

МИКРОМОЩНЫЙ ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С МАКСИМАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 150 °C

MICRO POWER OPERATIONAL AMPLIFIER WITH A MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE OF 150 °C

В статье приведена краткая информация о характеристиках микромощного операционного усилителя, предназначенного для работы в тяжелых условиях эксплуатации при температуре до 150 °C.

Abstract – This article provides a summary of the characteristics of a micro-power op amp designed for heavy-duty operation at temperatures up to 150 °C.

В. Макаренко

V. Makarenko

Микромощный операционный усилитель STMicroelectronics, сертифицированный для использования в автомобильной промышленности, предназначен для работы в широком диапазоне рабочих температур в тяжелых условиях эксплуатации. Усилитель, отличающийся малым потреблением тока и максимальной рабочей температурой 150 °C, сочетает в себе свойства, которые редко встречаются в одном устройстве.

TSU111H соответствует температурному классу 0 AEC-Q100 (от -40 до 150 °C), выдерживает воздействие экстремально высоких температур, например, в тормозных системах, выхлопных системах двигателей внутреннего сгорания и генераторах на топливных элементах. Высокая максимальная температура позволяет использовать датчики внутри блоков управления, расположенных рядом с датчиками, установленными в самых горячих зонах, для обеспечения высокой точности измерений.

В менее экстремальных условиях TSU111H с его расширенным температурным диапазоном позволяет работать в три раза дольше, чем эквивалентное устройство Grade-1, сертифицированное для работы при 125 °C. Будучи устройством класса 0, новый операционный усилитель может непрерывно работать при температуре 65 °C в течение более 25 лет, то есть служить в течение всего срока службы автомобиля, в то время как устройства класса 1 рассчитаны на восемь лет безотказной работы. Это идеально подходит для таких приложений, как система управления батареями (BMS) гибридных и электрических транспортных средств, которая никогда не выключается и должна потреблять как можно меньше энергии.

Операционный усилитель TSU111H обеспечивает сверхнизкое энергопотребление 1,7 мкА типич-

ное и 2,4 мкА максимум при питании от источника 1,8 В.

Сверхнизкое энергопотребление, малое напряжение смещения (250 мкВ макс.) и полоса пропускания 23 кГц делает TSU111H идеальным для использования в преобразователях сигналов датчиков, системах управления аккумуляторами, бортовых и беспроводных зарядных устройствах.

Основные характеристики TSU111H:

- соответствует стандарту AEC-Q100
- длительный срок безотказной работы
- потребляемый ток $I_{ss} = 1.7$ мкА (типичное значение) при 25 °C
- напряжение смещения не более 250 мкВ при температуре 25 °C, 600 мкВ выше 150 °C
- диапазон рабочих температур от -40 до 150 °C
- низкий уровень шума в диапазоне от 0.1 до 10 Гц – 3,9 мкВ (пик-пик)
- спектральная плотность шума, приведенного ко входу, 200 нВ/√Гц
- напряжение питания: от 1.5 В до 5.5 В.
- rail-to-rail вход и выход
- полоса пропускания 23 кГц (типичное значение) при коэффициенте усиления 24 дБ, сопротивлении нагрузки 100 кОм и емкости нагрузки 60 пФ
- низкий входной ток смещения, не более 1 пА при 25 °C
- скорость нарастания выходного напряжения 5.5 В/мс
- высокая устойчивость к электростатическому разряду – 4 кВ (HBM – human body model)
- коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС) 102 дБ (типичное значение) при температуре 25 °C
- коэффициент усиления в режиме большого сигнала 126 дБ

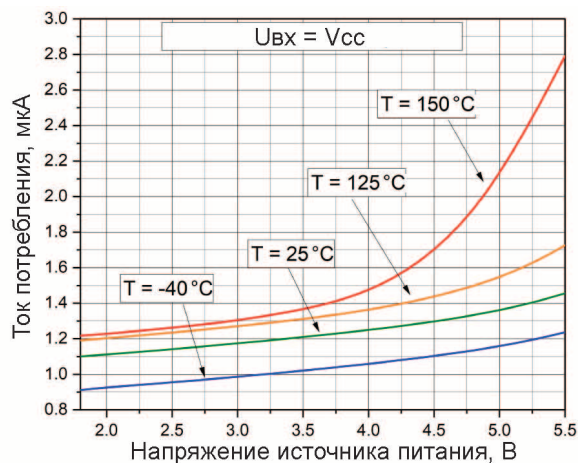
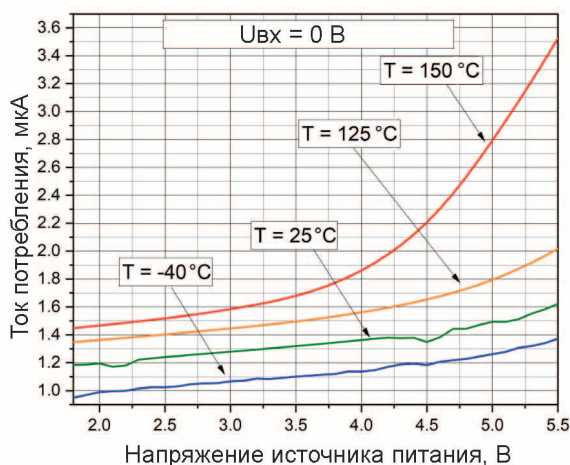


Рис. 1. Графики зависимости тока потребления ОУ от напряжения питания

- высокая точность без калибровки
- устойчивость к кратковременным перепадам напряжения в сети питания
- корпус SOT23-5.

На рис. 1 приведены графики зависимости тока потребления ОУ от напряжения питания, а на рис. 2 – зависимости выходного тока от значения выходного напряжения.

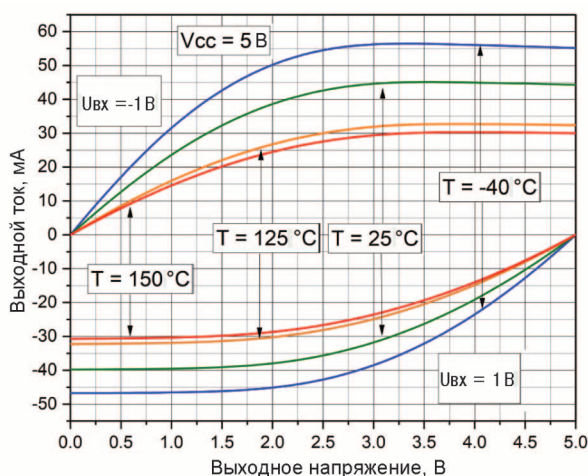


Рис. 2. Графики зависимости выходного тока от величины выходного напряжения

Амплитудно-частотные (АЧХ) и фазо-частотные (ФЧХ) характеристики при различных значениях температуры приведены на рис. 3.

При других значениях напряжения питания АЧХ практически не отличаются от приведенных на рис. 3.

Чтобы воспользоваться всеми преимуществами TSU111Y, импедансы всех цепей, как внутренних, так и внешних, следует выбирать как можно большими, чтобы не потерять преимуществ усилителя в

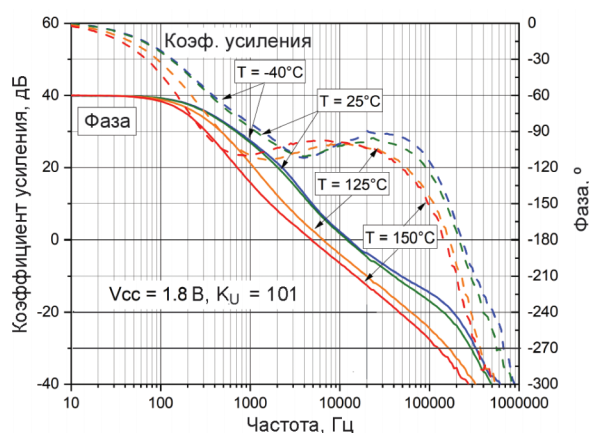


Рис. 3. АЧХ и ФЧХ усилителя при коэффициенте усиления 101 м напряжении питания 1.8 В

микropотреблении. Например, алюминиевые электролитические конденсаторы могут иметь значительный ток утечки, который может превышать ток потребления ОУ. По этой причине предпочтительно использовать керамические конденсаторы.

По той же причине в цепи обратной связи следует использовать резисторы больших номиналов. Однако есть два основных ограничения, которые следует учитывать при выборе сопротивления резисторов:

1. Генерируемый резистором 100 кОм шум соответствует величине 40 нВ/√Гц. Соответственно, резисторы с большими значениями сопротивлений будут генерировать превышающий указанное значение шум.

2. Утечка на печатной плате может быть вызвана повышенной влажностью. Для устранения этого яв-

ления необходимо наносить на плату защитное покрытие.

Для корректной работы усилителя рекомендуется добавить развязывающий конденсатор 10 нФ как можно ближе к источнику питания (рис. 4).

Сведение к минимуму утечки из чувствительных высокоимпедансных узлов на входы TSU111H может быть выполнено применением защитных контуров с низким импедансом на печатной плате (рис. 4). Этот метод состоит в том, что дорожки выводов ОУ с высоким импедансом окружены дорожками, соединенными с выводами ОУ с низким импедансом. Защитный контур возле инвертирующего входа имеет тот же электрический потенциал, что и узел неинвертирующего входа с высоким импедансом (на рис. 4 это неинвертирующий вход усилителя). Следовательно, даже если между дорожками существует некоторый паразитный импеданс, через него не будет протекать ток утечки поскольку они имеют одинаковый потенциал с защитным контуром.

TSU111H содержит две взаимодополняющие входные дифференциальные пары на PMOS и NMOS транзисторах. Таким образом, устройство обеспечивает работу со входным сигналом rail-to-rail, а диапазон входного синфазного сигнала расширен со значения $(V_{CC-}) - 0.1$ В до $(V_{CC+}) + 0.1$ В.

Поскольку на входах TSU111H установлены полевые транзисторы с изолированным затвором, то входные токи смещения не превышают 10 пА во всем рабочем диапазоне температур. Этот параметр ОУ позволяет использовать его с датчиками с высоким внутренним сопротивлением и в качестве трансимпедансного усилителя, преобразующего входной ток в напряжение на выходе.

Когда TSU111H переходит в режим насыщения, для восстановления рабочего режима требуется не более 500 мкс.

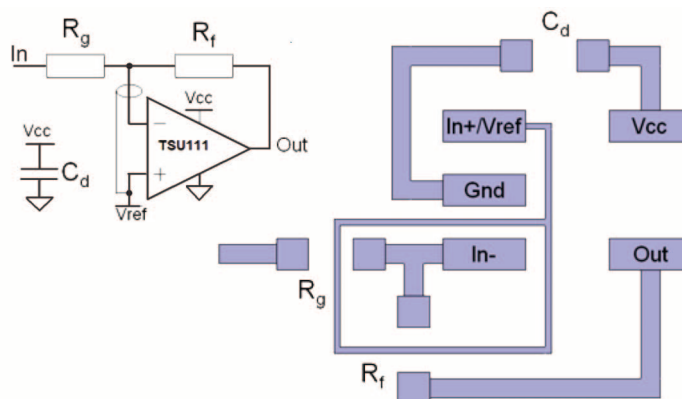


Рис. 4. Рекомендуемая конфигурация печатной платы для реализации инвертирующего усилителя

Входы и выход TSU111H защищены от электростатических разрядов (ESD) диодными ограничителями (рис. 5). Ток через диоды должен быть ограничен максимальным значением 10 мА. Для ограничения тока последовательно со входами необходимо включать резисторы.

Для увеличения степени защиты от электромаг-

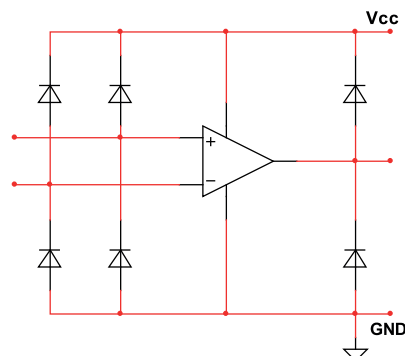


Рис. 5. Диодные ограничители для защиты от электростатических разрядов

нитных помех (ЭМП), учитывая высокое входное сопротивление усилителя, производитель рекомендует включить конденсаторы емкостью 22 пФ между входами ОУ и между каждым из входов и общим проводом. Эти конденсаторы снижают импеданс входа на высоких частотах и, следовательно, уменьшают воздействие ЭМП на режим работы усилителя.

Более подробную информацию о характеристиках TSU111H можно найти на сайте производителя [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. High temperature (150 °C) and long mission profile automotive grade, high accuracy (250 μ V) 5 V CMOS operational amplifier // <https://www.st.com/resource/en/datasheet/tsu111h.pdf>