной платы с односторонним расположением электронных SMD-компонентов. Обратная сторона платы через изоляционный слой помещается на алюминиевую подложку, обладающую улучшенными по сравнению со сталью тепловыми характеристиками. К основанию модуля при необходимости выполняется крепление радиатора. Применяемые при производстве силовые транзисторы в стандартных корпусах DDPACK имеют очень низкое тепловое сопротивление. В зависимости от габаритов и количества контактов доступно три варианта изделий: 30-выводной DIP CL с размерами 41,5×52,3 мм, 34-выводной DIP FD (41,5×63,2 мм) и 42-выводной DIP FC (41,5×73,4 мм). Соединение с остальными элементами проектируемой схемы осуществляется посредством двух рядов PLS-линеек с шагом 2,54 мм и планарным способом монтажа. Внешний вид бескорпусных усилителей Apex показан на рис. 9.

Использование данного подхода обеспечивает суммарный выигрыш по стоимости не менее 75% по сравнению с гибридными изделиями с аналогичными параметрами. Бескорпусные усилители рекомендуются для обычных условий эксплуатации, когда не требуется защита от жестких внешних механических и климатических воздействий. В настоящее время доступны одно- и двухканальные решения с напряжением питания до 200 В, током выхода до 30 А и максимальной рассеиваемой мощностью, достигающей 170 Вт.

Высоковольтные усилители MP38CL и MP39CL имеют одинаковые рабочие характеристики, за исключением напряжения питания: 200 В DC у первого и 100 В у второго. Выходной каскад на МОП-транзисторах, работающих в режиме C, гарантирует более высокий КПД по сравнению с классом AB [8]. Опциональное использование встроенной схемы вольтодобавки позволяет поднять напряжение питания каскада и увеличить на 20 В размах выходного напряжения. Конденсаторы, действующие в качестве дополнительных источников напряжения, подключаются к выводам +V_B и -V_B. При отсутствии необходимости вольтодобавки эти выводы соеди-

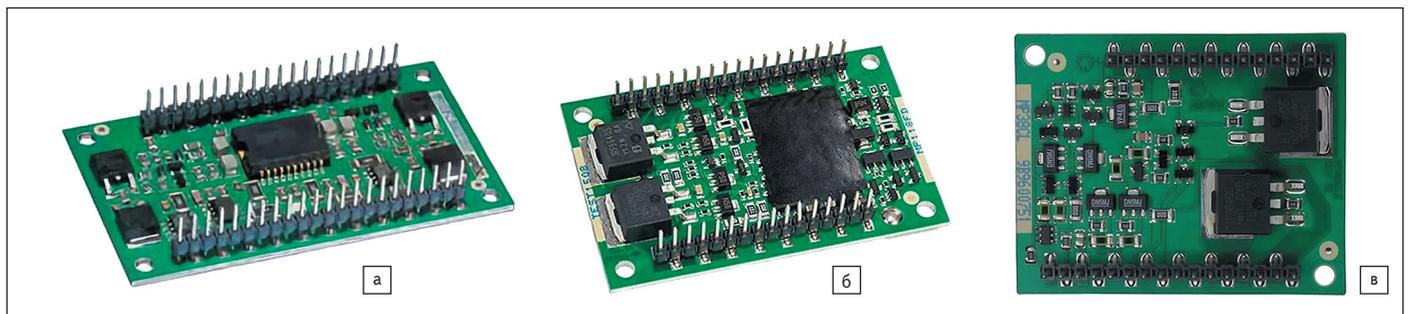


Рис. 9. Внешний вид бескорпусных усилителей Apex Microtechnology: а) DIP FC; б) DIP FD; в) DIP CL

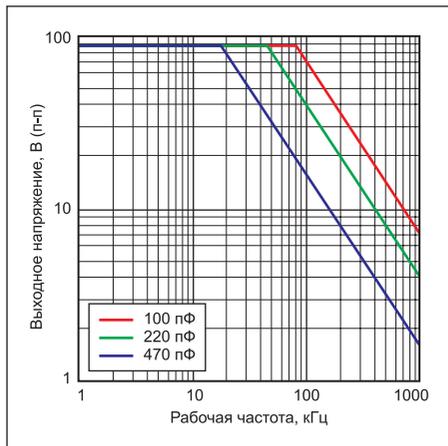


Рис. 10. Зависимость выходного напряжения от частоты усилителя MP39CL

няются с соответствующими шинами питания: $+V_S$ и $-V_S$. Внешняя корректирующая RC-цепь, подключаемая к выводам R_C и C_C и служащая для компенсации сдвига фаз, позволяет регулировать ширину полосы частот и скорость нарастания выходного напряжения. На рис. 10 представлены выходные характеристики MP39CL для разных значений емкости конденсатора C_C .

Также интересен недорогой малогабаритный ОУ MP103FC с максимальным рабочим напряжением 200 В и скоростью нарастания выходного напряжения 167 В/мкс, особенностью которого является наличие двух одинаковых каналов с общим выходным током 30 А. При использовании его типовой схемы включения можно обойтись минимальным количеством внешних пассивных компонентов — защитным токоограничивающим резистором на выходе и развязывающими конденсаторами на шинах питания. Ток собственного потребления в режиме покоя



Рис. 11. Внешний вид демонстрационной платы EK57

составляет лишь 19 мА. По умолчанию коэффициент усиления MP103FC принимает значение 65 В/В, его увеличение возможно путем установки резисторов между контактами FBKA и выходом OUTA для первого канала и/или FBKV и OUTV для второго. Ориентировочно повышение номинала резистора на каждые 50 Ом добавляет к коэффициенту 1 В/В.

Усилитель MP118FD работает от источников питания с напряжением до 200 В и предоставляет возможность получения постоянного выходного тока 10 А (пиковое значение до 12 А). Характеризуется низким напряжением смещения, его типовое значение не превышает 1 мВ. Обладающий максимальной рассеиваемой мощностью 100 Вт и площадью основания не более 26 см², он имеет полный комплект необходимых защитных схем, показывая при этом лучший уровень тепловой эффективности. Встроенная схема мониторинга температуры отключает устройство при достижении +100 °С, гистерезис цепи составляет 8 °С. Для оперативного контроля служит дополнительный выход TEMP, на котором появляется напряжение,

пропорциональное температуре модуля. Блок ограничения выходного тока отключает выходные каскады устройства при превышении порога, задаваемого внешним токоизмерительным резистором. Его подсоединение выполняется по четырехпроводной схеме (метод Кельвина). Для оценки возможностей MP118FD предлагается демонстрационная плата EK57, внешний вид которой показан на рис. 11. Модуль, размещаемый в нижней части платы, соединен со всей необходимой обвязкой, макетное поле и цанговые панели позволяют модернизировать схему и установить подстроечные компоненты требуемых номиналов.

При использовании быстродействующего усилителя MP400FC со встроенным повышающим импульсным преобразователем отпадает потребность во внешнем высоковольтном источнике [9]. Стандартные входные 12, 24 или 48 В преобразуются в напряжения из диапазона 50–350 В, применяемые далее для питания ОУ (рис. 12).

Заключение

Мощные операционные усилители с уникальными рабочими характеристиками, производимые компанией Apex Microtechnology и подходящие для решения широкого круга задач, позволяющие значительно повысить надежность и сократить время разработки изделия. Широкий спектр гибридных и бескорпусных устройств помогает подобрать компоненты с требуемым значением ключевого параметра для различных областей применения и условий эксплуатации.

Литература

1. Официальный сайт компании Apex Microtechnology. www.apexanalog.com
2. Apex Microtechnology. Product summary guide. www.apexanalog.com/resources/productbulletins/Product-Summary-Guide.pdf
3. MP118FD: Power operational amplifier. Datasheet. August, 2017. www.apexanalog.com/resources/products/mp118u.pdf
4. PA05: Power operational amplifier. Datasheet. August, 2015. www.apexanalog.com/resources/products/pa05u.pdf
5. PA74: Power dual operational amplifier. Datasheet. October, 2012. www.apexanalog.com/resources/products/pa74-76u.pdf
6. PA78DK: Power operational amplifier. Datasheet. October, 2012. www.apexanalog.com/resources/products/pa78u.pdf
7. PA441/PA443: High voltage power operational amplifier. Datasheet. April, 2016. www.apexanalog.com/resources/products/pa441u-pa443u.pdf
8. MP38CL: Power operational amplifier // Datasheet. March, 2016. www.apexanalog.com/resources/products/mp38u.pdf
9. MP400FC: Power operational amplifier. Datasheet. August, 2017. www.apexanalog.com/resources/products/mp400u.pdf

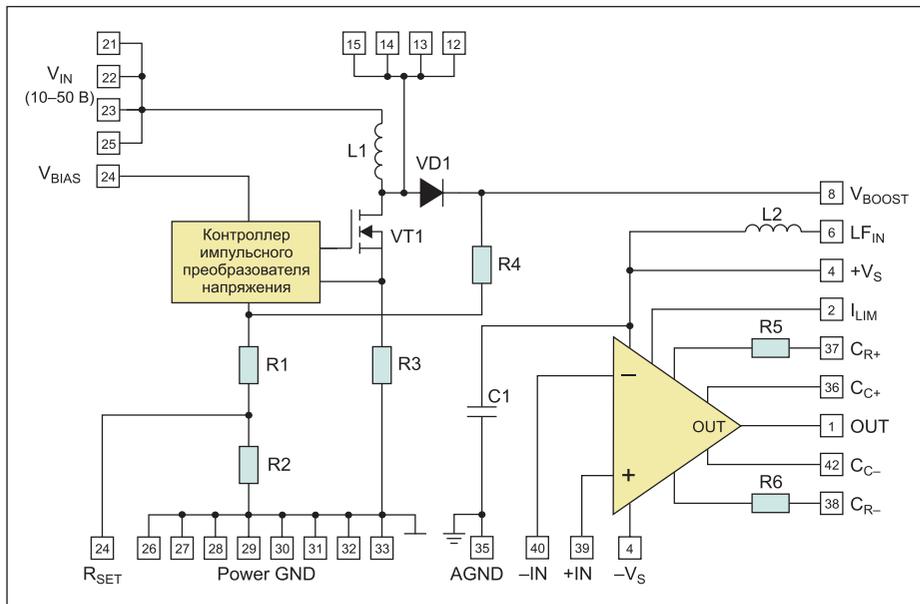


Рис. 12. Внутренняя структура усилителя MP400FC