

Простой приемник прямого преобразования

О.ШИПИЛОВ,
г.Кобрин.

Приемник обеспечивает прием любительских станций, работающих телеграфом и однополосной модуляцией в одном из любительских КВ диапазонов 160, 80, 40, или 20 м. Его конструкция очень проста и может быть рекомендована для повторения начинающими радиолюбителями. Тем не менее, приемник может пригодиться более опытным радиолюбителям в качестве контрольно-измерительного устройства (например, как приставка для программы-анализатора спектра, работающей со звуковой картой компьютера). Такому применению способствуют малые

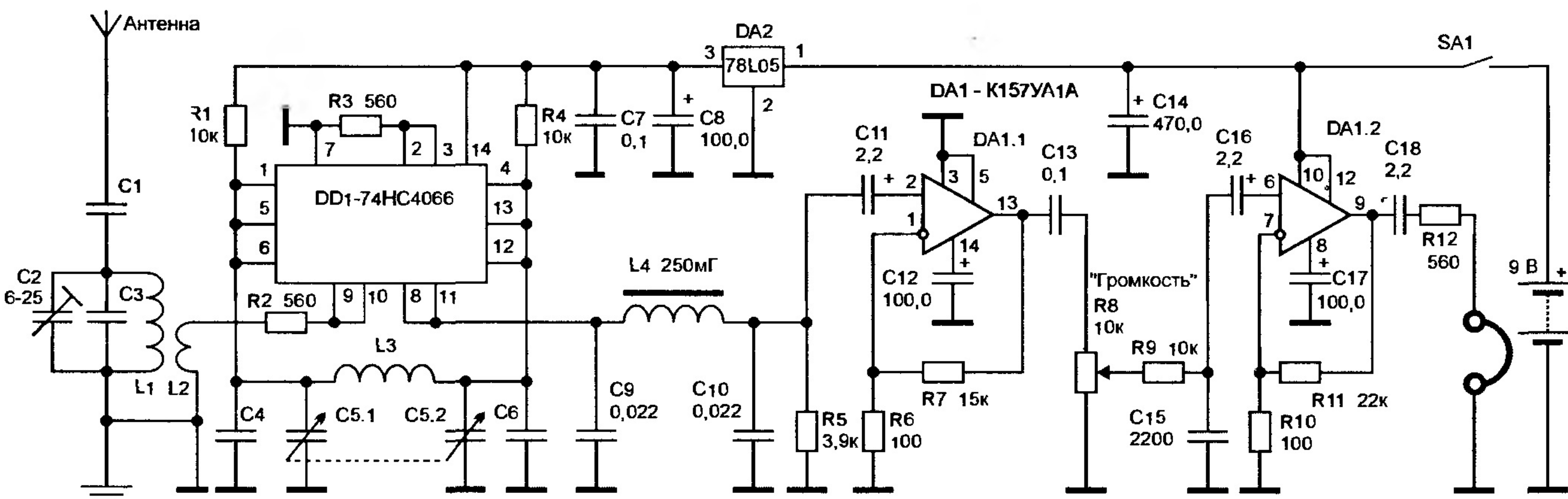
искажения усилителя низкой частоты — при работе на нагрузку сопротивлением более 5 кОм $K_f < 0,02\%$. В качестве приставки для программы анализатора спектра приемник осуществляет перенос спектра ВЧ сигнала на более низкие частоты. Такой анализатор дает возможность оценить, например, полосу излучаемых частот и уровень интермодуляционных искажений передатчика.

Приемник сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания от 7 до 12 В. Потребляемый ток при этом составляет около 9 мА. Выходной мощности УНЧ, выполненного на микросхеме К157УЛ1А,

вполне достаточно для прослушивания эфира с комфортной громкостью на наушники с сопротивлением капсюлей 32 Ом или более, соединенные параллельно. Для громкого приема вместо наушников можно подключить компьютерные колонки со встроенным усилителем. Микросхема К157УЛ1А в качестве УНЧ применена не случайно. Она разрабатывалась специально для малозумящих усилителей воспроизведения магнитофонов и, как показали измерения, в полосе частот 300 Гц — 3 кГц имеет очень малую спектральную плотность шумов

поступают на преобразователь частоты, выполненный на микросхеме DD1. Подробно принцип работы такого преобразователя рассмотрен в [1]. Основная особенность схемы преобразователя заключается в том, что преобразование происходит на частоте, которая в 2 раза выше частоты гетеродина. Аналогичный принцип преобразования используется в смесителе на встречно-параллельных диодах, предложенном В.Т.Поляковым [2].

Рис. 1



искажения усилителя низкой частоты — при работе на нагрузку сопротивлением более 5 кОм $K_f < 0,02\%$. В качестве приставки для программы анализатора спектра приемник осуществляет перенос спектра ВЧ сигнала на более низкие частоты. Такой анализатор дает возможность оценить, например, полосу излучаемых частот и уровень интермодуляционных искажений передатчика.

Приемник сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания от 7 до 12 В. Потребляемый ток при этом составляет около 9 мА.

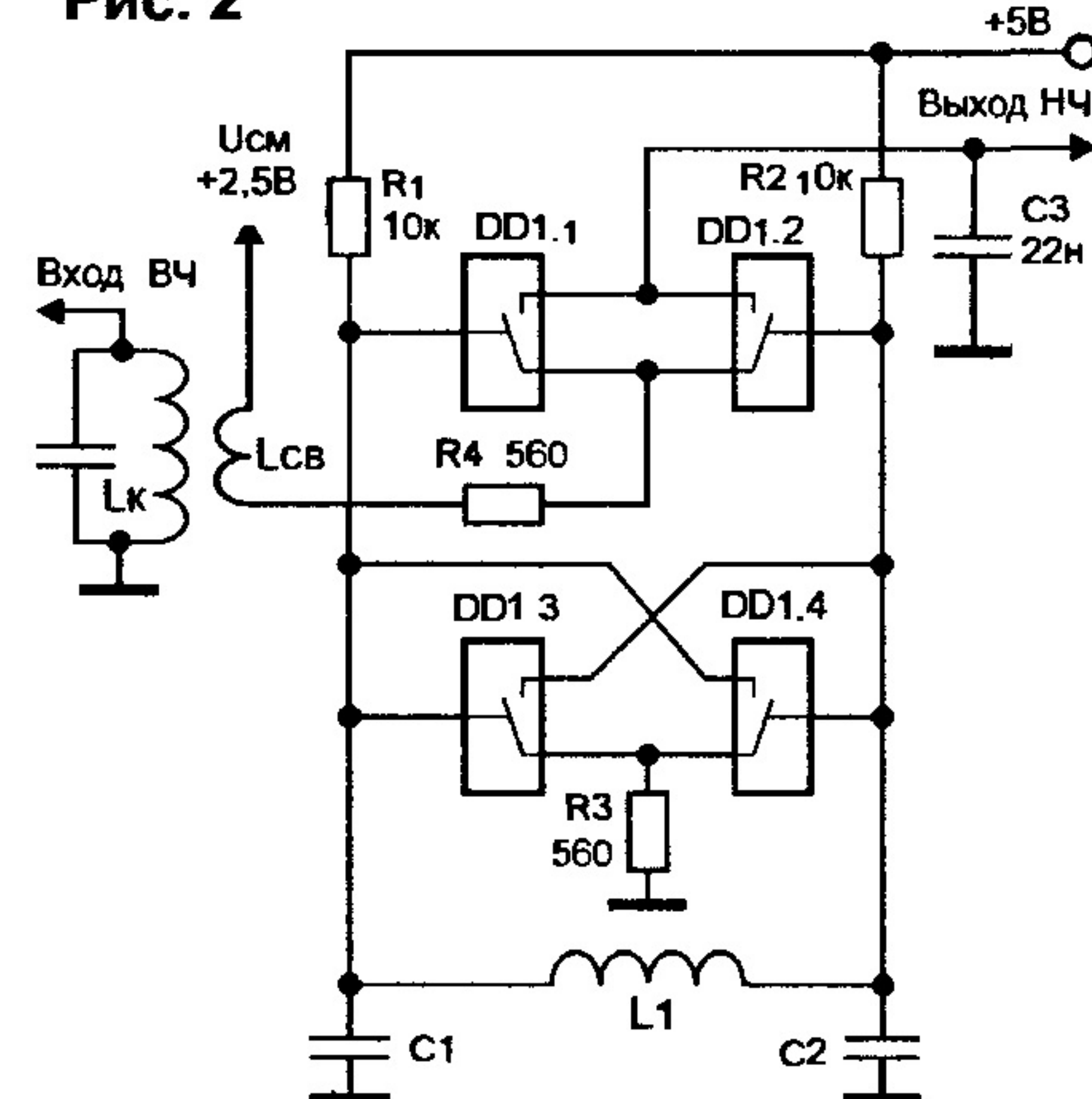
Выходной мощности УНЧ, выполненного на микросхеме К157УЛ1А,

(около 3нВ/√Гц), что сопоставимо с уровнем шума усилителей на дорогих импортных ОУ. Благодаря столь низкому уровню шумов К157УЛ1А позволяет при несложном схемном решении достичь высокой чувствительности приемника.

Схема приемника приведена на рис.1. При приеме радиостанций сигнал из антенны через конденсатор С1 поступает в колебательный контур, образованный катушкой индуктивности L1 и конденсаторами С2 и С3. Добротность контура выбрана невысокой — такой, чтобы полоса пропускания была равна ширине диапазона. Выделенные контуром сигналы через катушку связи L2

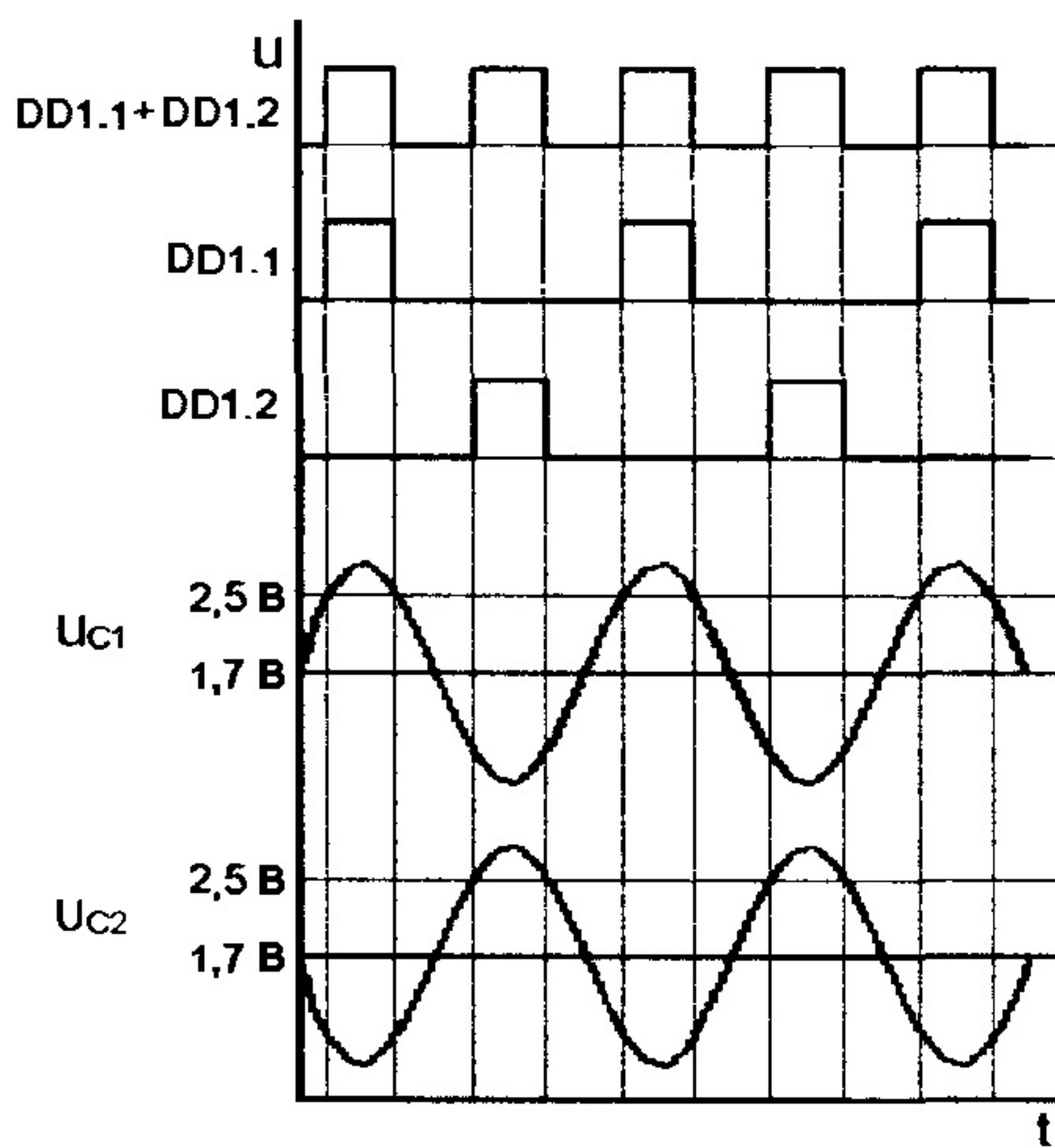
DD1.4 (рис.2), входящих в состав микросхемы DD1 (74HC4066). При соот-

Рис. 2



ношении сопротивлений резисторов R1 и R2 к R3 около 18/1 постоянная составляющая напряжения на конденсаторах C1 и C2, входящих в состав гетеродинного контура, — около 1,7 В, а амплитудное значение переменной составляющей напряжения гетеродина при этом — около 1,3 В. Из графиков на рис.3 видно, что напряжение на конденсаторах C1 и C2, к которым подключены управляющие входы ключей DD1.1 и DD1.2, достигает порога открывания 2,5 В при уровне переменного

Рис. 3



напряжения около 0,7 от амплитудного значения. При таком соотношении переменной и постоянной составляющих напряжения на контуре длительность открытого состояния ключа составляет 1/4 периода колебания гетеродина. Так как напряжение гетеродина на конденсаторах C1 и C2 находится в противофазе, то DD1.1 и DD1.2 открываются по очереди на 1/4 периода колебаний гетеродина с промежутком также в 1/4 его периода колебаний. Таким образом, время открытого и закрытого состояний ключа, образованного параллельным соединением DD1.1 и DD1.2, составляет 1/2 периода колебаний с частотой в 2 раза выше частоты гетеродина и является оптимальным с точки зрения максимальной эффективности преобразования на частоте, которая в 2 раза больше частоты гетеродина.

Следует отметить, что схема смесителя полностью обратима, и при подаче на один из входов НЧ сигнала на другом формируется высокочастотный DSB сигнал. Гетеродин, выполненный на ключах микросхемы 74НС4066, устойчиво работает на частотах до 11 МГц (при напряжении питания 5 В) и 18 МГц (при напряжении питания 10 В), при этом частота преобразования составляет 22 и 36 МГц соответственно.

Преобразователь частоты, гетеродин которого работает на частоте, которая в 2 раза ниже частоты приема, имеет несколько очень полезных свойств. Во-первых, на более низкой частоте легче получить ее необходимую стабильность. Во-вторых, уменьшается уровень сигнала гетеродина, проникающего в антенну, что обеспечивает значительное снижение вероятности появления помехи в виде мультипликативного фона. В-третьих, учитывая, что входной и гетеродинный контуры настроены на разные частоты, эти контуры можно располагать в непосредственной близости друг от друга, не опасаясь увеличения проникновения сигнала гетеродина во входные цепи приемника и разбаланса смесителя. Следовательно, упрощается конструкция приемника и уменьшаются его размеры.

Настройка на принимаемые радиостанции осуществляется сдвоенным конденсатором переменной емкости C5 (рис.1), включенным в цепь контура гетеродина. На выходе преобразователя при помощи фильтра нижних частот (ФНЧ), образованного конденсаторами C9, C10 и индуктивностью L4, выделяется полезный низкочастотный сигнал с двумя боковыми полосами (DSB) — $2F_r - F_c$ и $F_c - 2F_r$, а осталь-

ные продукты преобразования рассеиваются на резисторе R2.

С выхода ФНЧ сигнал поступает на усилители DA1.1 и DA1.2, а затем — на головные телефоны (наушники) или внешний УНЧ.

В целях максимального упрощения конструкции автоматическая регулировка не применяется, и регулировка громкости осуществляется переменным резистором R8.

Конструкция и детали

Ввиду простоты схемы печатная плата не разрабатывалась. Для сборки приемника можно воспользоваться макетной платой или даже полоской жести, отрезанной от банки из-под сгущенного молока или кофе. Такая жесть очень хорошо паяется, т.к. сверху покрыта тонким слоем олова. Микросхемы укладываются выводами вверх, и выводы деталей спаиваются между собой согласно схеме. Выводы, которые соединены с общим проводом, припаиваются непосредственно к жестяному основанию.

Резисторы могут быть любыми (например, МЛТ-0,25). Конденсаторы C9 и C10 — пленочные (К73-17 или аналогичные), C4 и C6 — желательно с малым температурным коэффициентом емкости (ТКЕ), чтобы обеспечить достаточную стабильность частоты гетеродина. Хорошие результаты получаются при использовании в гетеродине конденсаторов КСО.

Конденсатор переменной емкости C5 — сдвоенный. Диапазон перекрытия по емкости указан в табл.1.

Можно также применить стандартный КПЕ, емкость которого перестраивается в пределах 9 — 350 пФ. В этом случае последовательно с каждой секцией включается по до-

Табл. 1

Диапазон, м	Мин. частота гетеродина, кГц	C1, пФ	C3, пФ	C4, C6, пФ	Диапазон перестройки C5, пФ	L1, мкГ	L3, мкГ
160	910	22	270	3300	480	23	16
80	1745	15	100	2200	380	16	6,4
40	3495	12	62	1000	50	6,4	3,9
20	6995	6,8	22	560	30	3,9	1,7

полнительному конденсатору: для диапазона 40 м — емкостью 82 пФ, а для диапазона 20 м — 56 пФ. Следует заметить, что настройка на радиостанции довольно острая, поэтому КПЕ желательно использовать с верньером либо снабдить КПЕ диском большого диаметра, вращением которого и будет осуществляться настройка.

Электролитические конденсаторы должны быть рассчитаны на рабочее напряжение 16 или более вольт.

Все необходимые сведения для изготовления колебательных контуров на один из выбранных диапазонов (160, 80, 40 или 20 м) приведены в табл.1. При изготовлении катушек L1 и L3 на каркасах Ø10 мм, можно использовать точные данные, приведенные в табл.2.

Табл. 2

Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр провода, мм
23	71	0,25
16	53	0,25
6,4	33	0,35
3,9	26	0,5
1,7	14	0,5

В качестве таких каркасов удобно использовать корпуса от пластиковых шприцев объемом 2 мл. Катушка L2 наматывается поверх L1 и имеет в четыре раза меньше витков. Если применяются каркасы с подстроечными сердечниками, то конденсатор С2 не устанавливается, и количество витков катушек L1 — L3 следует уменьшить на 10%.

Если требуется изготовить приемник на другие частоты, то для расчета индуктивности катушки L3 и емкостей конденсаторов $(C5.1 + C4) = (C5.2 + C6)$ контура гетеродина можно использовать формулы:

$$L = \frac{14}{F_r},$$

$$(C5.1 + C4) = (C5.2 + C6) = \frac{3618}{F_r},$$

где L — индуктивность в микрогенри;

C — емкость в пикофарадах;

F_r — частота гетеродина в мегагерцах.

Для расчета входного контура можно воспользоваться “классической” формулой:

$$F = \frac{159}{\sqrt{LC}},$$

где F — частота в мегагерцах;

L — индуктивность в микрогенри;

C — емкость в пикофарадах.

В качестве индуктивности ФНЧ L4 можно применить универсальную стереофоническую магнитную головку от магнитофонов. Головка имеет две обмотки, которые для получения необходимой индуктивности соединяются последовательно.

Расположение выводов интегрального стабилизатора DA2 приведено на рис.4. Стабилизатор можно заменить резистором сопротивлением 1 — 2 кОм, который подключается на место выводов 1 и 3 (рис.1). Сопротивление резистора подбирается так, чтобы напряжение на выводе 14 DD1, измеренное относительно общего провода, находилось в пределах 5 — 6 В. Однако при такой замене снизится стабильность частоты гетеродина, и по мере разряда элементов питания придется подстраивать приемник на частоту принимаемой радиостанции.

При использовании приемника в качестве приставки для компьютерного анализатора спектра емкости конденсаторов С9, С10, С15 и индуктивность L4 нужно уменьшить в 10 раз, а сопротивления резисторов R7 и R11 уменьшить до 10 кОм.

Настройка

После проверки правильности монтажа приемник подключают к блоку питания напряжением 7 — 12 В. Сначала проверяют работу гетеродина и устанавливают диапазон его перестройки по частоте. Для этого параллельно конденсатору С4 через резистор сопротивлением 15 кОм

подключают частотомер. Конденсатор переменной емкости С5 устанавливают в положение максимальной емкости, и изменением индуктивности катушки L3 гетеродин настраивают на минимальную рабочую частоту в соответствии с выбранным диапазоном (табл.1). Если применяется катушка L3 без подстроечного сердечника, то грубо ее индуктивность подгоняется изменением числа витков, а точная подстройка достигается смещением крайних витков относительно основной обмотки.

При отсутствии частотомера гетеродин можно настроить, принимая сигнал генератора (ГСС, ГИР и т.д.). В крайнем случае, можно попробовать настроить гетеродин “на слух”, ориентируясь по сигналам принимаемых радиостанций.

Входной контур настраивается конденсатором С2 или подстроечным сердечником катушки (если применяется катушка с сердечником) по наибольшей громкости принимаемого сигнала. Для исключения “микрофонного эффекта” в завершение настройки витки катушек следует залить расплавленным парафином или несколькими каплями цианкрилатного клея (суперклея).

Некоторые радиостанции принимаются при длине антенны всего 1,5 — 2 м, но для полной реализации возможностей приемника к нему желательно подключить антенну длиной 5 м и более, а также заземление. При использовании симметричных антенн (например, диполя), заземление не требуется, а фидер (коаксиальный кабель) можно подключить к отводу катушки L1 или к дополнительной обмотке связи, намотанной поверх L1.

Литература

1. О.Шипилов. Высокоэффективный преобразователь частоты на электронных ключах. — Радиомир, 2008, №5.

2. В.Т.Поляков. Радиолюбителям о технике прямого преобразования. — М.: Патриот, 1990.

Рис. 4

