

Антенный усилитель телевизионного сигнала DVB-T2

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье описан антенный усилитель на основе СВЧ-транзистора 3П328А-2. Устройство предназначено, в первую очередь, для работы с телевизионным тюнером, подключаемым к смартфонам и планшетам по интерфейсу USB и позволяющим просматривать телепередачи цифрового телевидения DVB-T2. С комнатной ДМВ-антенной усилитель обеспечивает приём каналов DVB-T2 на расстоянии до 60 км от телецентра.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровое телевидение в формате DVB и DVB-T2 не так давно вошло в нашу жизнь. Появились телевизионные приёмники – приставки, преобразующие формат DVB-T2 в видеосигналы, с которыми работают телевизоры и мониторы: композитный, SCART и HDMI. Если первые два интерфейса позволяют подключать к ресиверу DVB-T2 телевизоры старого образца, то цифровой интерфейс HDMI, которым оснащены современные телевизоры и мониторы, обеспечивает просмотр телепрограмм DVB-T2 с разрешением HD и Full HD.

В последнее время появились ресиверы DVB-T2, изготовленные в виде встраиваемых интерфейсных плат (PCI-X, AGP, PCX и тому подобные), а также небольшие устройства типа флэш-дисков с антенным входом, позволяющие смотреть цифровое телевидение на компьютерах и ноутбуках. Совсем недавно появились компактные ресиверы DVB-T2 (размером не более спичечного коробка) с антенным входом и USB-выходом, подключаемым к смартфонам и планшетами. По качеству приёма они уступают стационарным ресиверам, однако лёгкость и компактность, возможность бесплатного просмотра телепередач в высоком качестве на смартфонах и планшетах без использования сети Интернет сделали эти ресиверы популярными.

Первый и основной недостаток миниатюрных ресиверов – низкий коэффициент усиления (K_u) встроенного антенного усилителя. По сравнению со стационарными приёмниками, где K_u составляет не менее 80 дБ (!), он на 20–40 дБ ниже. Однако сигнал можно усилить с помощью внешнего усилителя.

Второй недостаток – штатная (компактная) антенна очень мала и не эффективна, что в совокупности с низким усилением не позволяет вести уверенный приём телепередач в помещении даже в черте города. Если расположить штатную антенну ближе к окну или приподнять, то можно добиться более или менее уверенного приёма. Если же отъехать от Москвы километров на 60, то «поймать» телесигнал на такое устройство со штатной антенной вовсе невозможно.

Третий недостаток – высокие требования к процессору смартфона или планшета (это касается не всех устройств). При тестировании стандартного планшета (например, RC9727F) с тюнерами Geniatech MyGica PT360 и T230, первый вообще отказался работать, а на T230 удалось принять один из каналов DVB-T2, однако картинка часто «рассыпалась», хотя планшет с более мощным процессором работал нормально. Проверка тюнера AverTV Mobile 510 с тем же планшетом показала идеальную работу. Тестирование проводилось в магазине, расположенном в нескольких кварталах от Останкинской телебашни. Однако на расстоянии всего 6 км от неё, в середине комнаты, окна которой выходят на сторону, противоположную направлению прямого прохождения телесигнала, тюнер заработал только при установке штатной антенны вблизи окна.

С приобретением двух антенн (одна из которых оснащена встроенным усилителем с $K_u = 42$ дБ), предназначенных для приёма сигналов DVB-T2, и отдельного антенного усилителя с $K_u = 25$ дБ, некоторые каналы заработали, но картинка на других безнадёжно «рассыпалась». Тогда было принято решение изготовить усилитель самостоятельно.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ТВ-ТЮНЕРА AVERTV MOBILE 510

В сети Интернет широко представлены схемы антенных усилителей на биполярных и полевых транзисторах, а также на специализированных ИС. В данном устройстве предпочтительно использовать арсенид-галлиевые (GaAs) полевые транзисторы, работающие в гигагерцовом диапазоне и имеющие низкий коэффициент шума. В качестве базовой была выбрана схема антенного усилителя ДМВ на двухзатворном полевом GaAs-транзисторе 3П351А-2 [1]. Особенность этого усилителя – сверхнизкий коэффициент шума (0,6 дБ) при относительно высоком коэффициенте усиления (25 дБ). К сожалению, транзистор 3П351А-2 приобрести не удалось. В то же время, двухзатворные полевые транзисторы 3П328А-2 вполне доступны. В сети Интернет были найдены следующие характеристики 3П328А-2: максимальное напряжение сток–исток 6 В, мощность около 50 мВт, граничная частота 8 ГГц, коэффициент шума на 8 ГГц составляет около 3,5 дБ, крутизна по первому затвору до 28 мА/В (последнее значение более чем в три раза превышает крутизну 3П351А-2), по второму – 4 мА/В. Требовалось выяснить режим работы 3П328А-2 по постоянному току при пятивольтовом питании. Устройство, в котором использовался этот транзистор, было описано в статье И. Нечаева [2], где 3П328А-2 питается стабилизированным напряжением +5 В, а в цепях стока и истока установлены резисторы по 120 Ом.

Для подачи постоянных напряжений на электроды транзистора 3П328А-2 (через П-образные RC-фильтры) использовались рекомендации, описанные в справочном листке (Datasheet) импортного кремниевого двухзатворного полевого транзистора BF998 [4].

Анализ схем [1, 2, 4], а также схемы малошумящего усилителя сигнала 430 МГц на базе транзистора ATF-55143, найденной в сети Интернет, привёл к окончательной схеме усилителя (см. рис. 1). В схеме используются два интегральных стабилизатора: один – с выходным напряжением

+5 В – DA2 (NCP698SQ50), второй – с выходным напряжением +1,5 В – DA1 (NCP698SQ15). Эти микросхемы были выбраны из-за достаточно миниатюрного корпуса SC-82AB (2,2 × 2,4 мм), а также благодаря малому падению напряжения (десять доли вольта).

В качестве первого варианта источника питания были выбраны четыре никель-цинковых аккумулятора размером AA с выходным напряжением 1,6 В (фирмы Acme Power), ёмкостью 2500 мА · ч, которые были установлены в батарейный отсек. Потребление тока усилителем составляет около 10 мА, поэтому аккумуляторов хватает примерно на 250 часов. Вторым вариантом питания является выходная линия VBUS интерфейса USB, напряжение на которой составляет +5 В. Для него необходимо изготовить специальный кабель (см. рис. 2). В этом случае дополнительный источник питания на аккумуляторах не требуется, однако, как показала практика использования тюнера AverTV Mobile 510 с планшетом, наличие дополнительных аккумуляторов не мешает ввиду большого (до 2 А) потребления тока планшетом при просмотре телепрограмм от тюнера, подсоединённого по шине USB.

Если используются дополнительные аккумуляторы, то кабель питания от них подключается к разъёму X1 (см. рис. 1), и в этом случае микросхема DA2 стабилизирует входное напряжение на уровне +5 В. При использовании питания, взятого с разъёма USB (+5 В), входное напряжение питания можно подключить непосредственно к цепи +5In, убрав перемычку R5. На втором стабилизаторе DA1 собран регулятор напряжения 0...1,5 В. Выход стабилизатора подключён к переменному резистору R1, с движка которого снимается напряжение, предназначенное для подачи – через НЧ-фильтр C8R3C9 – на второй затвор (32) транзистора. Регулируя напряжение на втором затворе, можно изменять коэффициент усиления устройства. При напряжении на 32 от 0,8 до 1,5 В коэффициент усиления максимален и стабилен, а при уменьшении напряжения с 0,8 В до 0 В коэффициент усиления падает. Поскольку параметры транзисторов имеют разброс, оптимальный режим работы усилителя можно настроить резистором R1.

Двухзатворный транзистор можно представить в виде двух транзисторов в касковом включении (см. рис. 3). Управляющим является первый затвор (31). Второй затвор (32)

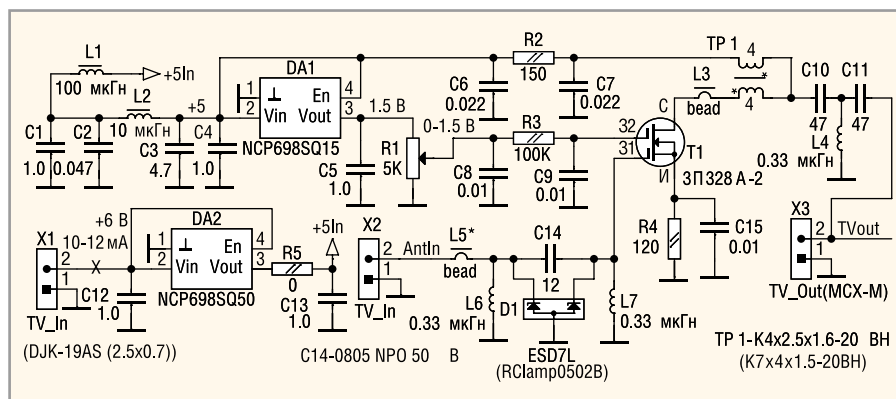


Рис. 1. Схема антенного усилителя сигнала DVB-T2 для тюнера AverTV Mobile 510

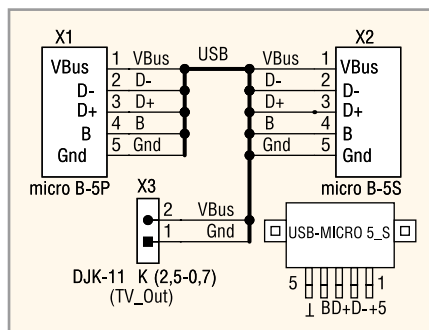


Рис. 2. Схема кабеля для питания усилителя от интерфейса USB

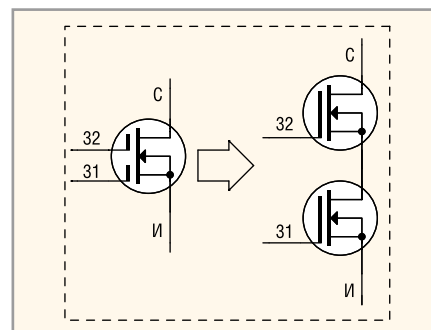


Рис. 3. Схема замещения двухзатворного транзистора двумя однозатворными

с меньшей крутизной, действуя как электростатический экран, нейтрализует проходную ёмкость транзистора (эффект Миллера). Возможность работы на более высоких частотах – основное преимущество двухзатворного транзистора по сравнению с однозатворным (при прочих равных условиях).

Два последовательно включённых LC-фильтра C13L1C1 и C2L2C3C4 предназначены для защиты усилителя от ВЧ- (по USB) и СВЧ- (от антенны) помех и устранения самовозбуждения. Самовозбуждению транзистора также препятствуют RC-фильтр C6R2C7, конденсатор C15, трансформатор TP1 и бусина L3, через которые на сток подаётся напряжение питания. Основное назначение трансформатора TP1 – согласование выходного импеданса транзистора с входом тюнера. Выходной LC-фильтр C10L4C11 задерживает проникновение в тюнер НЧ составляющих сигнала (в том числе, напряжения питания транзистора).

Входной сигнал с антенны AntIn (см. рис. 1) проходит через бусину L5, LC-фильтр L6C14L7, к входу и выходу которого подключены специальные СВЧ ограничительные диоды (D1), которые называют супрессорами. Назначение этих диодов – ограничить амплитуду входного сигнала на уровне +5 В и снизу на уровне –0,6 В.

В отличие от стандартных супрессоров, ёмкость которых составляет до нескольких десятков пФ, ёмкость ограничительных диодов D1 менее 0,5 пФ. Ферритовая бусина L5 ($\mu = 30...50$) препятствует проникновению во входной тракт усилителя СВЧ-сигналов гигагерцового диапазона (GSM, спутниковое телевидение и тому подобных). В некоторых случаях, если уровень сигнала гигагерцового диапазона низкий (за городом, где мобильная связь неустойчивая), бусина L5 не нужна, поэтому на схеме (см. рис. 1) она помечена звёздочкой. Фильтр L6C14L7 задерживает частоты ниже 400 МГц (диапазон МВ и нижнего ДМВ). Отфильтрованный сигнал поступает на первый затвор транзистора T1.

Следует отметить особенность транзистора 3П328А-2, которая требует обязательного ограничения амплитуды входного сигнала: его затворы очень чувствительны как к статическому электричеству, так и к превышению напряжений. Например, если коснуться антенны рукой (при отсутствии ограничительных диодов D1, см. рис. 1), то транзистор легко выведет из строя. При пайке также следует соблюдать осторожность, предварительно закорачивая выводы тонкой проволокой. Но даже эта, стандартная для МОП-транзисторов, процедура не

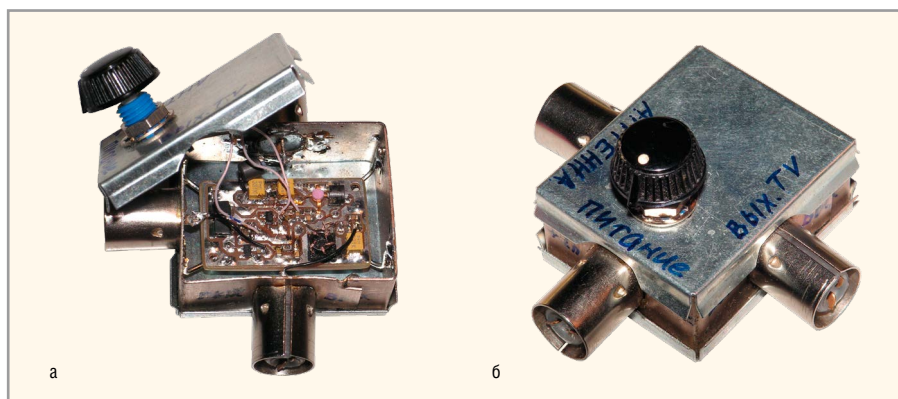


Рис. 4. Фотографии усилителя в корпусе антенного разветвителя: а – со снятой крышкой; б – общий вид

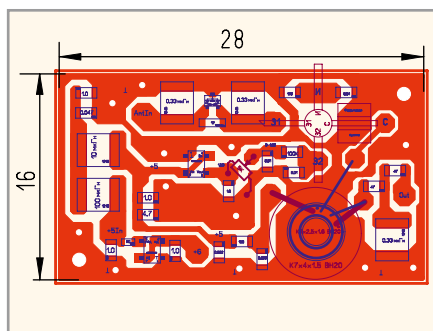


Рис. 5. Вариант разводки платы усилителя в корпусе антенного разветвителя

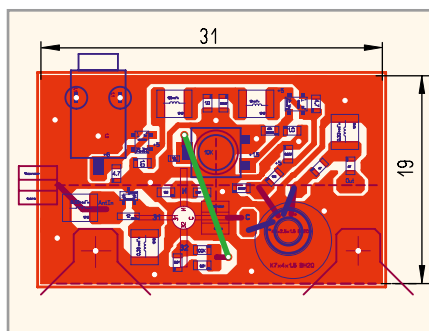


Рис. 6. Вариант разводки платы усилителя в корпусе делителя для осциллографа

гарантирует исправность 3П328А-2, если не установлены ограничительные диоды D1.

В схеме усилителя с теми же номиналами компонентов вместо транзистора 3П328А-2, что проверено, может использоваться более современный двухзатворный транзистор АП390А-2 [3], имеющий почти в три раза большую крутизну ВАХ. В этом случае коэффициент усиления увеличивается, что приводит к увеличению чувствительности усилителя и, как следствие, – к лучшей стабильности работы и к менее тщательной ориентации антенны. Однако транзистор АП390А-2 более чем в 15 раз дороже транзистора 3П328А-2.

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКЦИИ УСИЛИТЕЛЯ

Далее описываются три варианта разводки платы усилителя. Размер плат и их крепёжные элементы соответствуют корпусам, в которые они установлены. Сама разводка сделана с помощью программы Sprint LayOut 6.0. Об изготовлении фотошаблонов и самих плат можно прочитать в других работах автора данной статьи [5, 6]. Платы изготовлены из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм с толщиной меди 35 мкм. Земля со стороны элементов соединя-

ется отрезками одножильного провода с землёй противоположной стороны через отверстия, показанные на разводке белыми кружками.

Первый вариант конструкции усилителя сделан в металлическом жестяном корпусе антенного разветвителя, с двумя крышками и тремя ТВ-розетками (см. рис. 4). Внутреннее устройство разветвителя состоит из ферритовой бусины и трёх пропущенных через неё проводов, которые припаяны к трём разъёмам. Недостаток такого корпуса – разъёмы очень низкого качества. Однако простота снятия крышек позволяет закрепить плату четырьмя отрезками медного провода диаметром 0,8 мм, припаянными к внутренним стенкам корпуса, и иметь удобный доступ к любой стороне платы. В разводке (см. рис. 5) учтено, что трансформатор (TP1, см. рис. 1) может быть изготовлен на кольце диаметром как 4, так и 7 мм. TP1 приклеен к плате небольшим куском двусторонней липкой губчатой ленты. Изготовить такой трансформатор несложно. Поскольку феррит ВН20 (с магнитной проницаемостью $\mu = 20$) достаточно мягкий, кромки внешней поверхности кольца легко скруглить. Кромки с внутренней поверхности кольца стачиваются конусом из абразивного материала.

После этого кольцо необходимо покрыть двумя слоями цапонлака с просушкой между покрытиями в течение 10 минут. Затем скрутить два провода ПЭЛШО 0,1 (ПЭПШО 0,08) с шагом 1...1,2 мм и намотать на кольцо четыре витка, равномерно распределяя их по длине кольца. После этого весь трансформатор следует покрыть слоем цапонлака. После высыхания цапонлака необходимо соединить конец первой обмотки с началом второй – это будет средняя точка.

К стоку транзистора припаяна одна из посеребрённых жил провода МС16-13 0,05, на место пайки надета фторопластовая трубка, на неё – бусина, которая зафиксирована каплей цапонлака. На плату приклеен кусочек липкой ленты, на который двумя каплями цапонлака приклеена бусина. К центральному контакту входного антенного разъёма припаян один конец отрезка провода МС16-13 0,05, на который также надета бусина и зафиксирована цапонлаком. Второй конец припаян к контакту AntIn (см. рис. 1). В одной из крышек корпуса (см. рис. 4) сделано отверстие и установлен переменный резистор R1 (см. рис. 1).

Второй вариант усилителя выполнен в корпусе делителя 1:10 (см. рис. 6 и 7), который сделан из фрезерованного алюминия. Стальная пружинная крышка с отверстием для подстройки, под которым расположен резистор R1, защёлкивается в пазах корпуса без винтов. Контакт движка резистора R1 соединяется с R3 и C8 (см. рис. 1) отрезком изолированного одножильного провода (на рисунке 6 он изображён зелёным цветом), расположенного со стороны земли платы, через два переходных отверстия. Доработка корпуса делителя минимальная: требуется просверлить отверстие в крышке для разъёма питания и заменить разъём BNC на ТВ-розетку с гайкой. Плата закреплена в корпусе двумя двухмиллиметровыми винтами. Питание усилителя может быть как от аккумуляторов, так и от напряжения +5 В в разъёме USB на планшете. Кабель подключения усилителя и тюнера к планшету сделан по схеме, показанной на рисунке 2.

Эксплуатация усилителей (см. рис. 5) показала, что оптимальное положение резистора R1 соответствует напряжению на движке чуть более 0,8 В. Поэтому в схеме следующей конструкции усилителя стабилизатор DA1 и переменный резистор R1 (см. рис. 8) были заменены

делителем напряжения на резисторах $R1'$ и $R1''$, в точке соединения которых образуется напряжение 0,83 В. Кроме того, из схемы был исключён крупногабаритный дроссель L1. Вместо крупногабаритного (1210) дросселя L2 индуктивностью 10 мкГн был установлен многослойный дроссель 0805, а вместо дросселей L4, L6 и L7 (0,33 мкГн, 1210) – многослойные дроссели 0603. Крупногабаритная бусина L5* была заменена трансфлюксором (TP – $3,5 \times 2 \times 2,4$ – 45 ВНП, $\mu = 45$). Всё это позволило развести схему на плате 9×19 мм (см. рис. 9), которая поместилась в корпусе антенного разъёма (см. рис. 10). Несмотря на замену дросселей и исключение стабилизатора, усилитель в антенном разъёме работает не хуже первых двух конструкций. Однако при питании от USB, когда заряд батареи планшета уменьшается до 25%, работа усилителя ухудшается (как и у первых двух усилителей). Вероятно, это связано с разрядом аккумулятора, когда напряжение на линии VBUS падает ниже +5 В. Поэтому лучше питать усилитель от внешнего источника.

УСИЛИТЕЛЬ С ПИТАНИЕМ ПО АНТЕННУМУ КАБЕЛЮ

В современных стационарных ТВ-тюнерах, принимающих сигнал стандарта DVB-T2, при подключении к ним антенн, оборудованных встроенным усилителем, питание (+5 В) и ВЧ-сигнал передаются по одному и тому же ВЧ-кабелю. Чтобы тюнер подал питание на входной антенный разъём, следует в его настройках выбрать соответствующий параметр. Схема, приведённая на рисунке 11, сделана так, чтобы усилитель мог работать от напряжения питания, передаваемого по кабелю. В ней используется стабилизатор +3,3 В, который с помощью двух дополнительных резисторов R6 и R7 позволяет получить выходное напряжение +4,5 В. Номиналы резисторов ($R6 = 3,3$ кОм, $R7 = 9,1$ кОм) выбраны так, чтобы напряжение между выводом 3 и землёй составляло примерно 4,5 В.

Более низкое напряжение питания +4,5 В выбрано по следующей причине. Дело в том, что стационарные тюнеры выдают на антенный разъём напряжение питания +5 В с некоторой погрешностью $\pm(0,1...0,2)$, и если оно меньше +5 В, то при использовании стабилизатора на +5 В он перестанет выполнять свои функции. В результате напряжение, подаваемое на второй

затвор (32) транзистора, будет колебаться, что вызовет нестабильную работу усилителя. Если же питание усилителя снижено до +4,5 В, такие ситуации исключены. Вариант разводки платы (см. рис. 12) позволяет поместить усилитель в антенный разъём или в корпус антенны. Трансформатор в этом усилителе установлен с обратной стороны.

Функционирование усилителя с питанием, передаваемым по ВЧ-кабелю, проверялось на недорогих стационарных телеприставках Supra SDT-98CI и Supra SDT-120 при подключении к пассивной комнатной антенне ДМВ. Место испытаний – Москва. Для чистоты эксперимента была использована ещё одна антенна, аналогичная предыдущей, но со встроенным заводским усилителем.

При работе тюнеров от пассивной антенны на некоторых каналах картинка иногда «рассыпалась» (особенно на более дорогой приставке Supra SDT-98CI). Если использовалась антенна со встроенным заводским усилителем, то оба ресивера на всех каналах работали идеально. При установке разработанного усилителя в пассивную антенну, все каналы также работали идеально, однако средний уровень входного сигнала, если верить средствам измерения телеприставок, был выше на 2...30%.

Работа усилителя также проверялась на тюнере AverTV Mobile 510. При этом для передачи напряжения питания по ВЧ-кабелю длиной 5 м был использован стандартный инжектор питания, к которому были подключены аккумуляторы. Для сравнения была использована та же самая пассивная антенна, которая через 5-метровый удлинитель подключалась к усилителю в корпусе делителя с питанием от аккумуляторов. Проверка показала, что оба усилителя работают абсолютно одинаково. Вывод: при такой длине кабеля усилитель с питанием по ВЧ-кабелю с инжектором не имеет преимуществ перед усилителем с отдельным питанием.

УСИЛИТЕЛЬ НА ОДНОЗАТВОРНОМ ТРАНЗИСТОРЕ ATF-55143

Однозатворный полевой СВЧ-транзистор ATF-55143 выпускается компанией Agilent Technologies (отсюда первые две буквы «AT» в его названии) с 2001 г. Сама же компания в своё время образовалась как подразделение хорошо известного бренда Hewlett-Packard. В настоящее время этот транзистор выпускается компанией Avago (подразделение Agilent Technologies).

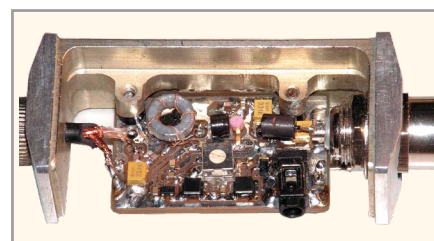


Рис. 7. Внешний вид усилителя в корпусе делителя со снятой крышкой

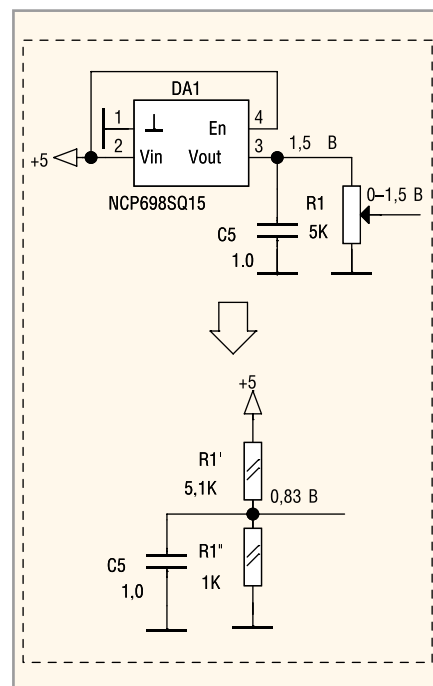


Рис. 8. Замена стабилизатора и переменного резистора делителем напряжения

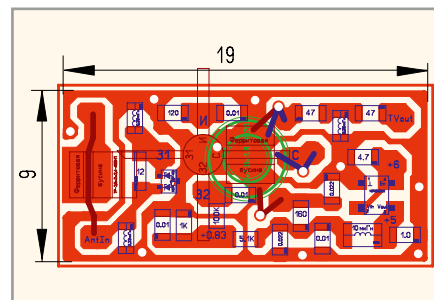


Рис. 9. Вариант разводки платы усилителя в корпусе антенного разъёма

Транзистор ATF-55143 имеет следующие характеристики: диапазон частот работы – от 450 МГц до 6 ГГц, сверхнизкий коэффициент шума – до 0,2 дБ на частоте 500 МГц, коэффициент усиления – до 25 дБ на частоте 500 МГц при напряжении на стоке 2,7 В и токе стока 10 мА, крутизна ВАХ – до 160 мА/В. Кроме того, транзистор оборудован защитой затвора, которая позволяет, не закорачивая всех его выводов между собой (как это требуют транзисторы AP328/AP390), производить его пайку на плату или какие-либо перепайки в схеме. ATF-55143 выпускается

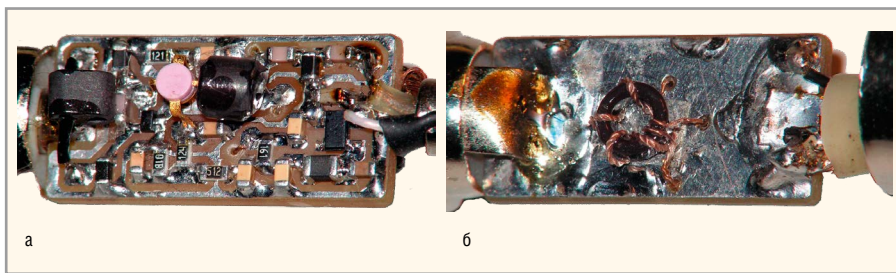


Рис. 10. Фотографии платы усилителя в антенном разъёме: а – вид со стороны расположения элементов; б – вид с обратной стороны

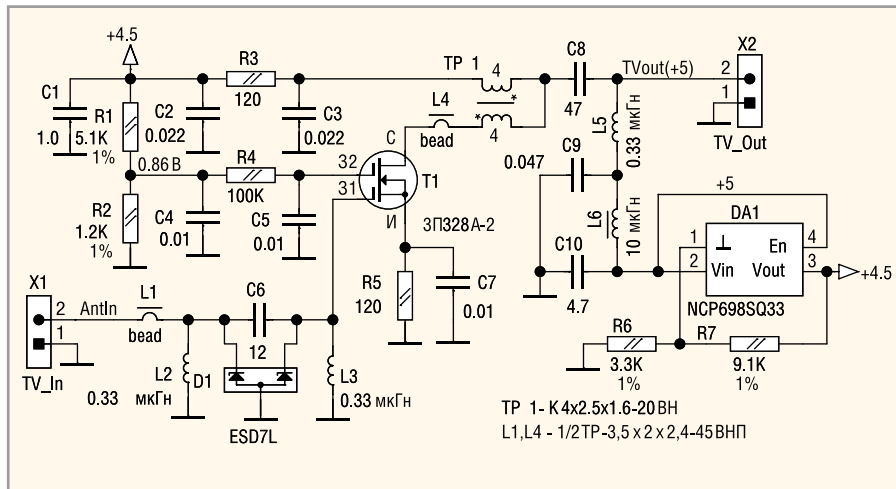


Рис. 11. Схема усилителя с питанием по ВЧ-кабелю

в миниатюрном корпусе SC-70 с четырьмя выводами размером 2×2 мм, что позволяет экономить место на плате. Этот транзистор вполне доступен, его средняя стоимость составляет около 70 руб./шт., что более чем в 6 раз дешевле транзистора АП390А-2 (440 руб./шт.) и всего в два раза дороже транзистора АП328А-2 (35 руб./шт.). Высокие технические характеристики и приемлемая цена ATF-55143 послужили причиной конструирования усилителя сигнала DVB-T2 на его основе (см. рис. 13).

В схеме есть две тонкости, которые нуждаются в пояснении.

В справочном листке (datasheet) рекомендуется соединять оба вывода истока транзистора с «землёй» через две небольшие индуктивности (L5 и L6), которые представляют собой отрезки медного посеребрённого провода толщиной 0,1–0,2 мм и длиной 3–4 мм. Их можно взять, например, как одну из жил провода МС16-13.

В отличие от транзисторов АП328/АП390, у которых первый затвор (принимающий ВЧ-сигнал) заземлён по постоянному току, транзистор ATF-55143 требует на затворе наличия определённого потенциала. При токе стока 10 мА и напряжении исток-сток 2,7–2,8 В (это оптимальный режим работы транзистора) напряжение на

затворе должно находиться в пределах 0,4–0,47 В относительно истока («земли»). Для обеспечения этого рабочего потенциала затвора используется делитель напряжения R1R2. Напряжение в точке соединения R1 и R2, если не учитывать ток утечки затвора транзистора, будет составлять: $U_{R1R2} = 5 \text{ В} \times R2 / (R1 + R2) = 5 \text{ В} \times 0,22 \text{ кОм} / (5,1 \text{ кОм} + 0,22 \text{ кОм}) = 0,2068 \text{ В} \approx 0,2 \text{ В}$. Это напряжение передаётся на затвор через П-образный НЧ-фильтр C9R4C10 (и индуктивность L4), так же, как и напряжение на сток – через П-образный фильтр C5R3C6 (и трансформатор с бусиной L2). Ток утечки ATF-55143 (с затвора на сток) в этом режиме составляет около 190 мкА (0,19 мА), и его уже необходимо учитывать, так как он создаёт падение напряжения на R4. С учётом тока утечки при тех номиналах R1, R2 и R4, которые указаны на схеме, напряжение на C9 будет уже не 0,2 В (как рассчитанное выше), а 0,25 В, а на C10 (то есть рабочее напряжение на затворе) – 0,44 В. В этом случае при токе стока $I_c = 10 \text{ мА}$ падение напряжения на R3 будет составлять: $I_c \times R3 = 10 \text{ мА} \times 220 \text{ Ом} = 2,2 \text{ В}$, а напряжение на стоке: $5 \text{ В} - 2,2 \text{ В} = 2,8 \text{ В}$, то есть оптимальное рабочее напряжение.

Остальные компоненты схемы уже обсуждались ранее и, на взгляд автора, в комментариях не нуждаются.

Разведённая плата усилителя (см. рис. 14) получилась миниатюрного размера (9×19 мм), который позволил уместить весь усилитель в антенном разъёме. Фотография платы усилителя не приводится, так как она незначительно отличается от платы усилителя в антенном разъёме, приведённой на рисунке 10.

Усилитель показал отличные результаты и несколько большую чувствительность, чем даже на базе транзистора АП390А-2 (не говоря уже о АП328А-2).

УСИЛИТЕЛИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МИКРОСХЕМАХ

В настоящее время выпускаются специализированные микросхемы, предназначенные для усиления ВЧ- и СВЧ-сигналов. Были попытки использовать в усилителе микросхемы MGA-68563, MGA-86563, выпускаемые компанией Avago (www.avagotech.com), и BGM1014, выпускаемую компанией NXP (www.nxp.com). В изготовленных платах были scrupulously выполнены все требования и рекомендации изготовителей ИС. Однако ни одно из этих устройств не заработало. Усилители на микросхемах MGA-68563 и BGM1014 вообще отказались работать с тюнером AverTV Mobile 510, а усилитель на микросхеме MGA-86563 хотя и заработал, но качество было даже хуже, чем вообще без усилителя.

АНТЕННЫ

Ресивер AverTV Mobile 510 комплектуется двумя антеннами. Первая – телескопическая, длиной около 15 см в полностью выдвинутом состоянии и оснащённая вилкой MCX, которая позволяет подключить антенну к входному разъёму тюнера. Вторая – в пластмассовом корпусе, с двумя телескопическими «усами» длиной около 15 см каждый в выдвинутом состоянии. «Усы» могут изменять угол наклона, вплоть до полного складывания. Корпус этой антенны оснащён специальной защёлкой, позволяющей присоединить к нему два крепления антенны: одно с прищепкой, которая может быть закреплена на планшете, второе с присоской, позволяющей прикрепить её к оконному стеклу. Антенна оснащена кабелем длиной около метра с вилкой MCX на конце.

Проверка работы тюнера с обеими антеннами проводилась в середине комнаты, окна второго этажа выхо-

дили на сторону, противоположную направлению распространения сигнала от Останкинской телебашни, находящейся на расстоянии около 6 км. Проверка проводилась без усилителя и показала следующее.

С первой антенной тюнер не заработал (на экран выводилась надпись «нет сигнала»). Со второй антенной, закреплённой прищепкой к планшету, была та же самая картинка. Попытка закрепить антенну присоской к окну успехом не увенчалась. Присоска через каждые 5 минут отскакивала, хотя стекло было тщательно промыто и протёрто спиртом. Однако вблизи окна, при определённой высоте и ориентации антенны, можно было «поймать» некоторые каналы DVB-T2; на других каналах картинка «рассыпалась».

В результате было решено установить антенну на штативе от фотокамеры, прикрепив её к другой телескопической антенне, ввинчивающейся в штатив. На самом креплении с присоской была установлена штатная антенна. Регулируя высоту, направление антенны и её расположение в комнате, можно было ненадолго обеспечить приём всех каналов DVB-T2. При подключении любого из вышеописанных усилителей антенну можно было полностью опустить, на каждом канале всегда «горели» все сегменты индикации уровня сигнала, и приём был стабильным.

Эксперимент по использованию описанной антенны с усилителем на расстоянии 60 км от Останкинской телебашни показал, что ресивер AverTV Mobile 510 способен принимать только каналы второго мультиплекса (каналы 11-20). Необходимо отметить, что вещание в стандарте DVB-T2 производится в узком частотном диапазоне. Например, в Москве и Московской области существует три мультиплекса: первый на частоте 546 МГц, второй на частоте 498 МГц и третий на частоте 578 МГц. Частота сигнала второго мультиплекса (498 МГц) – самая низкая, и, вероятно, поэтому он лучше принимается штатной антенной.

Помимо штатной антенны, был проведён эксперимент с ещё тремя антеннами ДМВ: двумя активными ($K_u = 34$ дБ и $K_u = 42$ дБ) и одной пассивной «Дельта-K131», к которой по очереди подключались оба усилителя (с питанием от аккумуляторов). Антенны со встроенными усилителями позволяли тюнеру AverTV Mobile 510 принимать

все каналы DVB-T2, но устойчивый просмотр с этими антеннами не был возможен ни на одном из каналов.

Антенна «Дельта-K131» с описанными усилителями показала стабильную работу тюнера на всех каналах. Однако если на втором мультиплексе ориентация антенны не вызывала затруднений, то для каналов на других мультиплексах она была критичной. Этот эксперимент показал, что тюнер AverTV Mobile 510 на большом расстоянии от телецентра, вероятно, чувствителен к шуму встроенных в антенны заводских усилителей. Применение обычной, пассивной антенны ДМВ совместно с усилителем на малошумящем СВЧ-транзисторе решает проблему. Антенна «Дельта-K131» выпускается до сих пор и стоит в рознице от 300 руб. В настоящее время продаются и другие, более современные и не очень дорогие пассивные антенны.

Эксперименты проводились с двумя антеннами типа «Волновой канал»: RDA-440 и «Фаворит-5» стоимостью от 400 руб.

Отличительная особенность RDA-440 – горизонтальное расположение петлевого вибратора, позволяющее значительно увеличить собственный коэффициент усиления антенны (это новшество позаимствовано от более дорогой антенны Skytech UHF-051 стоимостью 1300 руб., копией которой и является RDA-440).

Петлевого вибратора в антенне «Фаворит-5» расположен стандартно, то есть в вертикальной плоскости, и её коэффициент усиления меньше, чем у RDA-440. Однако если расположить петлю горизонтально, выгнув концы вибратора на 90°, то коэффициент усиления антенны «Фаворит-5» становится таким же высоким, как у RDA-440. Описываемый усилитель был установлен в корпус «Фаворит-5» там, где расположена плата согласования, а батарейный отсек – сверху корпуса.

Обе антенны RDA-440 и «Фаворит-5» (с конструктивными изменениями) показали отличную работу с усилителем на расстоянии 60 км от телецентра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Малошумящий двухзатворный СВЧ-транзистор 3П328А-2 является хорошей основой для недорогого и высококачественного усилителя сигнала стандарта DVB-T2. Этот усилитель вместе с ресивером AverTV Mobile 510, предназначенным для просмотра телевидения на

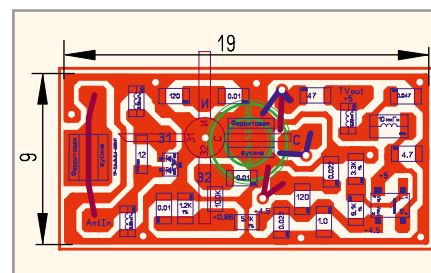


Рис. 12. Вариант разводки платы усилителя с питанием по ВЧ-кабелю

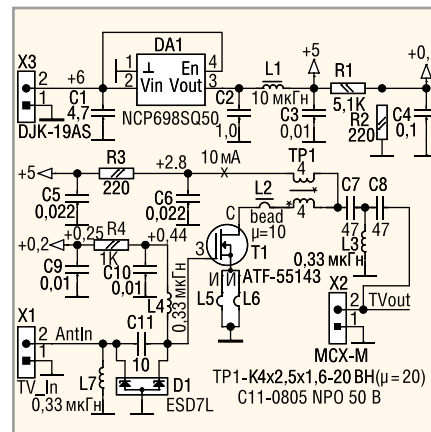


Рис. 13. Схема усилителя DVB-T2 на базе ATF-55143

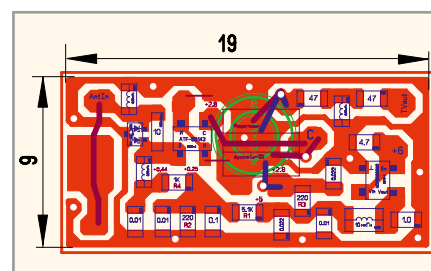


Рис. 14. Разводка платы усилителя DVB-T2 на базе ATF-55143

смартфонах и планшетах, и пассивной антенной ДМВ позволяет уверенно принимать телевизионный сигнал стандарта DVB-T2 на расстоянии до 60 км от телецентра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фёдоров В. Антенный ДМВ-усилитель. Радиолобитель. 2001. № 3.
2. Нечаев И. Конвертер 1260/430(144) МГц. Радио. 2003. № 10.
3. Двухзатворный СВЧ ПТШ АП390А-2. www.argall.ru.
4. BF998; BF998R Silicon N-Channel Dual-Gate MOS-FETs Datasheet. www.nxp.com.
5. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10.
6. Кузьминов А. Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций. Современная электроника. 2015. № 6.

