

Регулируемый двуполярный блок питания с ограничением тока

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье описан стабилизированный двуполярный источник питания с малым уровнем пульсаций (5 мВ), трёхступенчатым переключаемым порогом ограничения тока и регулировкой напряжений одним переменным резистором.

Источник питания построен на базе двуполярного стабилизатора M5230L, работающего совместно с комплементарной парой транзисторов 2SA1287 / 2SC3247. Диапазон регулировки напряжений составляет $\pm 3... \pm 15$ В, пороги ограничения тока – 20, 100, 250 мА.

ВВЕДЕНИЕ

Для питания операционного усилителя (ОУ) и некоторых других целей часто требуется двуполярный источник питания не очень большой нагрузочной способности (с током не более 0,2...0,3 А), имеющий малый уровень шумов и пульсаций (до 5 мВ), а также возможность регулировки выходных напряжений в диапазоне от ± 3 до ± 15 В. Применение для этих целей стационарных двуполярных блоков питания не оправдано по ряду причин.

Во-первых, они, как правило, рассчитаны на значительно больший ток (от 2–3 А и более), что значительно сказывается на высокой стоимости прибора и его массогабаритных характеристиках.

Во-вторых, такие БП обычно оборудованы дополнительными средствами измерения тока и напряжения (либо стрелочными, либо в виде светодиодных или ЖК-индикаторов), что опять

же дополнительно увеличивает их стоимость.

В связи с этим лабораторные стационарные БП для указанных целей являются в значительной мере избыточными. В то же время, подобный практичный и удобный в использовании двуполярный БП вполне можно изготовить своими силами, что значительно сэкономит средства.

В статье [1] описан двуполярный БП с возможностью регулировки выходных напряжений в диапазоне от ± 3 до ± 15 В и максимальным током до 0,2 А. Основа этого БП – микросхема M5230L производства компании Mitsubishi Electric, предназначенная для конструирования двуполярного источника питания с помощью двух дополнительных, повышающих мощность, транзисторов и допускающая регулировку обоих выходных напряжений одним переменным резистором. Отличительная особенность M5230L – очень низкий уровень пульсаций выходных напря-

жений по сравнению со стандартными микросхемами линейных регулируемых стабилизаторов, такими, как, например, LM317 и LM337. Кроме того, при использовании LM317/LM337 отсутствует возможность одновременной регулировки обоих выходных напряжений одним переменным резистором.

Схема [1] в точности повторяет одну из схем, приведённых в справочном листке М5230L (пример 5). Однако, как показала практика эксплуатации этого БП, он имеет ряд существенных недостатков.

Во-первых, два его выходных силовых транзистора 2SA1287 (p-n-p) и 2SC3247 (n-p-n), имеющих корпус TO92, хотя и рассчитаны на максимальный ток в 1 А, но уже при токе в 100 мА начинают сильно нагреваться даже при наличии установленных радиаторов. Увеличение площади радиаторов не приводит к снижению температуры, поскольку отвести тепло от такого маленького корпуса (ТО-92) достаточно проблематично. В результате перегрева эти недешёвые и труднодоступные транзисторы часто выходят из строя.

Во-вторых, при некоторых выходных напряжениях в БП возникает паразитная генерация частотой в несколько сотен герц с амплитудой в 2–3 В, что делает эксплуатацию данного БП при этих напряжениях невозможной.

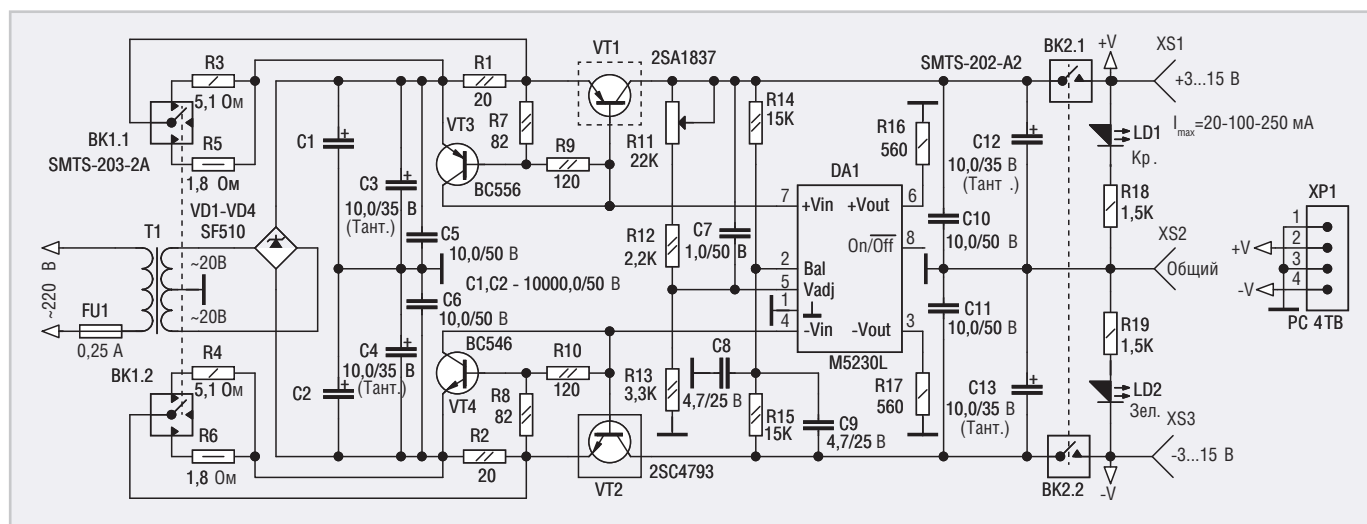


Рис. 1. Принципиальная схема источника питания

Но главная проблема этого БП – отсутствие в нём защиты от превышения тока, в том числе – от короткого замыкания. Если случайно замкнуть одно из выходных напряжений на «землю», то соответствующий выходной транзистор (а часто и оба) моментально выходят из строя. Если бы эксплуатация этого БП предусматривала работу с уже отлаженным и работоспособным устройством, то эта проблема стояла бы не так остро. Но всё дело в том, что этот БП как раз и предназначен для конструирования и отладки новых устройств, которые могут вести себя непредсказуемым образом, и, в частности, создавать короткое замыкание. В приводимой ниже конструкции БП все эти недостатки устранены.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

Как видно из приведённой на рисунке 1 схемы источника питания, в качестве силовых выходных транзисторов VT1 и VT2 используются транзисторы Toshiba 2SA1837 (p-n-p) и 2SC4793 (n-p-n), соответственно. Они являются комплементарной парой и продаются именно как пара с уже подобранными коэффициентами усиления β . Транзисторы выпускаются в полностью изолированных корпусах TO-220FP, позволяющих легко закрепить их на любых радиаторах обычным винтом M3 с шайбой и тем самым решить проблему отвода тепла. Коэффициент усиления β составляет 100–300, а максимальный ток коллектора – 1 А. Кроме того, эти транзисторы относительно недороги и легкодоступны.

Проблема паразитной генерации полностью снимается путём установки конденсаторов C8 и C9, которые в рекомендуемой производителем схеме (пример 5 справочного листка) и в схеме [1] отсутствуют. Теперь при любых выходных напряжениях ($\pm 3 \dots \pm 15$ В) и любых выходных токах паразитная генерация отсутствует, а максимальная амплитуда пульсаций выходных напряжений не превышает 5 мВ.

Защита от превышения тока, в том числе от короткого замыкания, организована следующим образом. В стандартную, рекомендованную производителем, схему (см. рис. 2а) введён дополнительный транзистор VT2 и токоизмерительный шунт R4 (см. рис. 2б). Резисторы R2 и R3 выполняют ту же роль, что и резистор R1 на

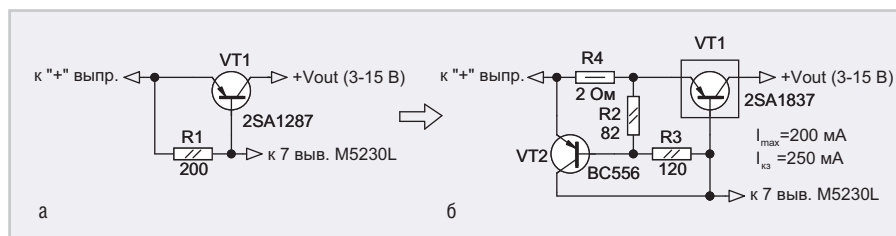


Рис. 2. Схемы защиты от превышения тока выходного положительного напряжения питания:

а) стандартная, б) предлагаемая

рисунке 2а, т.е. создают точно такое же падение напряжения между базой и эмиттером VT1 (см. рис. 2б), как и в стандартной схеме, поскольку в сумме они почти равны R1 (см. рис. 2а). Сопротивлением шунта R4 можно пренебречь, т.к. оно на два порядка меньше и составляет 2 Ом. Таким образом, если исключить из схемы, приведённой на рисунке 2б, транзистор VT2, служащий для ограничения тока VT1, то обе схемы эквивалентны.

При небольших токах (значительно меньших 200 мА), падение напряжения на шунте R4 мало, и соответственно мало падение напряжения между базой и эмиттером VT2, в результате чего он заперт и никакого влияния на VT1 не оказывает. Или, другими словами, при таких токах VT2 работает в штатном режиме. Если же ток через R4 возрастает до 200 мА, то падение напряжения на R4 достигает 0,4 В. Это напряжение, суммируясь с падением напряжения на R2, составляющим около 0,2 В, создаёт напряжение между базой и эмиттером VT2 около 0,6 В, при котором транзистор VT2 начинает открываться. Поскольку VT2 подключён между базой и эмиттером VT1, последний начинает постепенно закрываться, т.к. его база и эмиттер постепенно «закорачиваются» транзистором VT2. При дальнейшем увеличении тока через шунт R4 до порога 250 мА транзистор VT1 постепенно превращается в источник тока, и при дальнейшем уменьшении сопротивления нагрузки вплоть до короткого замыкания рост тока прекращается, и он так и остаётся на уровне 250 мА.

Таким образом, при токах до 200 мА выходное напряжение стабильно и не зависит от сопротивления нагрузки, т.е. схема ведёт себя как стабилизатор напряжения. При токах от 200 до 250 мА выходное напряжение уже зависит от сопротивления нагрузки, а ток короткого замыкания не превышает 250 мА. При этом выходное напряжение равно нулю.

Если в схеме на рисунке 2б увеличить номинал шунта R4, например, в два раза, т.е. до 4 Ом, то ток короткого замыкания также снизится приблизительно в два раза, т.е. до 100 мА. Другими словами, управляя номиналом резистора R4, можно устанавливать порог ограничения по току (порог защиты).

Поскольку основная схема, приведённая на рисунке 1, представляет собой двупольный источник напряжения, то для регулировки тока защиты по каждому из напряжений в диапазоне 20–200 мА потребуются сдвоенный переменный резистор, работающий в диапазоне от 2 до 20 Ом, т.е. номиналом около 20 Ом. К сожалению, такие сдвоенные переменные резисторы не выпускаются, однако эта проблема может быть решена очень просто. Дело в том, что для разработки и наладки устройств на обычных (слаботочных) ОУ вполне достаточно иметь защиту по току около 20 мА. Если в конструируемом устройстве используются слаботочные транзисторы, то защиту целесообразно установить в пределах 100 мА, т.е. такую, которая используется при применении маломощных стабилизаторов типа 78LXX и 79LXX. И, наконец, при наладке устройств, в которых используются мощные ОУ (см. рис. 3), максимальный ток защиты целесообразно установить на уровне 200 мА. Вышесказанное означает, что двухканальный тумблер на три поло-

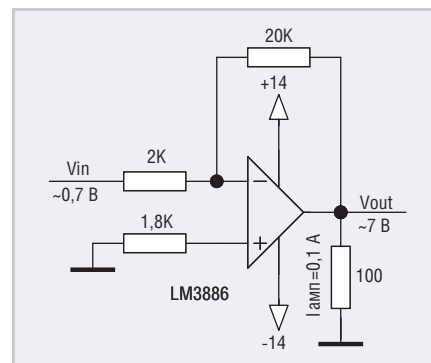


Рис. 3. Проверка работоспособности схемы на мощном ОУ

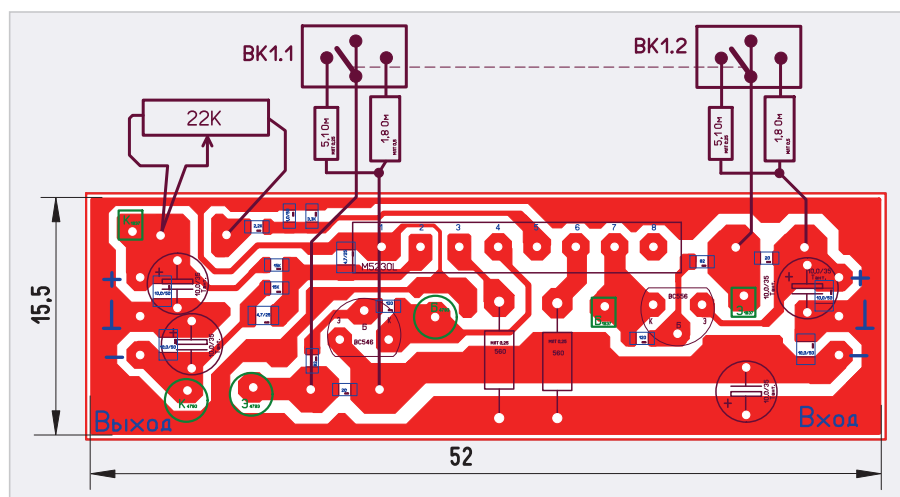


Рис. 4. Вариант разводки платы устройства

жения позволяет получить три номинала резисторов: 20 Ом, около 4 Ом и около 1,7 Ом, что эквивалентно порогам ограничения тока в районе 20, 100 мА и 250 мА. Тумблер параллельно подключает к резисторам номиналом 20 Ом (R1, R2) либо резисторы номиналом 5,1 Ом (R3, R4) в верхнем положении по схеме, либо резисторы номиналом 1,8 Ом (R5, R6) в нижнем положении, либо вообще ничего не подключает в среднем положении. Таким образом, на транзисторах VT1 и VT3 решается проблема защиты по току для положительного напряжения. Схема защиты для отрицательного напряжения на транзисторах VT2, VT4 реализована аналогично.

При включении сдвоенного тумблера BK2 выходные напряжения подаются на клеммы XS1 и XS3 и разъём XP1. Для индикации наличия выходных напря-

жений используются светодиоды красного (LD1, положительное) и зелёного (LD2, отрицательное) свечения со своими токоограничительными резисторами R18 и R19 соответственно.

Выпрямление по каждому из напряжений организовано по полумостовой схеме со средней точкой с помощью четырёх диодов (VD1–VD4) с использованием двух вторичных полуобмоток трансформатора T1 с отводом от общей точки их соединения.

Благодаря двухступенчатой схеме регулирования сопротивления, используемой в переменном резисторе R11 (СП5-35А мощностью 1 Вт), необходимое выходное напряжение можно выставить с точностью до нескольких милливольт.

Остальные элементы схемы в комментариях не нуждаются, поскольку их назначение можно найти в при-

мере 5 справочного листка микросхемы M5230L, а также в [1].

Разводка платы БП

Разводка печатной платы устройства достаточно проста, и размер платы составляет всего 52 × 15,5 мм (см. рис. 4).

Элементы для поверхностного монтажа изображены синим цветом, они расположены на стороне проводников. Элементы, установленные на плате навесным монтажом, показаны коричневым цветом. Этим же цветом отмечены элементы, которые расположены на корпусе БП (переменный резистор, тумблер с припаянными к нему резисторами). Эти элементы соединяются с платой гибкими проводами (например, МГТФ) сечением не менее 0,5 мм². Кругами (для VT1) и квадратами (для VT2) зелёного цвета отмечены точки на плате, к которым припаиваются аналогичные провода, соединяющие выводы силовых транзисторов (коллектор – «К», эмиттер – «Э», база – «Б») с платой. К цанговому трёхконтактному разъёму «Вход» припаяны провода, по которым оба напряжения выпрямителя поступают на плату, а к цанговому трёхконтактному разъёму «Выход» припаяны провода, по которым оба выходных напряжения с платы подаются на клеммы и разъём (через тумблер BK2).

Конструкция БП

БП размещён в корпусе размером (7 × 7 × 12 см), состоящим из двух соединённых половин (см. рис. 5).

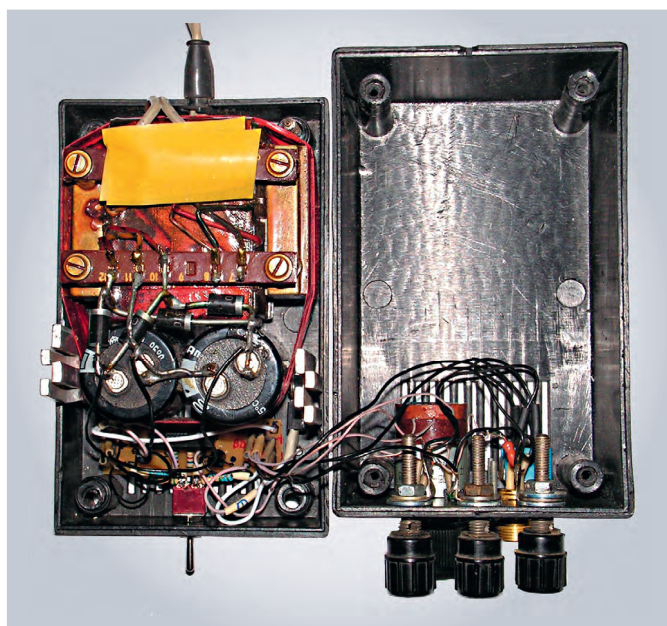


Рис. 5. Фотография раскрытого корпуса



Рис. 6. Фотография БП в сборе

В нижней половине корпуса расположены: трансформатор и выпрямитель со сглаживающими конденсаторами, силовые выходные транзисторы, укрепленные на радиаторах с площадью поверхности не менее 20 см², прикрученных к дну корпуса винтами, печатная плата, которая может быть приклеена к дну корпуса липкой двусторонней пористой лентой, и, наконец, тумблер, переключающий порог защиты по току.

В верхней половине корпуса расположены: клеммы, выходной разъём (ХР1, см. рис. 1) с дублирующими напряжениями, светодиоды с токоограничительными резисторами, переменный резистор, регулирующий выходные напряжения, и тумблер, подключающий выходные напряжения к клеммам и разъёму ХР1. Этот разъём очень удобно использовать, если от описанного БП питаются сразу два устройства: одно – уже отлаженное, работоспособное (например, генератор), и второе, работоспособность которого требуется проверить (например, мощный ОУ, как на рис. 3). Если таких устройств несколько, то, не трогая питания генератора, подключённого к разъёму ХР1, можно оперативно подключать каждое из устройств к питающим клеммам.

Фотография собранного БП показана на рисунке 6. Ручка регулировки выходных напряжений расположена справа сверху. Рядом с нижним тумблером нанесены надписи, соответствующие положению тумблера, переключающего порог защиты по току. Тумблер включения расположен слева сверху, разъём – слева от ручки, а светодиоды, укрепленные в специальных оправках, – под регулировочной ручкой.

Заключение

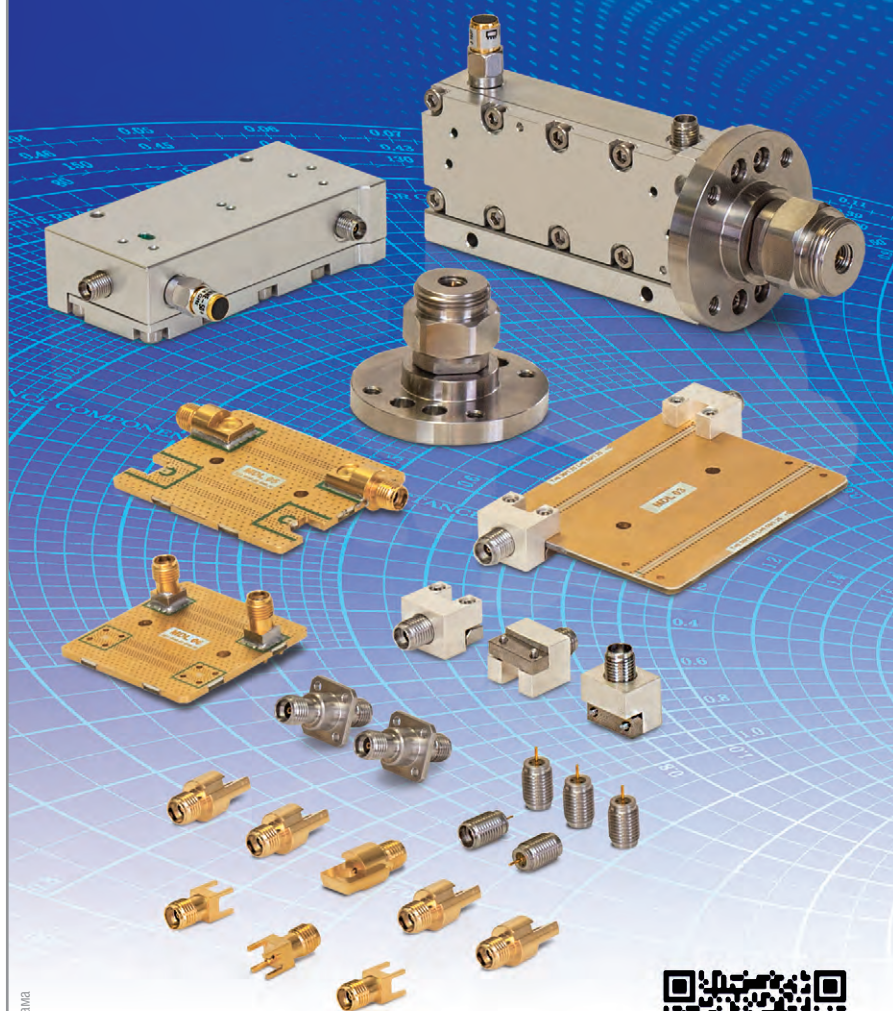
Описанный лёгкий, компактный и недорогой двуполярный стабилизированный БП с регулируемыми одной ручкой выходными напряжениями с низким уровнем пульсаций и трёхступенчатым переключаемым порогом ограничения тока может послужить незаменимым помощником при конструировании и отладке самых разных электронных устройств. Особенно полезным данный ИП будет для работ, связанных с применением ОУ.

Литература

1. Кузьминов А. Регулируемый двухполярный блок питания. Радио. 2012. № 6. ©

Элементы СВЧ тракта

- Направленные ответвители
- Переходы панельные в тракте 3,5 мм
- Переходы в тракте 2,92 мм:
 - Блочные
 - Торцевые
 - Торцевые экранированные
 - Вертикальные экранированные



Реклама



ООО «НПК ТАИР»
+7 (3822) 901163

www.npktair.com
tairtomsk@gmail.com

