

Схемы радиоприемников на основе аудиоусилителя LM386

Martyn Mckinney

EDN

Хотя широко распространенная микросхема LM386 разрабатывалась как усилитель звука, она обладает рядом недокументированных характеристик, которые можно использовать для создания простых схем радиоприемников, обеспечивающих удиви-

тельно высокие характеристики. Эти схемы могут применяться для приема АМ, телеграфных и SSB сигналов радиостанций средне- и коротковолнового диапазонов частот без необходимости использования внешней антенны.

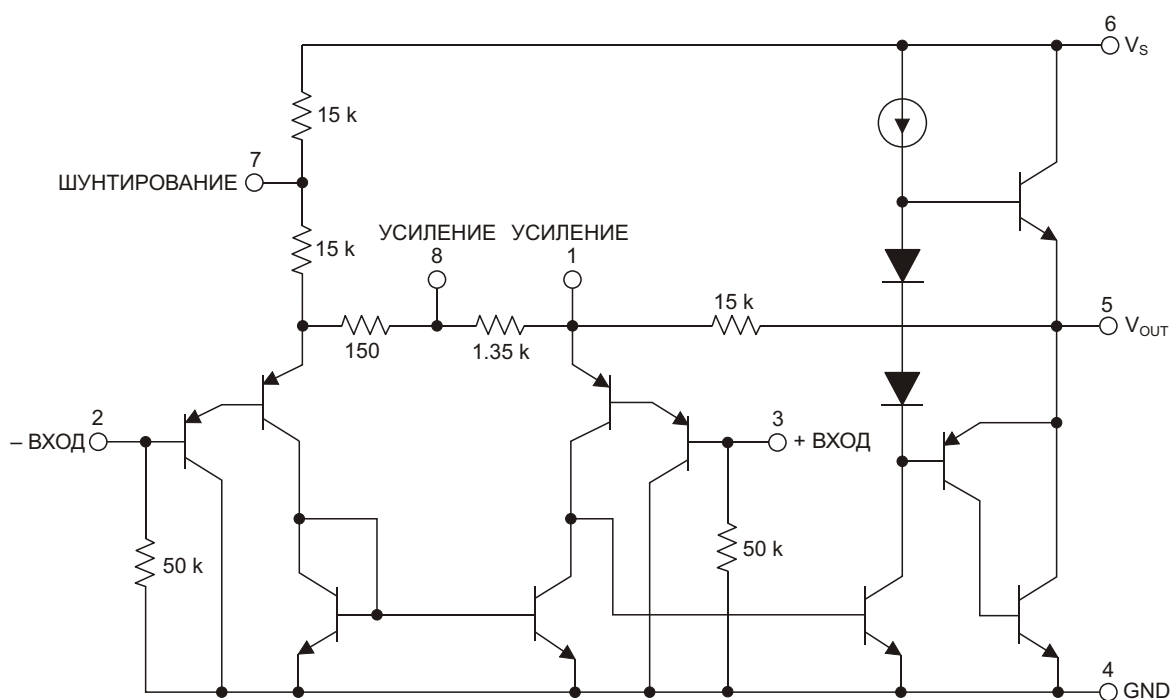


Рисунок 1. Схема из технического описания микросхемы LM386 компании Texas Instruments.

Внимательное рассмотрение внутренней схемы LM386, изображенной на Рисунке 1, показывает, что ее коэффициент усиления по напряжению определяется соотношением внутренних резисторов обратной связи и сопротивлением дополнительного (внешнего) шунтирующего резистора. При отсутствии шунтирующего резистора и использовании одного входного вывода коэффициент усиления напряжения равен

$$\frac{15,000}{1350 \cdot 150} = 10.$$

При использовании в дифференциальном режиме (входной сигнал подается на выводы 2 и 3) его усиление удваивается.

Если между выводами 1 и 8 включить конденсатор емкостью 10 мкФ, он зашунтирует резистор обратной связи 1350 Ом, в результате чего коэффициент усиления для одного входного вывода составит $15,000/150 = 100$. Если же конденсатор включить между выводом 1 и землей, будут эффективно зашунтированы оба резистора обратной связи. Результатом станет экстремально большое и неопределенное усиление аудио (15,000/?), которое можно установить, добавив к шунтирующему конденсатору 10 мкФ последовательный резистор небольшого сопротивления. При сопротивлении резистора 10 Ом усиление будет равно $15,000/10 = 1,500$. В этой конфигурации максимально достижимый коэффициент усиления напряжения превысит 70 дБ.

Простой приемник прямого усиления

Потенциал LM386 как радиоприемника был обнаружен несколько лет назад при исследовании аномального поведения в приемнике, который содержал одно из этих устройств. В процессе поиска неисправности было установлено, что LM386 действует как детектор огибающей высокочастотного сигнала с большим коэффициентом усиления, который можно использовать в качестве АМ-приемника, просто подключив к его входу резонансный контур. Оказалось, что, реализовав упомянутые ранее две особенности LM386, можно создать простой настраиваемый радиочастотный приемник, используя на

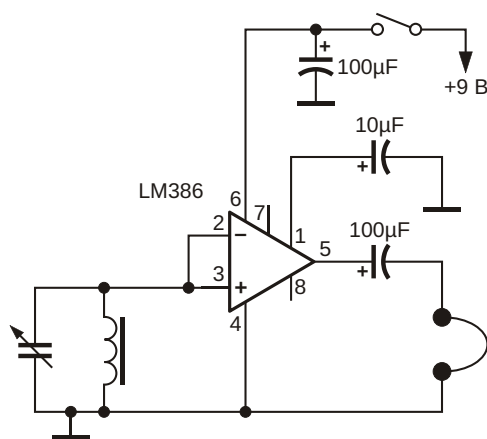


Рисунок 2. Микросхема LM386 может использоваться как настраиваемый радиочастотный приемник.

входе стандартную средневолновую антенну, намотанную на ферритовом стержне. Несмотря на то, что чувствительность приемника не очень высока, он способен в городских условиях без внешней антенны принимать несколько местных станций. Схема этого приемника изображена на Рисунке 2.

Регенеративный средневолновый приемник

Из технического описания LM386 следует, что его усиление остается больше единицы (10 дБ) на частотах, превышающих 1 МГц (Рисунок 3). По этой причине LM386 способен генерировать на средних частотах АМ диапазона (540 ... 1600 кГц), что делает возможным использование микросхемы в схеме средневолнового регенеративного приемника АМ сигналов. Это значительно улучшает

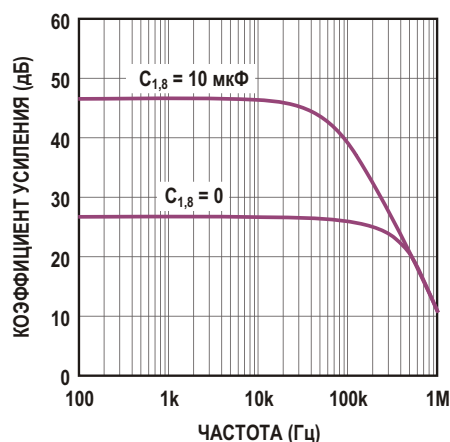


Рисунок 3. Эта зависимость усиления от частоты взята из документации Texas Instruments на микросхему LM386.

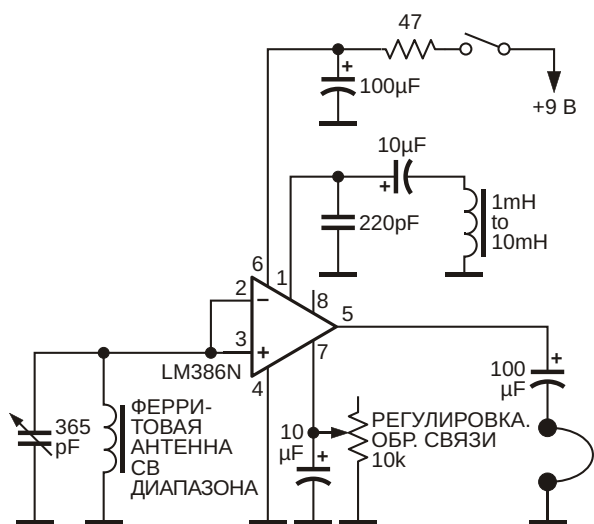


Рисунок 4. Эта схема показывает, как использовать LM386 в качестве средневолнового регенеративного приемника.

чувствительность и селективность приемника прямого усиления. Результат представлен на Рисунке 4.

Если исключить цепь регулировки положительной обратной связи, схема превратится в генератор Колпитца. В качестве двух параллельных контуру конденсаторов, необходимых для схемы Колпитца, используется внутренняя емкость вывода 3 микросхемы LM386 и последовательный с ней конденсатор 220 пФ между выводом 1 и землей. Коэффициент усиления звукового сигнала можно увеличить, включив дроссель последовательно с конденсатором 10 мкФ. Он может иметь индуктивность от 1 до 10 мГн. Чем больше будет индуктивность дросселя, тем больше будет его внутреннее сопротивление, что немного уменьшит максимальное усиление звука. Если при использовании небольшого дросселя усиление оказывается избыточным, последовательно с дросселем можно включить небольшой резистор сопротивлением от 10 до 100 Ом. Дроссель в комбинации с последовательным конденсатором шунтируют внутренние резисторы обратной связи, которые определяют усиление усилителя на звуковых частотах, но имеют высокий импеданс на радиочастотах, так что схема может быть использована в качестве высокочастотного генератора Колпитца (емкостной трехточки). Для управления коэффициентом усиления, изменяющего глубину положительной обратной связи генератора и позволяющего

использовать его в качестве регенеративного приемника, к выводу 7 подключен переменный резистор 10 кОм, который уменьшает ток генерирующего транзистора на неинвертирующем выводе 3, что, в свою очередь, уменьшает усиление генератора.

Регенеративный коротковолновый приемник

Схема коротковолновой версии приемника на основе LM386 показана на Рисунке 5. При использовании 3-дюймовой (75 мм) ферритовой антенны с высоким отношением индуктивности к емкости схема, питающаяся от источника 9 В, может работать на частотах, превышающих 8 МГц. Колебательный контур, состоящий из 20-витковой катушки, намотанной на 75-миллиметровой ферритовой стержне, и переменного конденсатора емкостью 100 пФ, позволяет иметь диапазон перестройки примерно от 3.5 до 6.5 МГц. Верхняя граница диапазона настройки может быть увеличена за счет увлечения емкости переменного конденсатора и удаления нескольких витков катушки. При использовании микросхемы LM386, поставляемой Texas Instruments или Samsung, эта схема может принимать сигналы любительских диапазонов 80 и 40 метров на частотах до 8 МГц.

Характеристики приемника на удивление хороши. Его отличная чувствительность и селективность сравнимы с лучшими коммерческими портативными коротковолновыми приемниками, использующими встроенные штыревые антенны. Он без внешней антенны

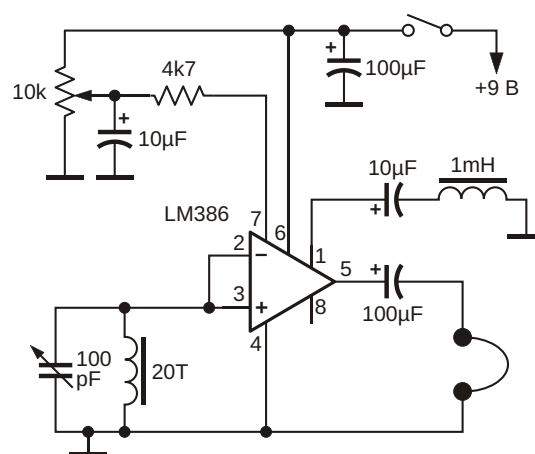


Рисунок 5. LM386 можно использовать как основу коротковолнового регенеративного приемника.

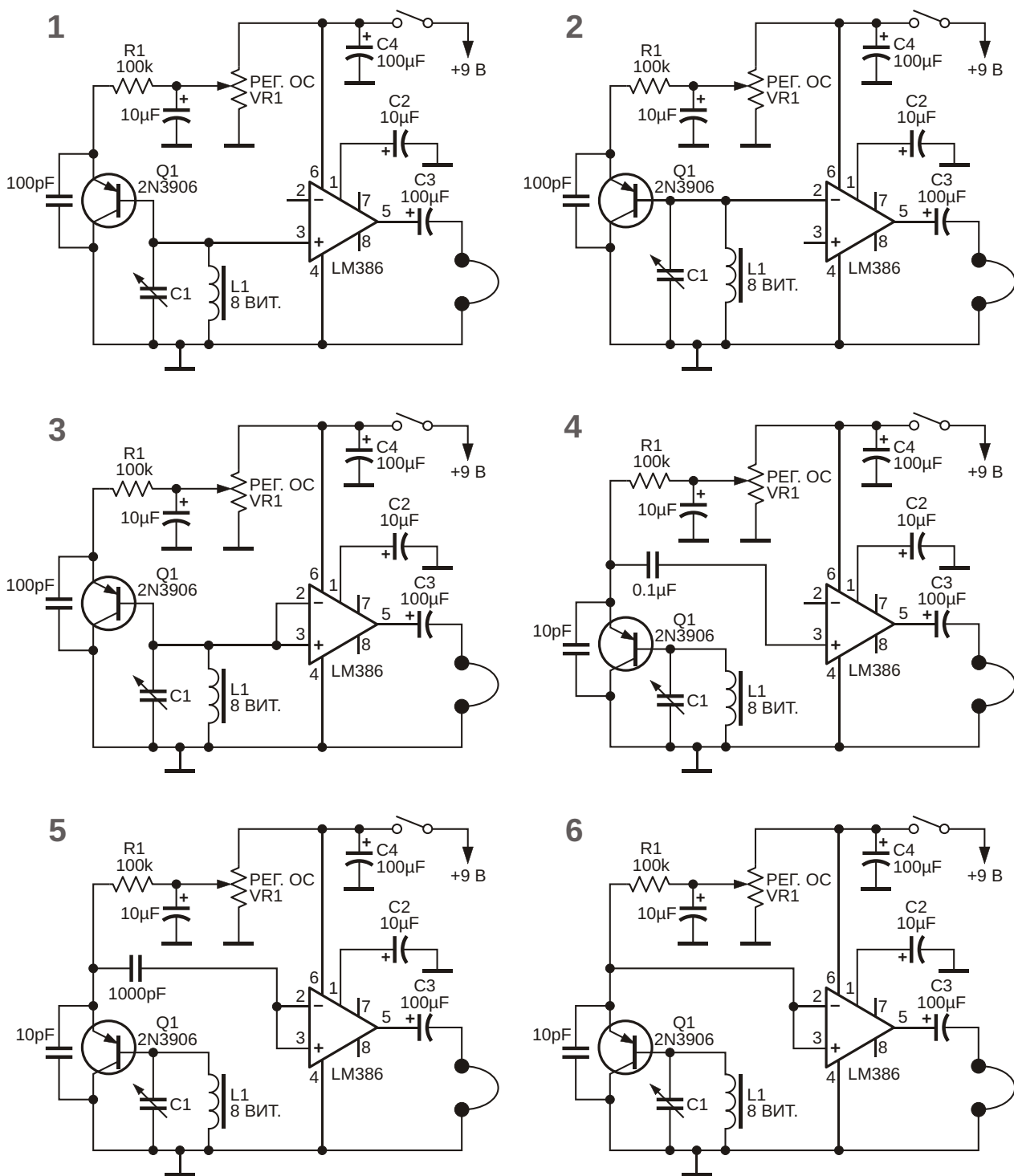


Рисунок 6. Коротковолновые регенеративные приемники на основе LM386, использующие большое усиление микросхемы и способность детектирования огибающей радиочастотного сигнала.

уверенно принимает многие коротковолновые станции Северной Америки, а также телеграфные и SSB сигналы в радилюбительских диапазонах 80 и 40 метров. При необходимости к приемнику может быть добавлена слабо-связанная (для предотвращения нагрузки генератора) внешняя антенна путем исполь-

зования одного витка связи, намотанного на ферритовый стержень. Для изоляции антенны может использоваться радиочастотный буфер на полевом или биполярном транзисторе. Кроме того, поскольку используется дроссель с ферритовым стержнем, имеется возможность его индуктивной связи с боль-

шой рамочной антенной. В отличие от приемника прямого преобразования, мощные коротковолновые сигналы «мягко захватываются», что облегчает настройку и сводит к минимуму любое отклонение частоты, обусловленное влиянием окружающей среды.

Более высокие частоты и больше возможностей

Использовать большое усиление LM386 и его способность выполнять функцию детектора огибающей на высоких частотах можно с помощью того, что, по сути, является однотранзисторным умножителем добротности. В последней группе схем, показанных на Рисунке 6, к схеме генератора Колпитца добавлен один транзистор, который в совокупности с высоким усилением LM386 и способностью к детектированию превращает микросхему в высококачественный регенеративный приемник. В схеме с катушкой на ферритовом стержне он способен генерировать на частотах, превышающих 14 МГц, и обеспечивать громкий звук при приеме мощных коммерческих коротковолновых станций. На схеме показан PNP транзистор общего назначения типа 2N3906, но с таким же успехом в ней можно использовать 2N2907 и 2N4403.

На схемах 1, 2 и 3 входы LM386 подключены непосредственно к контуру, а сам LM386 используется как радиочастотный детектор огибающей. В схеме 4 с относительно большой емкостью конденсатора связи LM386 используется одновременно как аудиоусилитель и детектор огибающей, где оба сигнала оказываются на эмиттере входного транзистора. В схеме 5 емкость входного конденсатора связи меньше, а LM386 работает детектором огибающей, который только детектирует радиочастотный сигнал, поступающий с эмиттера входного транзистора. Схема 6 работает как детектор огибающей и не имеет входного конденсатора связи; оба дифференциальных входа LM386 соединены с эмиттером. Это защищает LM386 от насыщения входным постоянным напряжением (порядка 0.6 В) с эмиттера транзистора.

При использовании контура с катушкой из 8 витков провода, намотанного на 3-

дюймовый ферритовый стержень, и стандартного конденсатора переменной емкости для средневолнового диапазона схема 6 обеспечивает интервал перестройки приблизительно от 3.5 до 10.5 МГц, и таким образом, покрывает оба любительских диапазона 80 и 40 метров. При регулировке глубины положительной обратной связи происходит небольшой сдвиг частоты, что весьма полезно при приеме сигналов SSB, поскольку управление обратной связью может использоваться для тонкой настройки.

Замечания по конструкции

Хотя эти схемы были собраны и успешно испытаны на беспаячной макетной плате, учитывая их большое усиление, лучше всего было бы изготовить платы с добротным слоем земли, используя либо наклеивание фольги на текстолит, либо непосредственное соединение проводами компонентов, перевернутых выводами вверх. Следует отметить, что в этих схемах важно исключить возможность утечки по ВЧ с выхода (вывод 5) обратно в индуктивность на ферритовом стержне. Если используемая физическая топология схемы создает проблему воющего звука, было бы целесообразно последовательно с наушниками добавить дроссель индуктивностью от 1 до 10 мГн.

Приемник хорошо работает со стандартными 32-омными стерео наушниками. Их можно включить параллельно, чтобы увеличить громкость, снизив сопротивление нагрузки до 16 Ом, или последовательно, чтобы увеличить сопротивление до 64 Ом. Это позволяют сделать стандартные стереофонические наушники сопротивлением 32 Ом при использовании выходного стерео разъема без подключения земляного провода.

Пуристы, вероятно, захотят добавить стабилизатор напряжения и точную варакторную подстройку, чтобы повысить удобство использования схемы, но я пришел к выводу, что даже в простейшей форме для нерегулярного прослушивания характеристик этой схемы более чем достаточно. **РЛ**

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments LM386](#)