

Мощные и высоковольтные операционные усилители Texas Instruments

Большинство операционных усилителей (ОУ) рассчитано на напряжение питания до ± 15 В. Некоторые из них работоспособны вплоть до напряжения ± 22 В. Однако даже таких напряжений недостаточно для управления пьезоэлектрическими преобразователями, создания мощного усилителя звуковых частот, высоковольтных генераторов тока или оборудования для тестирования некоторых приборов. Для этой цели Texas Instruments выпускает высоковольтные операционные усилители и усилители мощности с высоким выходным током, которые и будут рассмотрены в этой статье. К высоковольтным ОУ относят усилители, допускающие полный диапазон питания более 50 В при однополярном питании (или более ± 25 В при двуполярном питании). Для увеличения выходной мощности предназначены также буферные усилители (мощные широкополосные усилители с высокой скоростью нарастания выходного напряжения до 3600 В/мкс, устойчиво работающие при единичном коэффициенте усиления). Буферные усилители предназначены для достижения минимального выходного сопротивления усилителя или для корректной работы на нагрузку с высокой емкостью.

Евгений ЗВОНАРЕВ

Высоковольтные усилители мощности Texas Instruments используются в приложениях с напряжением питания до 100 В и выходным током до 10 А. Большинство усилителей этого класса оснащены внутренней защитой от перегрева и превышения максимально допустимого тока. В некоторых усилителях мощности у разработчика есть возможность задания тока срабатывания защиты при перегрузке. Усилители мощности подразумевают подходящие типы корпусов и размер соответствующего теплоотвода. Некоторые усилители Texas Instruments вы-

пускаются в запатентованном термоустойчивом корпусе PowerPAD.

При работе необходимо обеспечить режимы, не выходящие за пределы области безопасной работы (ОБР). Эти графики приводятся в документации производителя (datasheets) для каждого усилителя. Благодаря встроенному датчику температуры и внутренней схеме отключения при перегреве происходит автоматическое отключение усилителей при достижении температуры выше определенного значения. Усилители OPA547, OPA548, OPA549 и OPA454 не требуют подключения

мощных резисторов, используемых в качестве датчиков тока. Схема защиты полностью реализована внутри этих микросхем и позволяет управлять ограничением тока практически от нуля до максимально допустимого значения при помощи маломощного резистора или управляющего напряжения в усилителе OPA569.

Для дополнительной надежности внешняя металлическая площадка корпуса PowerPAD изолирована от кристалла, что исключает появление напряжения на теплоотводящей поверхности.

На основе усилителя OPA454 можно легко сделать высоковольтный управляемый источник напряжения с максимальным выходным напряжением более 90 В (рис. 1). Управление высоковольтным усилителем производится с помощью цифро-аналогового преобразователя с выходным током от 0 до 2 мА. Защитные диоды на входах исключают перегрузку усилителя при возникновении недопустимого напряжения на входах.

На рис. 2 показана мостовая схема с удвоением выходного напряжения. На пьезокристалл подается выходное напряжение с амплитудой до 195 В. Схема усилителя состоит из ведущего (master) усилителя A1 и ведомого (slave) усилителя A2. Ведомый усилитель играет роль инвертора, поэтому напряжение к выводам пьезокристалла прикладывается

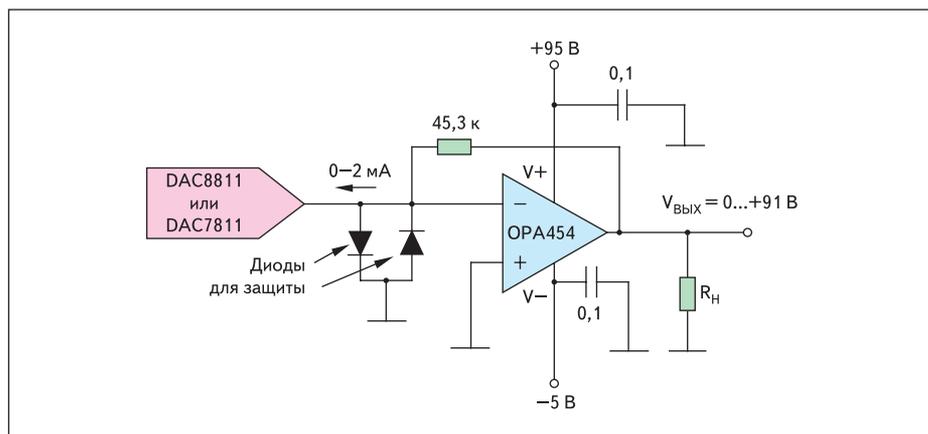


Рис. 1. Высоковольтный программируемый источник напряжения

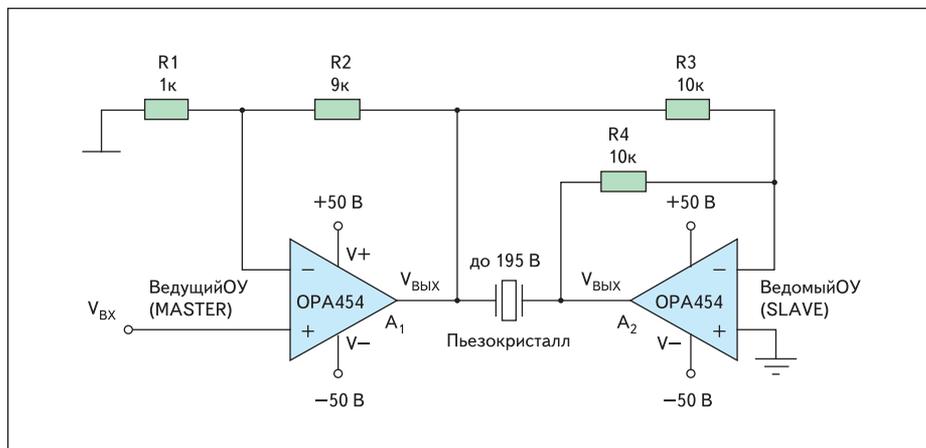


Рис. 2. Мостовая схема усилителя для удвоения выходного напряжения

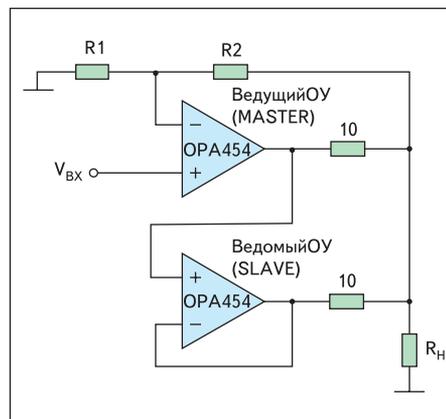


Рис. 3. Параллельное включение усилителей OPA454 для увеличения выходного тока

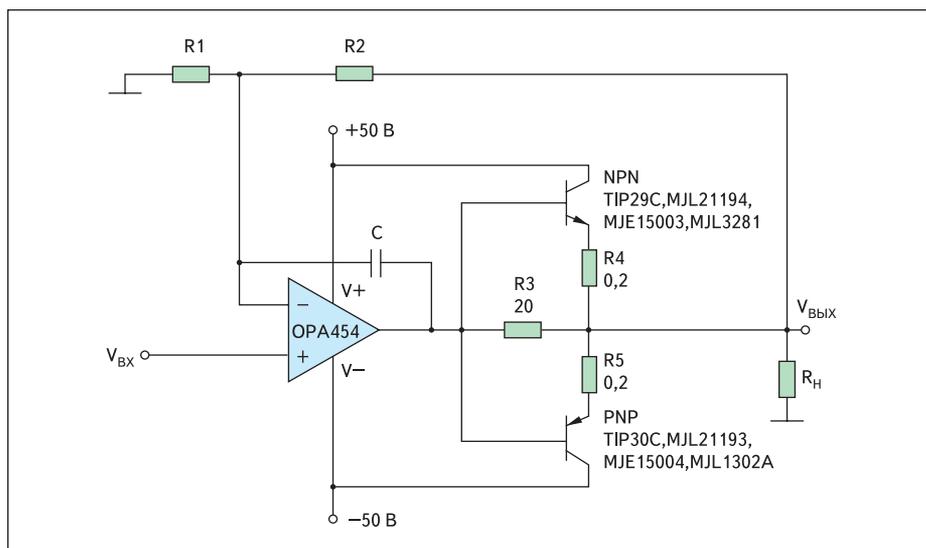


Рис. 4. Увеличение выходного тока до 1 А с помощью внешней пары комплементарных транзисторов

ном включении усилителей (рис. 3) верхний усилитель является ведущим, а нижний — ведомым с единичным усилением. Другой вариант схемы для увеличения выходного тока — подключение на выходе пары комплементарных биполярных транзисторов. С транзисторами, указанными на рис. 4, обеспечивается максимальный выходной ток до 1 А.

На рис. 5 приведена схема высоковольтного инструментального усилителя. Такой усилитель может быть необходим для получения очень широкого динамического диапазона выходных напряжений. Если на вход такого усилителя подать сигнал с относительно низковольтного малошумящего усилителя с дифференциальным выходом с напряжением питания ± 15 В (или даже с меньшими напряжениями питания), то получится высокочувствительный усилитель с расширенным динамическим диапазоном.

Довольно часто необходимо реализовать защиту от перегрузки, отключая усилитель при достижении недопустимого значения

в противофазе, благодаря чему и происходит удвоение напряжения в мостовом усилителе. На рис. 3, 4 приведены варианты схем для увеличения выходного тока. При параллель-

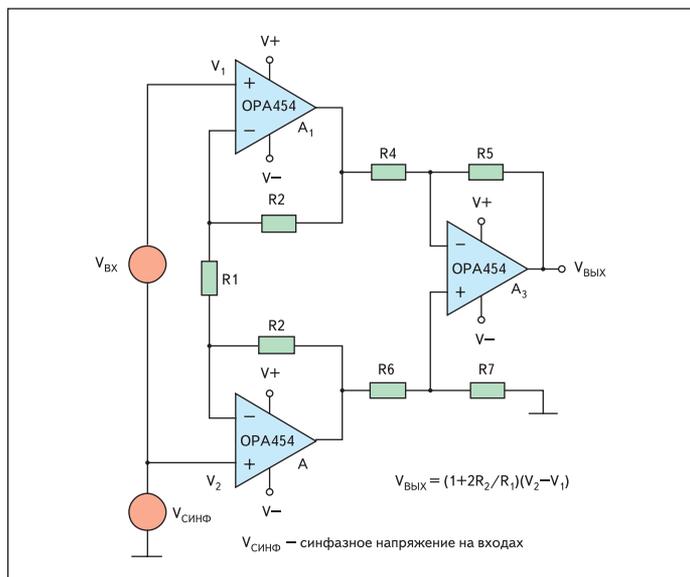


Рис. 5. Высоковольтный инструментальный усилитель на основе OPA454

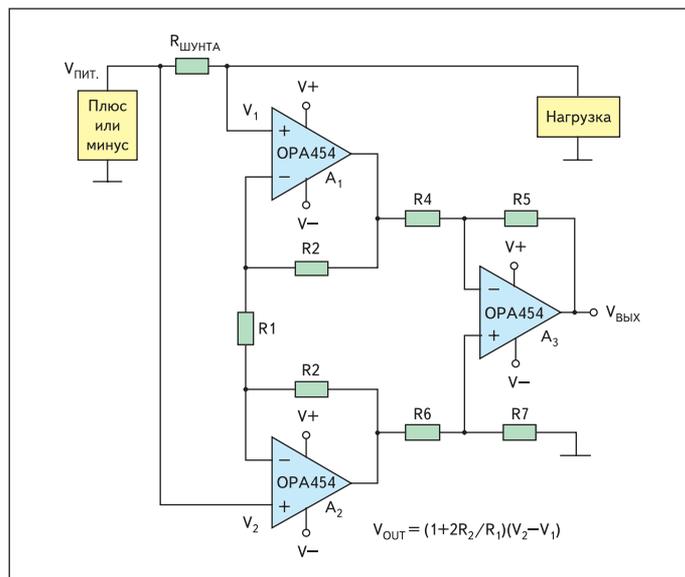


Рис. 6. Измеритель тока через шунт в верхнем плече на основе OPA454

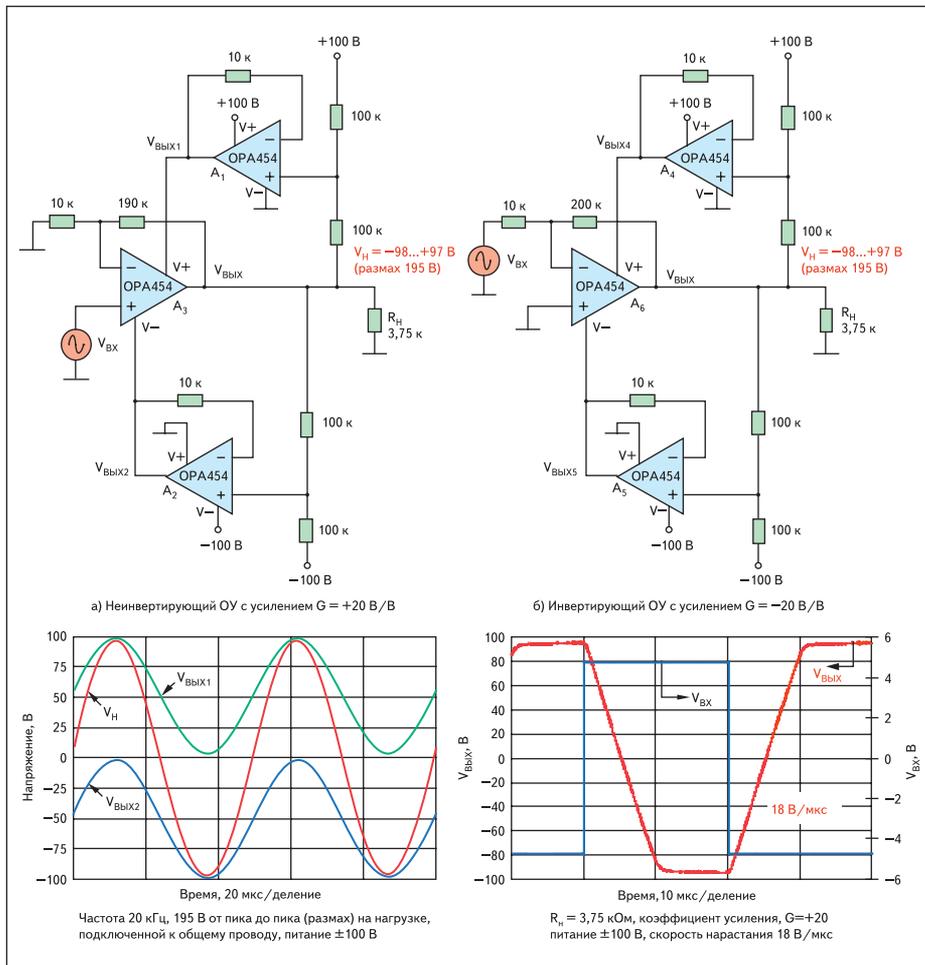


Рис. 7. Высоковольтный усилитель из трех ОУ с размахом выходного напряжения 195 В при напряжении питания ± 100 В и скоростью нарастания выходного напряжения 18 В/мкс

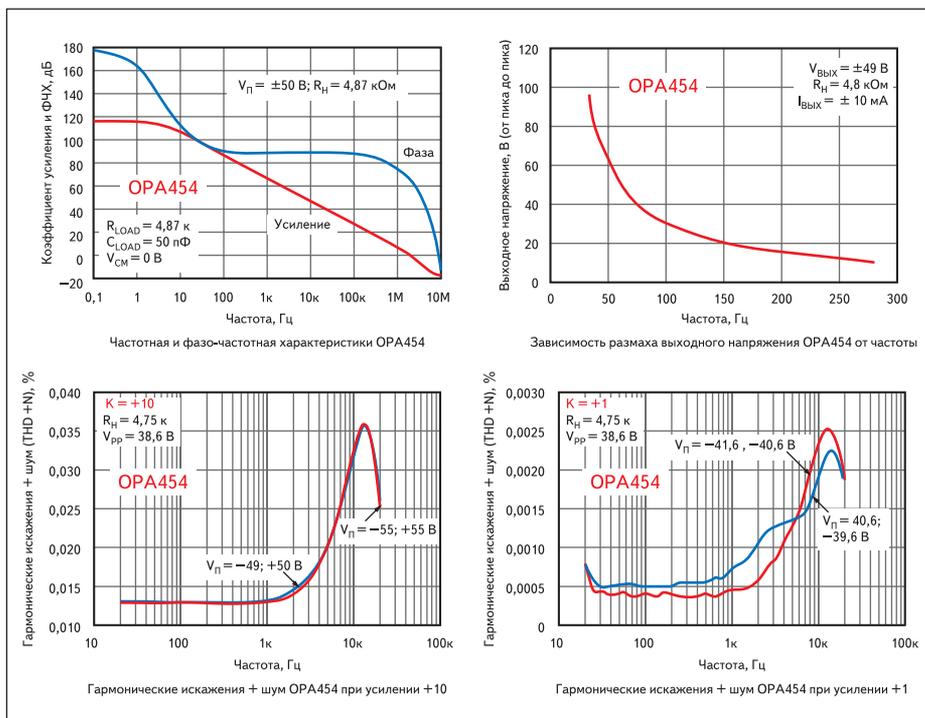


Рис. 9. АЧХ, ФЧХ, частотные зависимости размаха выходного напряжения, гармонических искажений и шума при разных коэффициентах усиления для OPA454

тока через шунт. Особенно трудно реализовать такой тип защиты для верхнего плеча усилителя из-за высоких напряжений на шунте относительно общего провода. На рис. 6 показана схема, позволяющая определить ток через шунт даже при отрицательном напряжении на входе высоковольтного измерительного усилителя, собранного на OPA454. Зависимость выходного напряжения от сопротивления резисторов и тока через шунт рассчитывается по формуле, приведенной на рис. 6. Добавив на выходе компаратор или АЦП, можно регистрировать момент превышения тока и подавать команду на отключение силового прибора.

На рис. 7а приведена схема неинвертирующего усилителя с размахом выходного напряжения 195 В при питании от двуполярного источника с выходными напряжениями ± 100 В с коэффициентом усиления +20. Допустимое напряжение питания для одного ОУ OPA454 составляет «всего» 100 В. Схема из трех ОУ OPA454 (рис. 7а) позволяет практически вдвое увеличить размах выходного напряжения, при этом напряжение питания на каждом ОУ не превышает допустимое значение 100 В. На рис. 7б приведена аналогичная схема инвертирующего усилителя с размахом выходного напряжения 195 В. В нижней части рис. 7 приведены временные диаграммы работы схем для частоты 20 кГц. Обратите внимание, что скорость нарастания такого усилителя составляет 18 В/мкс на нагрузке 3,75 кОм и превышает типовое значение этого параметра, приведенное в документации производителя, — 13 В/мкс для напряжения питания не более 100 В.

На рис. 8 приведена схема мостового усилителя на шести ОУ OPA454 с напряжением питания ± 100 В и размахом выходного напряжения 390 В. Схема собрана из инвертирующего и неинвертирующего усилителей, которые показаны на рис. 7. Временные диаграммы работы этого усилителя при входной частоте 20 кГц на нагрузке 7,5 кОм показаны в нижней части рис. 8. Скорость нарастания выходного напряжения у этого усилителя составляет уже 34 В/мкс (сравните с типовым значением этого параметра — 13 В/мкс — при обычном включении OPA454 с напряжением питания не более 100 В).

На рис. 9 приведены амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики OPA454, а также зависимость размаха выходного напряжения от частоты. Эти графики необходимы для правильного выбора коэффициента усиления, обеспечивающего требуемую полосу пропускания. На нижних графиках рис. 9 показаны нелинейные искажения вместе с шумовыми параметрами для разных коэффициентов усиления. При единичном усилении вносимые искажения меньше. Однако главное в этих графиках — зависимость искажений с ростом частоты. В диапазоне звуковых частот (до 20 кГц) суммарные нелинейные

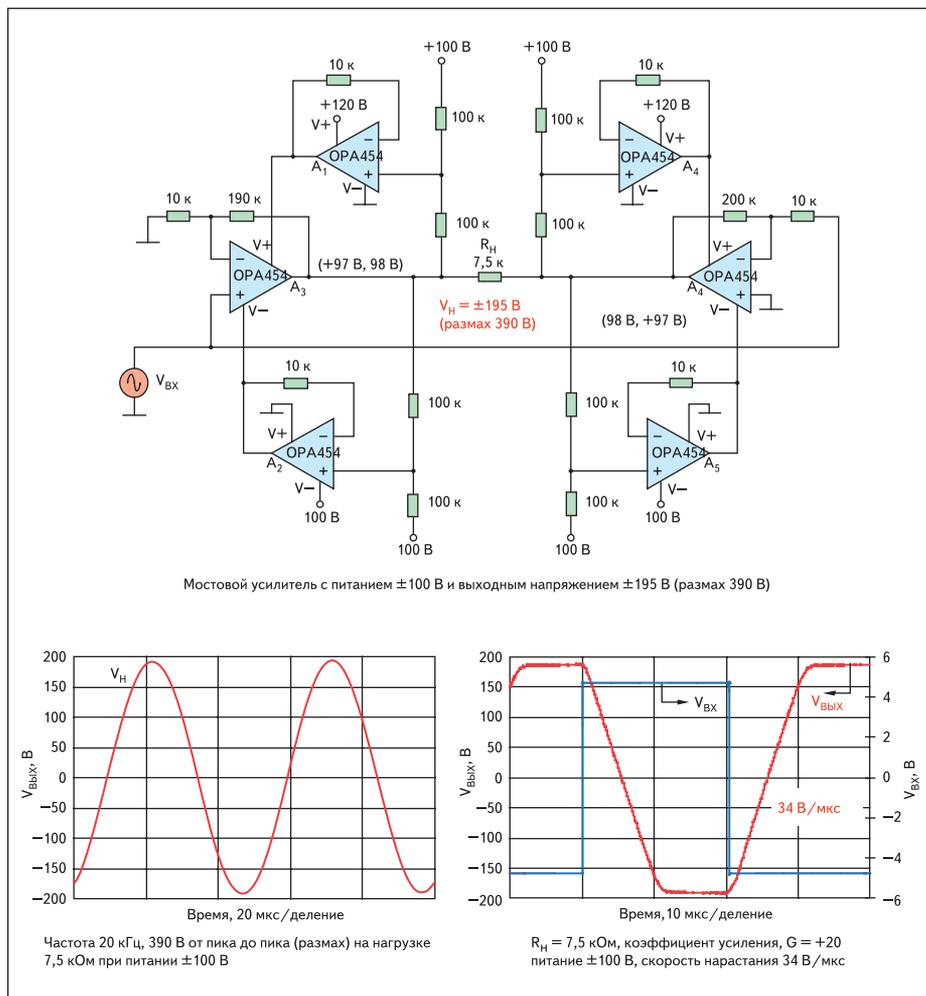


Рис. 8. Мостовой высоковольтный усилитель с размахом выходного напряжения 390 В при напряжении питания ± 100 В и скоростью нарастания 34 В/мкс

искажения вместе с шумом не превышают 0,026% для единичного усиления и 0,037% — для коэффициента усиления $G = +10$.

Низковольтные ОУ с высоким выходным током

Наибольшей популярностью пользуются усилители OPA567 и OPA569 с выходным током 2,4 А, Rail-to-Rail входом/выходом и рабочим диапазоном температур $-55 \dots 125$ °С. Для обеспечения таких высоких характеристик при жестких условиях эксплуатации OPA569 выполнен в корпусе SO-20 PowerPAD, а OPA567 — в корпусе QFN-12. Особенность этих мощных усилителей — возможность задания разработчиком необходимого уровня ограничения выходного тока в диапазоне 0,2–2,2 А. Ток срабатывания можно задавать постоянным резистором или потенциометром, а также регулировать управляющим напряжением. Все эти варианты представлены на рис. 10.

Большинство мощных и высоковольтных ОУ Texas Instruments предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации от -40 или даже от -55 °С. Остается только пожелать читателю, чтобы он всегда мог найти нужные усилители для разрабатываемых новых устройств и результаты их использования всегда превосходили рассчитанные и ожидаемые параметры.

Литература

1. Amplifier and Data Converter Selection Guide (Руководство по выбору усилителей и преобразователей данных): www.ti.com

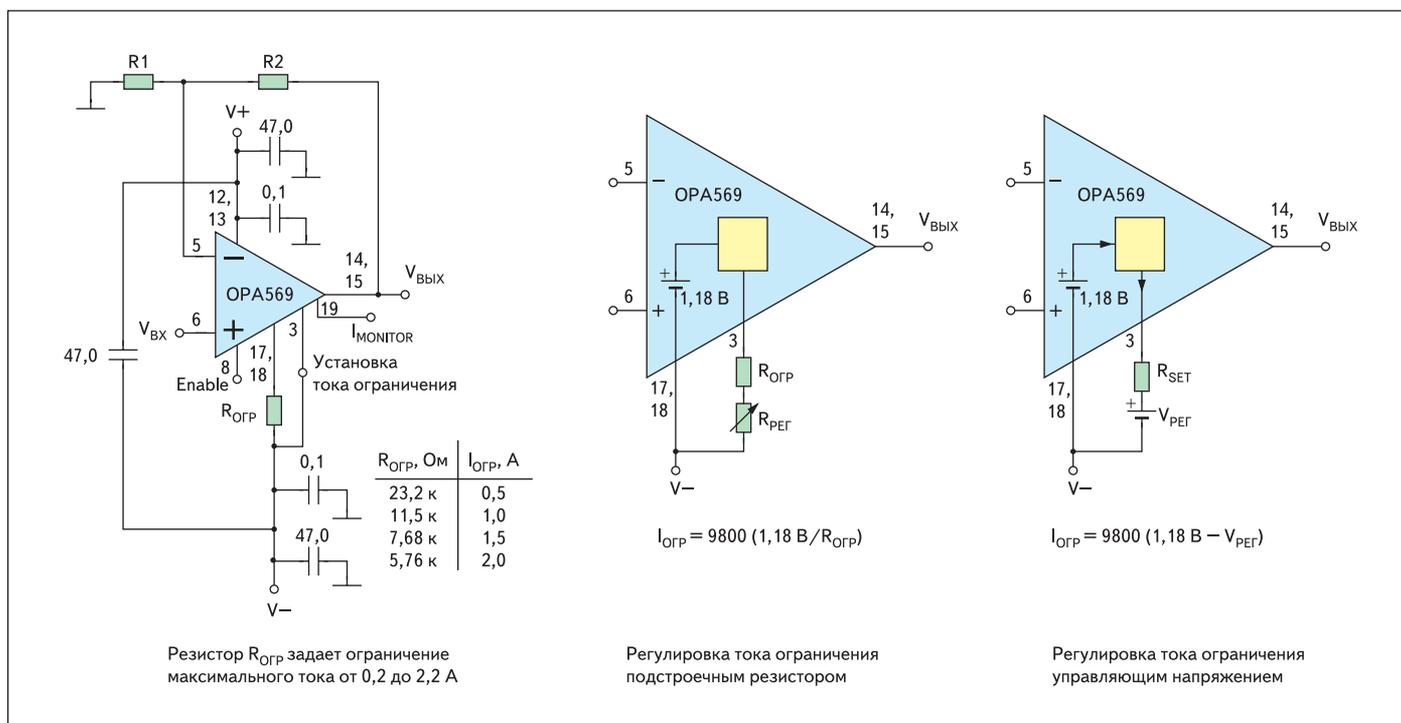


Рис. 10. Варианты задания ограничения максимального тока для OPA569