

БЛОКНОТ "РАДІОАМАТОРА"



№ 4
апрель
2004

Киев Издательство "Радиоаматор"

Индекс 08043

Требования к авторам по содержанию и оформлению материалов, предлагаемых для опубликования в журналах издательства "Радіоаматор"

Принимаются к печати авторские оригинальные материалы, которые не печатались в других изданиях и не были отправлены одновременно в несколько различных изданий. При принятии решения о приеме материалов для опубликования редакция учитывает новизну материалов, правильность оформления, соответствие тематике одной из рубрик журнала, мнение независимых рецензентов. При несоответствии материалов указанным требованиям редакция может отправить их на доработку автору или отказать в приеме без объяснения причин. Не принимаются материалы, задевающие честь и достоинство других людей, технически неграмотные, предлагающие технические решения, противоречащие основным законам мироздания, не подписанные автором, кроме предлагаемых в рубрику "Квазиавтор". Отклоненные материалы не рецензируются и не возвращаются.

При оформлении материалов в начале статьи дается аннотация, отделенная от текста. В ней указываются краткое содержание, отличительные особенности, привлекательные стороны и возможные недостатки. В статьях, описывающих конструкцию функционирующего устройства, обязательно приводятся основные параметры схемы, такие, как потребляемая и полезная мощность, рабочая частота, полоса пропускания, диапазон частот, чувствительность и т.п., объяснение принципа действия, особенности конструкции и применяемые компоненты.

Статьи можно присылать в трех вариантах: напечатанные на машинке, распечатанные на принтере и в электронном виде, набранные на компьютере в любом текстовом редакторе

для DOS или Windows IBM PC.

Рисунки конструкций, схем и печатных плат, а также таблицы следует выполнять на отдельных листах вне текста статьи. На обороте каждого листа подписывается номер рисунка или таблицы, название статьи и фамилия автора. При выполнении схем, чертежей и графиков начертание, расположение и обозначение элементов производят с учетом требований ЕСКД.

Рисунки принимаются в бумажном и электронном виде. Эскизы и чертежи должны выполняться аккуратно, с использованием чертежных инструментов, черными линиями на чистом белом фоне с увеличением в 1,5-2 раза. Фотографии должны быть размерами не менее 15х13 см в оригинальном виде, ксерокопии фотографий не принимаются. В электронном виде рисунки выполняются в любом из графических редакторов под Windows. Графические файлы должны иметь расширения *.cdr (v. 5-10), *.tif (300 dpi, M1:1), *.psx (300 dpi, M1:1), *.bmp (72 dpi, M4:1). Схемы и печатные платы, выполненные в программах автоматизированного проектирования и конструирования, должны быть экспортированы в один из указанных выше графических форматов.

Получение авторских материалов в бумажном виде и на цифровых носителях (дискеты 3,5", CD-ROM) осуществляется через почту по адресу:

Редакция
Блокнот "Радіоаматора"
а/я 50, Киев-110,
03110, Украина.

Файлы статей принимаются по адресу электронной почты ra@sea.com.ua с указанием предмета письма "статья".

Радіоаматор



Блокнот "Радіоаматора"
щомісячний науково-популярний збірник
Зареєстрований Держкомінформ України
сер. КВ, № 7314, 19.05.2003 р.
Засновник - Видавництво "Радіоаматор"
Видається з січня 2004 р.
№ 4 (4) квітень 2004
Київ, "Радіоаматор"

Редактор Ульянов Г.А.

Адреса редакції

Київ, вул. Нагірна, 25, к. 710

Для листів:

а/с 50, 03110, Київ-110, Україна

тел/факс (044) 219-30-15

ra@sea.com.ua

<http://www.ra-publish.com.ua>

Видавець:

Видавництво "Радіоаматор":

Директор Ульянов Г.А.

ra@sea.com.ua

А.М. Зинов'єв, літ. ред. т. 213-09-83

Т.П. Соколова, тех. директор

С.В. Латиш, реклама,

т/ф (044) 219-30-20, lat@sea.com.ua

В.В. Моторний, передплата і

реалізація, т/ф (044) 219-30-20,

val@sea.com.ua

Адреса видавництва "Радіоаматор":

Київ, Солом'янська вул., 3, к. 803

Підписано до друку 14.04.2004 р.

Дата виходу в світ 25.04.2004

Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 4,54

Облік. вид. арк. 4,35

Індекс 08043.

Тираж 1200 прим. **Зам.** 14/04/04

Ціна договірна.

Віддруковано з комп'ютерного набору
в друкарні ЧП "Колодій", Київ, бул.
Лепсе, 8.

При передруку посилання на Блокнот
«Радіоаматора» обов'язкове. При
листуванні разом з листом вкладайте
конверт зі зворотною адресою для
гарантованого отримання відповіді.

© Видавництво «Радіоаматор», 2004

Оглавление

Цифровые усилители сигналов	2
Преобразователи DC-DC	22
КВ антенны	40
Справочник БР	19, 38
Полезная информация:	
Активная вседиапазонная антенна	57
Кольцевая антенна	58
Трехвibratorная антенна	59
Электронные наборы для радиолюбителей	60
Книга-почтой	63

ОТ РЕДАКТОРА

Продолжает налаживаться жизнь редакции, выпуск журналов входит в график. По нашим планам БР должен выходить не позднее 25 числа каждого месяца, поэтому раньше можно не волноваться, а позже он не должен выходить.

Подводим итоги блиц-опроса, который проведен по анкете в БР № 2/04. В основном читатели одобрили направление, выбранное журналом, критиковали за задержку с выходом, за то, что помещаем мало информации. О последнем скажу подробнее. В пересчете на площадь страницы количество схем в БР превышает журналы СНГ в 2 раза, а наш «Радіоаматор» - в 1,5 раза.

Это объективный показатель, однако мне понятно, почему читатели хотят еще информации. Судя по анкете, многие хотели, чтобы все объявленные на год темы появились в одном журнале. Имейте терпение, все, что было запланировано, мы выполняем, даже с перевыполнением.

Теперь объявляем имена победителей, которые выиграли новый фирменный компакт-диск издательства «РА за 11 лет. Новое и лучшее»:

Бондаренко И.Ф.
Рыбчук В.П.
Зиненко В.В.
Кобзарь В.И.

Торба А.А.
Цуркан В.П.
Свистун А.Н.

Диски высланы на домашний адрес победителей, который они указали в анкете.

Редактор Георгий Ульянов

Цифровые усилители сигналов*

Суперлинейный транзисторный усилитель мощности звуковой частоты с прямым преобразованием цифрового кода в аналоговый сигнал.

Что такое усилитель, всем известно, - это устройство, имеющее набор элементов, собранных по специальной схеме. Причем у разных усилителей разные схемы и разные элементы, одни усилители лучше, другие - хуже, однако все они, в силу происходящих физических процессов, искажают сигнал.

В подавляющем большинстве современных устройств усиливаемый сигнал представляет собой цифровой код, который преобразуется цифроаналоговым преобразователем и усиливается аналоговым способом. При этом известно, что цифровой сигнал не может быть изменен или искажен, в то время как аналоговый сигнал претерпевает искажения в процессе усиления. Значит, нужно полностью отказаться от аналогового усиления, но делать это лучше постепенно.

На первых порах можно сделать так, чтобы сигнал на динамик подавался еще с аналоговых цепей, которые содержат два транзистора, включенных по схеме с общим коллектором. Все остальное должно быть цифровым. Для такой постановки задачи я предлагаю следующую схему цифроаналогового УМЗЧ (рис.1).

Здесь всем управляет микроконтроллер U1A. На входы его поступают цифровой сигнал входа и аналоговый сигнал с мультиплексора U1B. Мультиплексор переключает аналоговые сигналы между собой так, чтобы микроконтроллер мог получить на свой вход поочередно три аналоговых величины: ток через транзистор Q1, ток через транзистор Q2 и напряжение на нагрузке, снятое с резистора R4.

Микроконтроллер поочередно преобразует их в цифровой сигнал, затем запоминает и обрабатывает в соответствии с вложенной в него программой. Место вывода массы определяется цепями питания цифровых микросхем. Микроконтроллер имеет всю необходимую информацию для создания в нагрузке необходимого напряжения или тока. Ток нагрузки можно вычислить по формуле

$$I_n = I_{Q1} + I_{Q2},$$

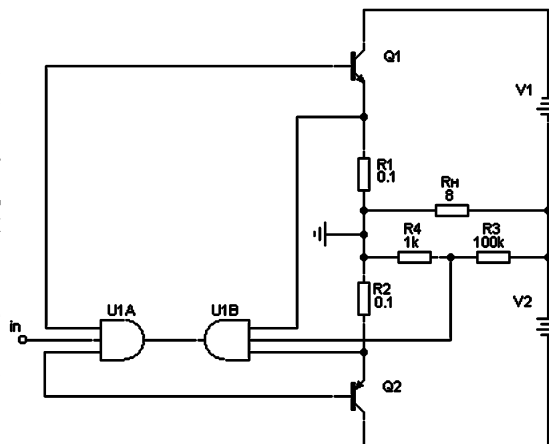


Рис.1

*) Материалы по теме публикуются с любезного согласия автора Ермолаева Д. С. Первоисточник располагается на сайте <http://www.icreator.ru>.

где $I_{ЭQ1}$ - ток эмиттера первого транзистора, $I_{ЭQ2}$ - ток эмиттера второго транзистора. Ток можно плавно регулировать программным путем, меняя сопротивление усилителя мощности от источника тока к источнику напряжения. Выходов у микроконтроллера всего два - для управления выходными транзисторами.

Программа микроконтроллера должна осуществлять следующие функции:

- устанавливать и контролировать ток покоя выходных транзисторов;
- устанавливать нулевое выходной напряжение, то есть токи покоя транзисторов должны быть равны друг другу;
- снимать, запоминать и использовать переходную характеристику управляемого транзистора и его характеристику передачи по току. Это можно делать один раз после установки конкретных транзисторов в схему, используя тестовое выходное сопротивление, а можно делать для конкретной акустической системы, тогда согласование усилителя и акустики будет идеальное;
- управлять выходными транзисторами на основе их характеристик так, чтобы искажения сигнала отсутствовали;
- закрывать транзисторы плавно, а открывающийся транзистор регулировать, исходя из нужных значений выходного сигнала. Транзисторы желательно полностью не закрывать;
- использовать отрицательную обратную связь, изменять ее глубину или не использовать ее вообще.

Другой вариант схемы, где исключается искажение сигнала аналоговым мультиплексором, представлен на **рис.2**. В ней аналоговые величины преобразуются в цифровой код каждой своим ЦАП U2A/B/C, а потом уже поступают в цифровой мультиплексор.

Более практичной будет схема на полевых транзисторах. Биполярные транзисторы управляются значительным током, который не может быть выдан микроконтроллером. Значит, необходимо ставить между выходом микроконтроллера и базой выходного транзистора токовый усилитель. Это усложняет схему и вносит дополнительные искажения.

Полевые транзисторы управляются напряжением. Значит, любой микроконтроллер может справиться без дополнительных устройств с управлением мощным выходным полевым транзистором.

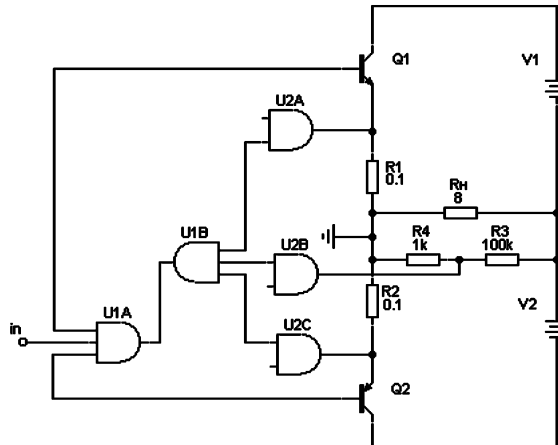


Рис.2

На схеме (рис.3) U1 - микроконтроллер с двумя аналоговыми выходами, драйвер U5 предназначен для управления верхним плечом усилителя IRF2204. Масса для цепей питания микросхем U2 и U3 подключается к точке 0a. Таким образом, их питание "плавает" вместе с напряжением на нагрузке. Для развязки цепей питания мультимплексора и микроконтроллера использована оптопара на микросхеме U4.

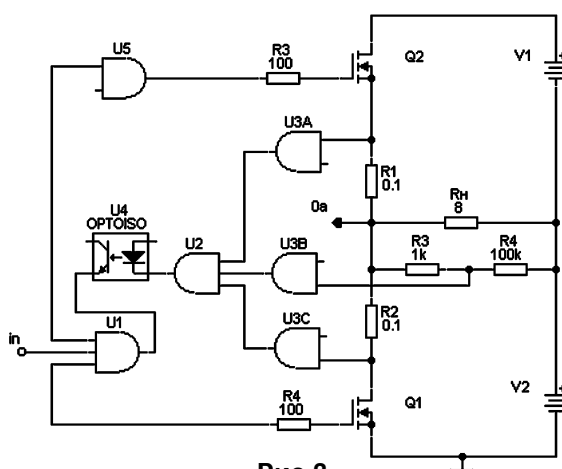


Рис.3

При ближайшем рассмотрении читатель может заметить, что на аналоговую часть рассмотренных УМЗЧ поступает дискретный или ступенчатый сигнал, из которого следует отфильтровать полезную составляющую. Функцию фильтра в схемах выполняют динамик и транзистор.

Для того чтобы обработка обратной связи микроконтроллером не вносила дополнительных искажений за счет отставания по фазе, необходимо сделать тактовую

частоту на несколько порядков выше частоты сигнала или исключить ООС вообще.

К аналоговой части на практике также необходимо добавить защиту транзисторов на тот случай, когда по какой-то причине оба транзистора окажутся открытыми. Кроме того, при изменении температуры транзисторов, а это происходит постоянно, его характеристики "плывут". Это резко усложняет программу обработки, или нужно использовать глубокую ООС, что так же нежелательно. Поэтому предлагается еще одна схема, реализующая метод импульсного усиления звукового сигнала.

Импульсный линейный УМЗЧ без ООС

Выходной каскад усилителя работает в классе D, но его режим по току покоя аналогичен транзисторному усилителю класса А. История его создания началась с желания сделать импульсный усилитель мощности с высоким КПД более 80% с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в обоих плечах выходного каскада. Тогда при нулевом входном напряжении оба ШИМа закрыты, и ток покоя равен нулю. Если на входе есть отрицательная полуволна сигнала, то работает ШИМ нижнего плеча, а ШИМ верхнего плеча закрыт. Принципиальный недостаток такого подхода в том, что слабый сигнал начинал звучать с искажениями даже при наличии глубокой ООС, при этом громкий сигнал звучит классно.

При последующей регулировке и доводке было замечено, что при таком смещении "нуля", когда работал только один ШИМ, а второй был выключен, звук сразу становился нормальным даже без ООС. Это меня натолкнуло на мысль, что искажения возникают из-за неидеальных характеристик закрывания и открывания транзисторов (рис.4). Другими словами, для работы с малым сигналом они не

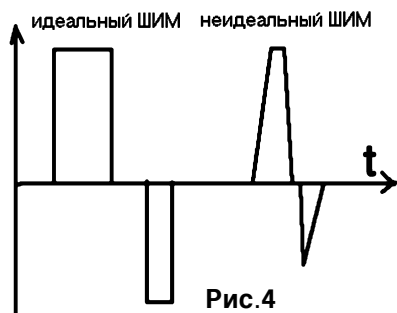


Рис.4

успевали открыться и тут же закрыться, в результате резко искажалась функция передачи усиления всего устройства в области малых сигналов.

Тогда было решено не достигать максимально высокого КПД и оставить только один ШИМ (рис.5). Теперь при подаче на вход нулевого сигнала на выходе создавался меандр, и ток покоя протекал через индуктивную нагрузку. КПД соответственно упал до 50-60%. Подключил динамик и услышал хороший чистый звук даже на самом малом сигнале.

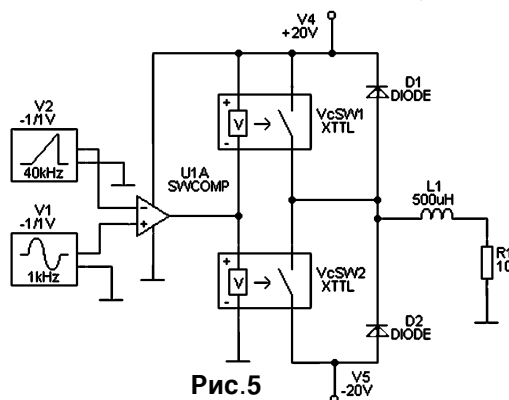


Рис.5

Однако при малой частоте дискретизации начали сгорать высокочастотные динамики, так как именно через них протекал большой ток покоя из-за малого индуктивного сопротивления ВЧ динамиков. В свою очередь, басы звучали тихо, потому что у низкочастотных динамиков очень высокое сопротивление для частоты ШИМа. Но зато голос и средние частоты фонограммы звучали идеально без ООС, ибо

сопротивление динамика почти не влияло на ток через него. Так как ШИМ работает на индуктивную нагрузку, сопротивление которой гораздо выше, чем активное, толкающее диффузор сопротивление динамика, получился аналог источника тока. Фильтрация ШИМ происходит самим динамиком, поэтому в схеме нет на выходе никакого фильтра.

На схемах приведены собственно широтно-импульсный модулятор (рис.6) и выходной силовой блок для него (рис.7). Сам ШИМ содержит только генератор пилообразного напряжения и компаратор. В ШИМ можно использовать свою схему генератора пилообразного напряжения. В силовом блоке можно поднимать напряжение питания до 300 В и выше, в зависимости от выходных транзисторов. Полевые транзисторы можно соединять параллельно, так что выходная мощность может достигать сотен ватт.

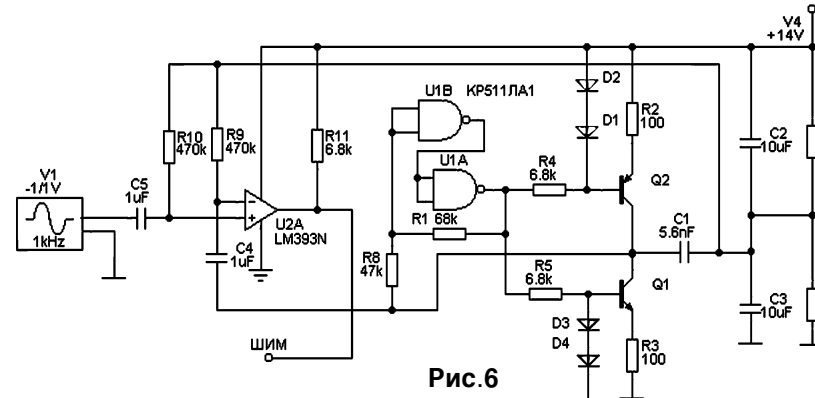


Рис.6

Кстати, защиты по току здесь нет, а есть только ограничивающие резисторы, так что будьте осторожны при подключении нагрузки. Нагрузка должна быть строго индуктивная.

При испытаниях, развивая выходную мощность около 15 Вт на средних частотах (громкость такая, что можно было оглохнуть), транзисторы стояли на 15-тиваттных радиаторах и были холодными. Другими словами, потери - это тепло, которое рассеивается в динамике. Поэтому на небольших радиаторах можно делать супермощный усилитель: транзисторы-то не греются! Соединительный шнур от выхода усилителя до колонки лучше делать экранированным, тогда будет меньше паразитных наводок и интерференции. Наводки и шумы у испытуемого усилителя были слышны на расстоянии 1 м от колонок. Вообще, мною была первоначально использована микросхема КР1114ЕУ4 (TL493), которая уже имеет в себе и ШИМ, и драйвер управления полевыми транзисторами. Однако ее генератор пилообразного напряжения и внутренний компаратор меня не устроили: нелинейность была заметна и слышны шумы. Хотя, если делать ШИМ для басов, то она подойдет, а схема будет включать всего один конденсатор, два резистора и два выходных полевых транзистора.

Усилители с ШИМ хорошо себя ведут при работе в узком частотном диапазоне, поэтому на их базе получится отличный двух- или трехполосный

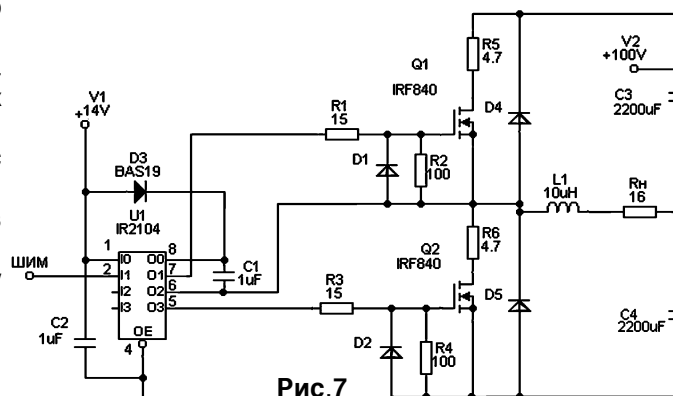


Рис.7

Можно сделать полностью цифровой усилитель, если вместо ЦАП на выходе CD-плеера использовать преобразователь цифрового кода в ШИМ. Так выполнен цифровой усилитель, стоимость которого около 10000 долларов, под названием Tasc Millennium MKII. И хотя разрешение его ШИМа всего 8 бит, отзывы он получал на выставках лестные (благодаря рекламе). Однако у него ШИМ не класса А, то есть малые сигналы должны значительно искажаться. Это можно понять из объявленного КПД - около 95%. К тому же, разрешение 8бит позволяет создать динамический диапазон всего 42 дБ, что явно мало для прорисовки деталей в фонограмме. Преобразователь параллельного кода в широтно-импульсный (временной) код можно сделать и самому на дискретных элементах. Но здесь серьезным ограничением является быстродействие микросхем. Например, для кода на 12 бит с частотой дискретизации 44 кГц тактовая частота преобразователя будет $44 \times 2^{12} = 180$ МГц.



Цифровые усилители сигналов

преобразователь можно без труда сделать с 16-тибитным разрешением. Для этого нужно добавить еще один восьмеричный счетчик (U5), завести на него сигнал, удвоить количество микросхем U2, а микросхемы U4, U7 заменить 16-тиходовыми. При этом частоту задающего генератора нужно увеличить до 6,5 ГГц. А можно сделать 12 бит, тогда частота генератора будет 180 МГц, а динамический диапазон составит 66 дБ (один разряд на полярность, 11×6 дБ), что вполне годится для высококачественного звучания. Ведь в этом случае искажения будут около 0,05%. В качестве элементной базы нужно использовать быстродействующую ЭСЛ логику, однако придется столкнуться с большим потреблением тока. Например, счетчики-делители 193ИЕ5/6 имеют граничную частоту 1 ГГц, однако здесь они не могут использоваться, потому что имеют заданный коэффициент деления. Есть микросхема Н193ПЦ6 (SP8606) - это делитель частоты на 2 с граничной частотой 3 ГГц. На них можно вполне построить двоичный счетчик на 12 разрядов. Можно взять серию микросхем 1500. Например, "исключающее ИЛИ" К1500ЛП107 имеет задержку 3 нс.

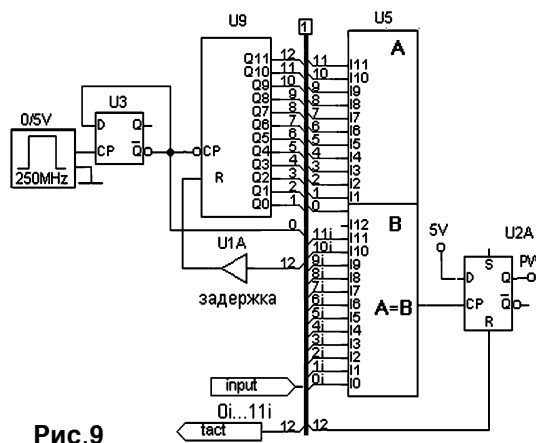


Рис.9

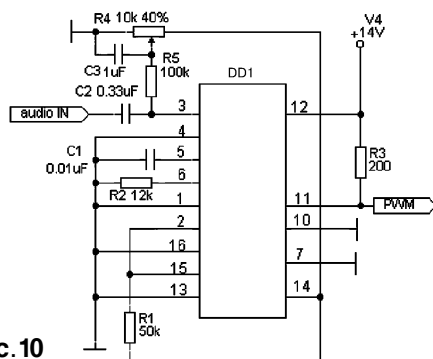


Рис.10

Более простая схема преобразователя параллельного кода изображена на рис.9. Замечу, что при использовании такого преобразователя совместно с выходным каскадом импульсного усилителя, описанного выше (рис.6, 7), искажения и шумы становятся равны нулю, поэтому нет необходимости обсуждения характеристик схемных решений и баталий вокруг разных ООС, динамических искажений и прочего, что обычно возникает вокруг нового усилителя. Остается только поле деятельности по совершенствованию схемотехники разного рода питающих цепей.

Оригинальный преобразователь аналогового сигнала в ШИМ для импульсного усилителя класса А на микросхеме КР1114ЕУ4 (TL494) показан на рис.10. На схеме выход "PWM" нужно подать на вход "ШИМ" драйвера силового блока (рис.7),

управляющего полевыми транзисторами. Схема работает так: усилители ошибки микросхемы отключены, так что они не влияют на работу схемы. Сигнал подается напрямую на ШИМ-компаратор к.3 DD1. Время реакции компаратора равно 5% от цикла.

Выходной каскад работает в однотактном режиме, так что сигнал можно снимать с любого выходного транзистора, которые включены по схеме с общим эмиттером. Середина напряжения устанавливается резистором R4. Резистор R2 регулирует частоту генератора. Нагрузочный резистор R3 должен быть на 2 Вт. Цепь питания желательно зашунтировать танталовым конденсатором емкостью 1 мкФ в непосредственной близости от ножек питания микросхемы 7 и 12. Возможен вариант, когда частота ШИМ по каким-либо причинам будет сорвана, тогда на выходе появится постоянное напряжение, равное напряжению питания. Поэтому желательно сделать защиту выходных цепей от появления постоянного напряжения на выходе. Управление такой защитой предусмотрено в микросхемах фирмы IR. Например, у микросхемы IR2104 на третью ножку можно подать запрет открывания обоих полевых транзисторов.

Экономичный импульсный усилитель мощности звуковой частоты класса А с высоким КПД

Этот усилитель создан на основе импульсного усилителя класса А (**рис.5**), в котором длительность импульса положительного и отрицательного должна регулироваться так же, как в импульсном усилителе с двумя ШИМ, но при нулевом входном сигнале должен оставаться небольшой ток покоя через нагрузку. Другими словами, ШИМ обоих плеч не должен полностью закрываться. Для того чтобы малые сигналы звучали без искажений, переход напряжения от минуса к плюсу в районе нулевого времени должен производить один ШИМ. Тогда, упрощая устройство, получаем, что переход через ноль должен осуществляться блоком питания, тогда эта функция будет реализована сразу для всех каналов усилителя. Продолжительности сигналов правого и левого каналов (положительного и отрицательного импульсов) регулирует один ШИМ, что соответствует импульсному усилителю класса А. Значит, и усиление малых сигналов будет происходить линейно, вне зависимости от скорости нарастания или спада тока при коммутации выходных транзисторов.

Схема такого усилителя состоит из собственно самого широтно-импульсного модулятора, который преобразует входной аналоговый сигнал в ШИМ сигнал, и силового блока - выходного каскада, который управляется этим ШИМ сигналом.

Схема модулятора представлена на **рис.11**. Компараторы можно ставить любые, однако от их точности, быстродействия и шумов зависит качество преобразования. Здесь используются компараторы LM393N, у которых выход с открытым коллектором, поэтому в схеме везде стоят резисторы по 6,8 кОм или 10 кОм, подтягивающие высокое выходное напряжение компаратора до напряжения питания. Генератор пилы можно использовать любой, помня, что от линейности его "пилы" и стабильности частоты зависит линейность усилителя. Его можно взять из

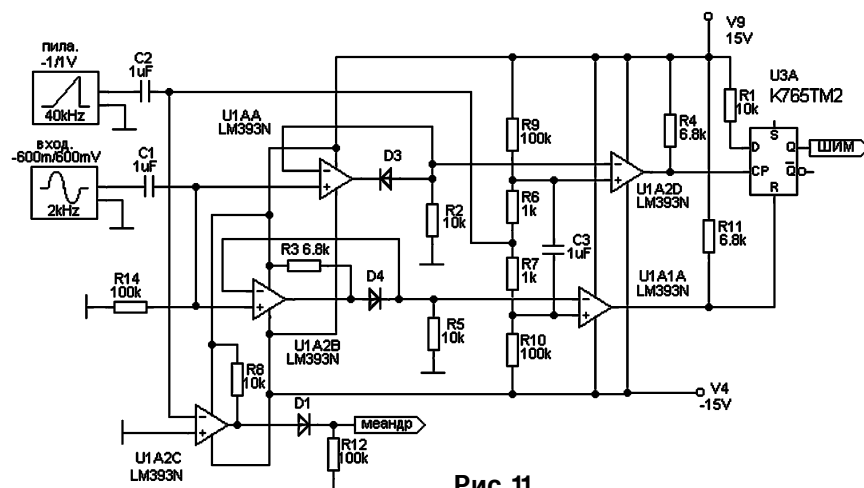


Рис. 11

предыдущего варианта импульсного усилителя. D-триггер можно брать любой, в схеме использована микросхема K756TM2, потому что ее питание может быть 15 В. Выход модулятора "меандр" подключается к силовому блоку для создания "импульсной земли" для нагрузки обоих каналов импульсного стереоусилителя. Это значит, что эту "импульсную землю" ни в коем случае нельзя замыкать с другими цепями или деталями, потому что на ней постоянно присутствует меандр с амплитудой напряжения питания силового блока. Резисторы R6 и R7 задают ток покоя и смещение выходного напряжения. Диоды любые быстродействующие, например, КД522.

На схеме силового блока (рис. 12) показан: а) генератор "импульсной земли" и б) один канал силового блока. Нагрузка каждого плеча подключается между выходом генератора "имп.зем." и выходом переключателя переменного тока "выход" силового блока с соответствующими номерами. Нагрузка должна иметь достаточное индуктивное сопротивление (подойдет любая динамическая головка). Чисто резистивное сопротивление или емкостную нагрузку подключать на выход нельзя. На транзисторе Q6 выполнен узел начальной накачки бустерного конденсатора C5. Этот конденсатор используется драйвером U2 для управления переключателем переменного тока, выполненного на транзисторах Q3 и Q4. Точки "ноль" должны соединяться вместе. Конденсаторы C1, C2, C5, C6, C7, C8, C9 должны быть высокочастотными для сглаживания импульсных токов. Конденсатор C7 должен стоять в непосредственной близости от транзистора Q1, а C2 и C6 - вблизи от своего драйвера. Резисторы R5 и R6 на 5 Вт токоограничивающие, для предотвращения выхода из строя выходных транзисторов при КЗ в нагрузку. Стабилитрон D8 рассчитан на напряжение 17-18 В. Для увеличения мощности можно ставить параллельно дополнительные полевые транзисторы. При этом нужно помнить, что

через Q1 и Q2 генератора "импульсной земли" протекают токи обоих каналов импульсного усилителя, а сопротивление токоограничивающих резисторов нужно уменьшить. Все одинаковые напряжения берутся от одного источника питания. Напряжение питания может быть не 200 В, а другим. Однако нужно чтобы все диоды, кроме D1, D2 и D7 (на 30 В), все конденсаторы, кроме C1, C2, C5 и C6 (30-50 В), и все транзисторы были рассчитаны на это другое напряжение. Резисторы R7, R8, R11, R14, R12 мощностью 1 Вт. Радиаторы транзисторов должны рассеивать примерно 15% от выходной мощности. Питание 200 В желательно стабилизировать.

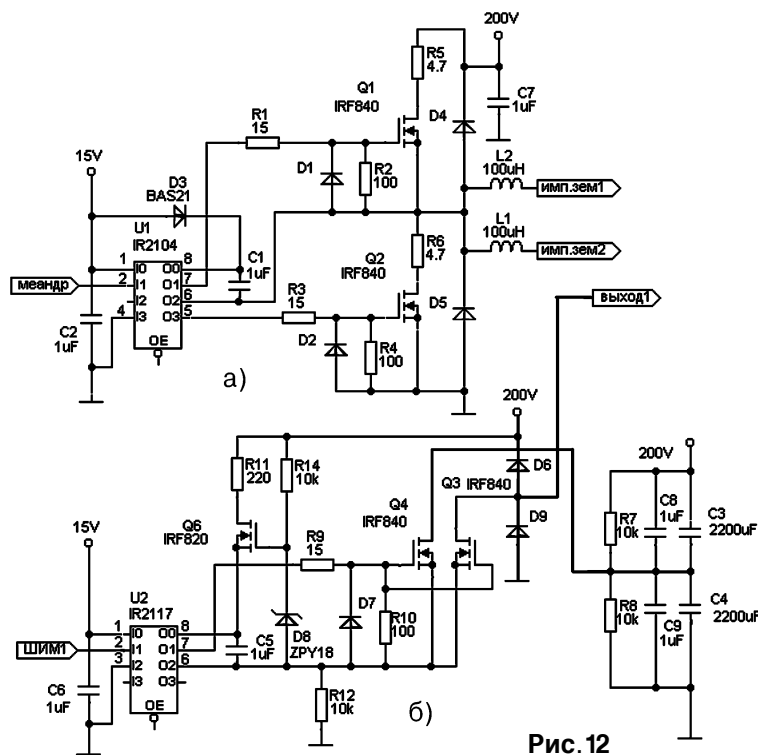


Рис. 12

Примерные характеристики импульсного усилителя мощности: КПД 70-90% в зависимости от тока покоя через нагрузку; шумы -40...-60 дБ; искажения 0,1-1% в зависимости от параметров модулятора, тока покоя, схем питания; выходная мощность 50...1000 Вт в зависимости от выходных транзисторов и питающего напряжения.

Данный импульсный усилитель обладает высокой линейностью без применения каких-либо ООС. Может работать на многополосную акустическую систему без риска разрушения высокочастотного динамика. Однако нужно помнить,

Цифровые усилители сигналов

что индуктивные сопротивления динамиков разных полос отличаются, и для линеаризации АЧХ акустической системы нужно подобрать дополнительную индуктивность последовательно СЧ и ВЧ динамику. Если же в АС только СЧ и ВЧ полосы, то индуктивность нужно подобрать только для ВЧ динамика. Желательно сделать защиту АС от появления постоянного напряжения на выходе импульсного усилителя в случае его аварийного режима. Если модулятор ШИМ сигнала выполнить с помощью цифровой схемотехники, то искажения и шумы будут определяться только разрядностью преобразователя и нестабильностью его тактовой частоты, а также нестабильностью напряжения питания 200 В).

Настройка усилителя. Сначала нужно убедиться, что модулятор работает правильно. Закоротим вход модулятора. На выходе "меандр" должно быть напряжение меандра, а на выходе ШИМ каждого канала должны быть узкие импульсы, как показано на диаграмме (рис. 13).

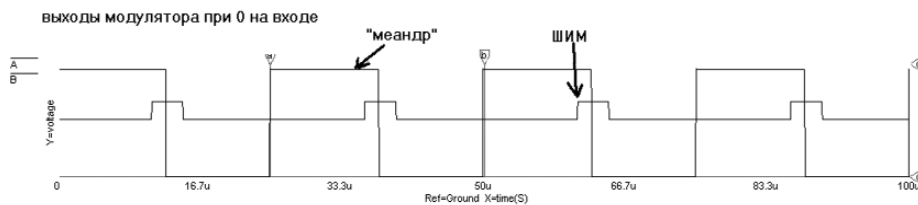


Рис. 13

Ширина импульсов на выходе ШИМ соответствует току покоя через нагрузку. Ток покоя устанавливается в модуляторе резисторами R6 и R7. Если переход через "нулевое время" меандра происходит не в центре импульса ШИМ, значит, нужно подобрать R6 или R7. Если под рукой нет осциллографа, то отцентрировать ШИМ сигнал можно по минимуму выходного тока через нагрузку.

Диаграмма на рис. 14 иллюстрирует работу модулятора при подаче на его вход

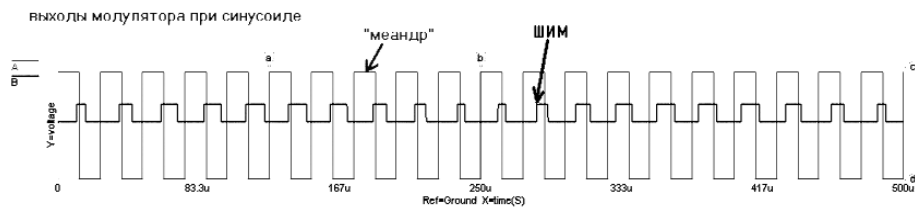


Рис. 14

синусоидального сигнала. Убедившись в работе модулятора, подключаем выход модулятора "меандр" к одноименному входу силового блока. На выходе "имп.зем." должен быть также меандр. Подключим индуктивную нагрузку (можно НЧ динамик, так как он обладает высоким индуктивным сопротивлением) между выходами "имп.зем." и "ноль". Ток через нагрузку должен течь только переменный. Отключим нагрузку. Теперь подключим выход модулятора "ШИМ" к входу "ШИМ1" силового

блока. Напряжение на бустерной емкости должно быть 12-15 В. А на выходе драйвера напряжение должно повторять ШИМ сигнал.

Подключим индуктивную нагрузку к выходам "имп.зем.1" и выходу "выход1". Постоянная составляющая тока через нагрузку должна быть равна нулю. Если это не так, то нужно подобрать резистор R6 или R7 в модуляторе.

Теперь подключим к усилителю АС и подадим на вход модулятора слабый сигнал. Нужно подобрать ток покоя так, чтобы искажения сигнала были незаметными для минимально возможного тока покоя. Чем выше граничная частота выходных транзисторов, тем меньше ток покоя можно установить, не искажая слабого сигнала. Теперь так же подключим и настроим второй канал усилителя.

Мощный цифроаналоговый преобразователь в качестве цифрового усилителя

ШИМ преобразователи не могут моментально изменять напряжение (ток) на выходе, и для их работы нужна индуктивная нагрузка. Для того чтобы выходное напряжение могло моментально изменяться от максимума минуса до максимума плюса и можно было использовать резистивную или даже емкостную нагрузку, мною был предложен мощный цифроаналоговый преобразователь, выполняющий функции цифрового усилителя или цифрового прецизионного мощного источника питания.

В настоящее время все более привлекают внимание схемы прямого преобразования цифрового сигнала в мощный аналоговый сигнал, минуя аналоговые цепи усиления. Это дает возможность увеличить КПД преобразования и повысить точность преобразования. Скажем, уже давно работают радиопередающие устройства, напрямую преобразующие цифровой код в аналоговый ВЧ сигнал, передаваемый в антенну.

Большинство цифроаналоговых преобразователей (ЦАП, DAC), которые можно было бы использовать для целей звуковоспроизведения, выполняются слаботочными, что не позволяет их применить напрямую для преобразования-усиления мощного сигнала. В данной статье описывается способ и схема мощного цифроаналогового преобразователя. Этот ЦАП может развивать выходную мощность в киловатты, а КПД при этом остается около 80-95%. Скорость изменения выходного напряжения от максимума минус до максимума плюс настолько велика, что не поддается измерению доступными радиоизмерительными приборами. Нагрузка может быть резистивной и даже емкостной. На базе такого ЦАП можно сделать усилитель мощности звукового сигнала с выходной мощностью 1...5 кВт, при этом стоимость его будет порядка 50-100 дол., а цены на такие усилители промышленного изготовления колеблются от 0,5 до 5 дол./ватт. Например, усилитель компании Powersoft с выходной мощностью 2x1,5 кВт стоит около 2500 долларов.

Классический ЦАП содержит в себе набор источников тока или напряжения, которые соединяются вместе в зависимости от цифрового кода на входе для создания на выходе аналогового сигнала. Источники тока соединяются параллельно,

а источники напряжения - последовательно. Рассмотрим схему ЦАП с источниками напряжения (рис. 15).

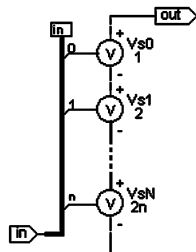


Рис. 15

Здесь N источников напряжения, каждый из которых коммутируется своим разрядом входного кода. Амплитуда напряжения каждого источника напряжения соответствует своему разряду. Например, если младший (нулевой) разряд коммутирует источник с амплитудой 2 В, то первый разряд будет коммутировать источник с амплитудой 4 В, а самый старший разряд управляет источником с амплитудой 2^N В. Тогда, 8-мибитный преобразователь с младшим источником напряжения в 2 В может выдать напряжение на выходе от 2 В до 256 В с шагом 2 В. Значит, для создания мощного ЦАП нужно создать такие источники

напряжения, которые можно было бы коммутировать и соединять последовательно.

Мною разработан коммутируемый источник импульсного напряжения. Его схема изображена на рис. 16. С помощью таких источников импульсного напряжения можно сделать ЦАП мощностью в несколько киловатт с КПД около 80-95%.

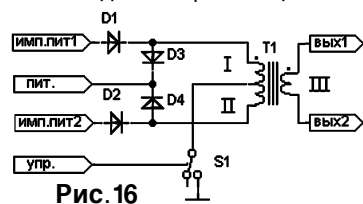
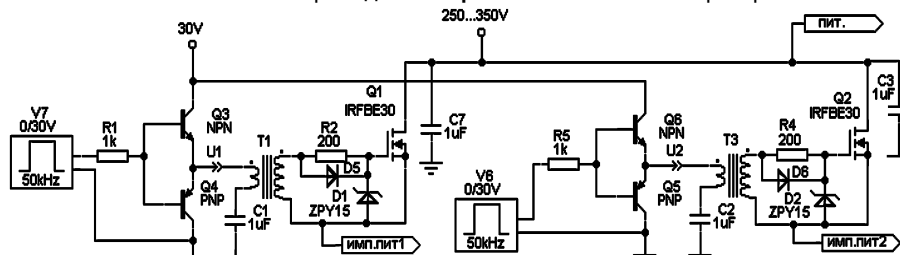


Рис. 16

На схеме источника вход "упр" есть вход разряда, который управляет состоянием ячейки "включено/выключено". Входы "имп.пит.1" и "имп.пит.2" подключаются к импульсному блоку питания. Вход "пит." подключается к источнику постоянного напряжения. Выходы "вых1" и "вых2" - собственно выходы источника импульсного напряжения. Если ключ S1 замкнут, то ячейка работает как простой импульсный трансформатор. А если ключ S1 разомкнут, то ячейка превращается в короткозамкнутый виток со стороны первичных обмоток I и II, тем самым пропуская через себя беспрепятственно внешние токи по вторичной обмотке III.

Блок должен создавать импульсные напряжения "имп.пит1" и "имп.пит2" в противофазе. Желательно иметь небольшой временной интервал между фронтами и спадами этих напряжений. Это нужно для того, чтобы переключение ключей в ячейках происходило в момент нулевого напряжения на них, уменьшая тепловую мощность, выделяемую на ключах ячеек и увеличивая КПД всего устройства.

Схема блока питания приведена на рис. 17. На схеме генераторы BB7 и BB6



создают импульсное напряжение со сдвигом 180° и задержкой 1 мкс между фронтом и спадом. Схема самих генераторов не показана, так как есть много литературы по импульсным источникам питания, где приведены разные схемы. Например, оба генератора и буферные транзисторы можно выполнить на одной микросхеме КР1156ЕУ или uc1825/2825/3825. Эта микросхема имеет встроенный генератор, два двунаправленных выхода и возможность регулировки времени задержки. Однако в техническом описании сказано, что нестабильность генератора этих микросхем может быть около 2%. В схеме блока импульсного питания силовые транзисторы должны быть рассчитаны на двойное напряжение питания +50 В. Данный блок питания может создать 1 кВт полезной мощности. Для увеличения мощности можно поставить параллельно дополнительные полевые транзисторы.

На схеме мощного ЦАП (рис. 18) изображены N ячеек, выходы которых соединены последовательно. Таким образом, на выходе создается сумма напряжений всех включенных ячеек. Коэффициент преобразования трансформатора каждой ячейки соответствует разряду ячейки. Разряд s управляет инверсным выпрямителем, который выпрямляет импульсное напряжение или в постоянное отрицательное напряжение, или в постоянное положительное напряжение и подает его на нагрузку. Здесь все диоды должны быть рассчитаны на двойное напряжение питания +50 В. Выходные обмотки трансформаторов нужно наматывать одинаковым проводом.

В схеме использованы полевые транзисторы, которые согласуются с логическими уровнями ТТЛ микросхем. Поэтому дополнительного преобразования цифрового кода не нужно делать. Необходимо синхронизировать блок импульсного питания и частоты дискретизации цифрового кода. Погрешность преобразования данного мощного импульсного ЦАП может быть около 5%. Поэтому можно для коррекции добавить относительно слабomощный аналоговый усилитель мощности на 10% от выходной мощности ЦАП.

На рис. 19 приведена схема с таким корректирующим аналоговым усилителем. Тут нужно учесть, что задержка мощного ЦАП зависит от скорости переключения полевых транзисторов. А она гораздо ниже скорости маломощных ЦАП, поэтому

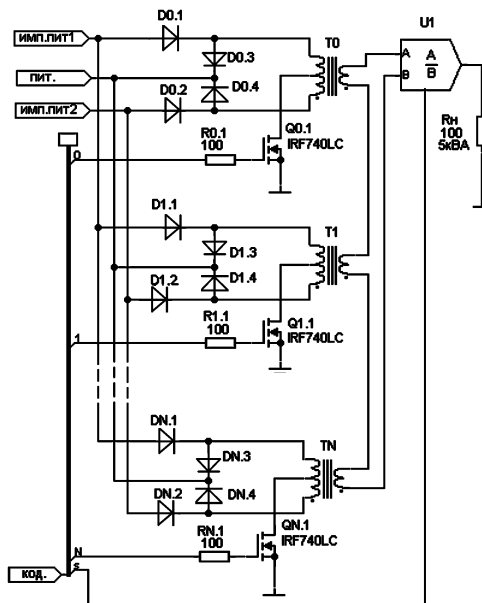


Рис. 18

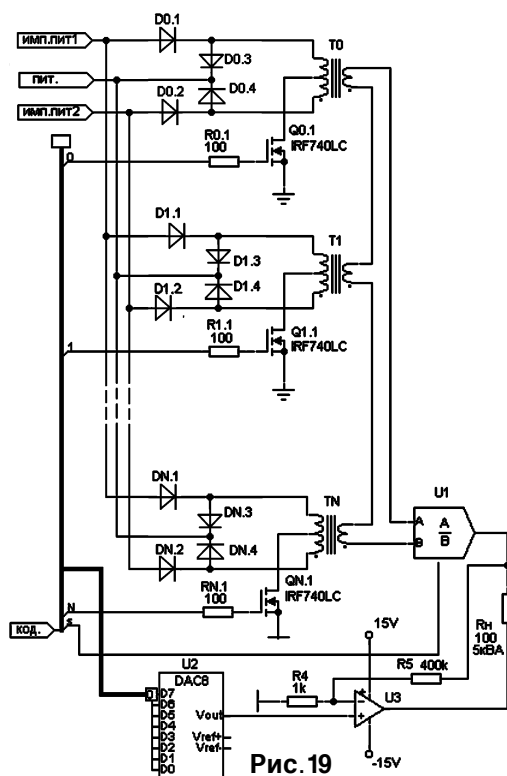


Рис.19

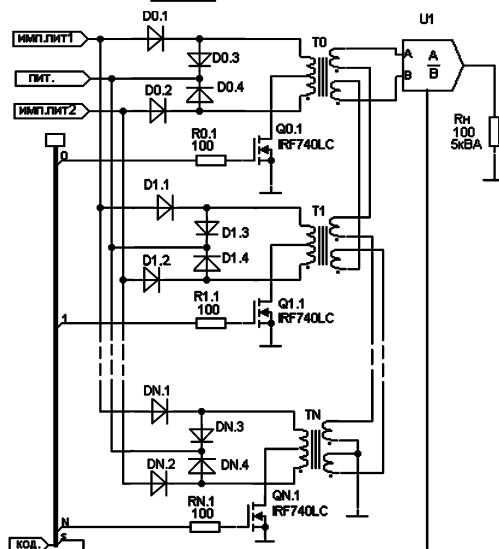


Рис.20

необходимо ввести задержку цифрового кода перед подачей его на маломощный ЦАП для аналоговой коррекции выходного сигнала.

Для схемы (рис.16) трансформатора ячейки, описанной выше, инверсный выпрямитель получается довольно сложный. Поэтому я предлагаю делать вторичную обмотку импульсного трансформатора с отводом от середины. Схема такого ЦАП показана на рис.20.

Схема инверсного выпрямителя для ЦАП с трансформатором с отводом от средней точки вторичной обмотки может быть двух вариантов. Первый вариант (рис.21) имеет удобное управление, но в схеме используется полевые транзисторы обеих проводимостей. Второй вариант (рис.22) имеет более сложные цепи управления, зато использует один тип полевых транзисторов. В обеих схемах компаратор должен иметь выходной ток не менее 100 мА или необходимо добавить буферный каскад.

Во втором варианте инверсного выпрямителя микросхема U1A - логическое исключаящее ИЛИ. Генератор V1 должен быть синхронизирован с генератором блока импульсного питания.

При питании мощного ЦАП от сетевого выпрямителя и суммарном выходном напряжении 340 В, на нагрузке 10 Ом будет выделяться мощность примерно 1 кВт. На

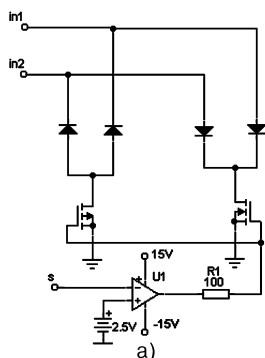


Рис.21

б) схема включения инверсного усилителя

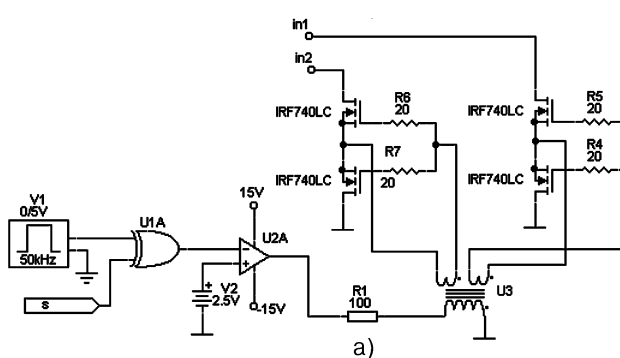


Рис.22

современной элементной базе можно сделать цифровой усилитель мощности и на 10 кВт.

Представленные технические решения защищены патентами России: 2150784, 2166834, 2155431.

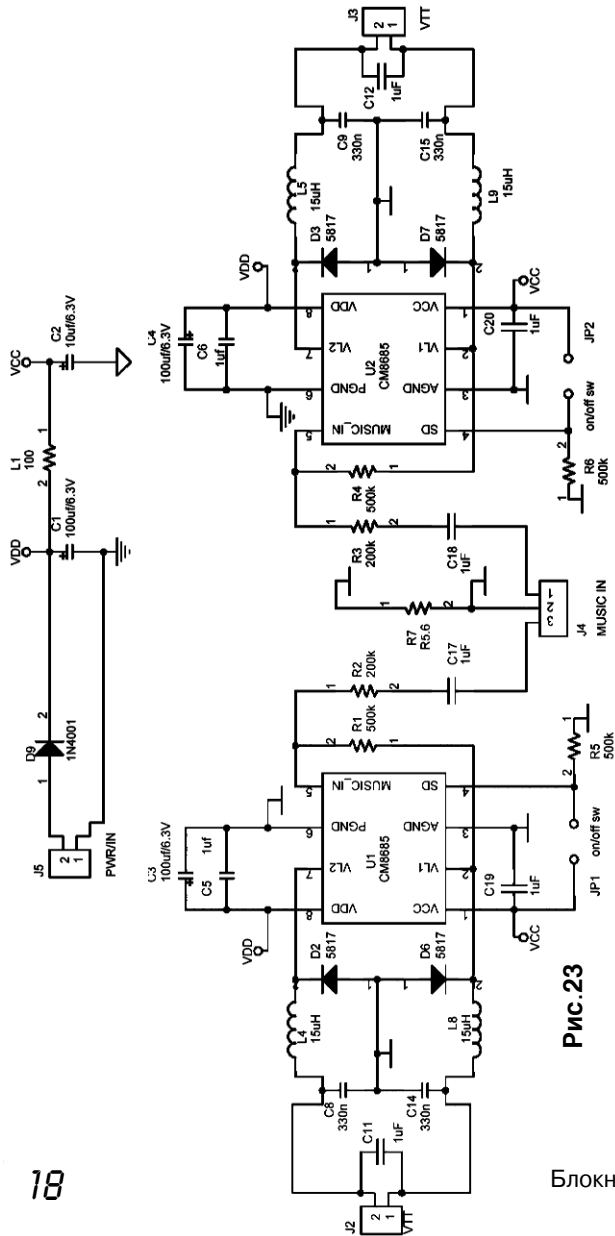
От редактора

Цифровое усиление звуковых сигналов не является чем-то экзотическим на рынке бытовой радиоэлектроники, существует немало фирм, которые выпускают и готовые усилители, и наборы микросхем для преобразования и усиления сигнала. Другое дело, что это одна из немногих областей радиоэлектроники, где радиолюбители существенно отстают от развития промышленного производства. Сегодняшняя публикация материалов Д. Ермолаева - тому подтверждение. Он единственный на постсоветском пространстве, кто продвинулся в этой области так далеко, что не только создал реально работающие схемы, но и защитил свои решения патентами.

Ниже мы приводим промышленные разработки, которые могут быть использованы радиолюбителями для построения собственных устройств. Фирма Champion Microelectronic Corporation (СМС) выпустила микросхему СМ8685, которая служит основой для создания моно УМЗЧ малой мощности (до 5 Вт), который можно использовать в переносных и других питаемых от батарей проигрывающих музыкальных устройствах. Для такого назначения есть причина - высокий КПД около 90%, питание 2...5 В, отсутствие необходимости в теплоотводе, качество

воспроизведения звука, превышающее современные аналоговые устройства аналогичного класса, низкий ток покоя.

Схема стерео УМЗЧ на основе CM8685 представлена на **рис.23**, диаграмма включения микросхемы - на **рис.24**.



Номер конт.	Символ	Описание
1	VCC	Напряжение питания для внутренних цепей
2,7	VL1, VL2	Выходные контакты подключения катушки индуктивности
3	AGND	Земля для входного аналогового сигнала
4	SD	Уровень входов КМОП
5	"Музыка в"	Звуковой вход
6	PGND	Земля для выходного каскада
8	VDD	Электропитание для выходного каскада

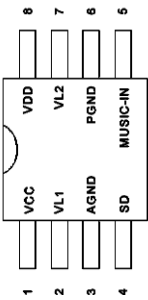


Рис.24

Микросхемы LM4651 (рис.1) и LM4652 (рис.2) - цифровой УМЗЧ*Основные параметры:*

Выходная мощность	170 Вт;
Коэффициент гармоник	0,3%;
Максимальный КПД	85%;
Динамический диапазон	100 дБ;
Напряжение питания	± 22 В;
Частота ШИМ	200 кГц.

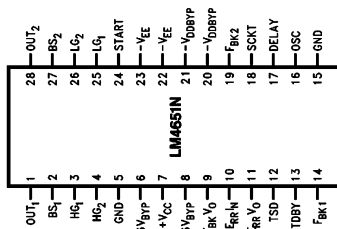


Рис.1

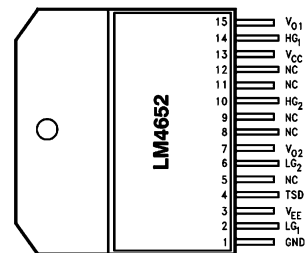


Рис.2

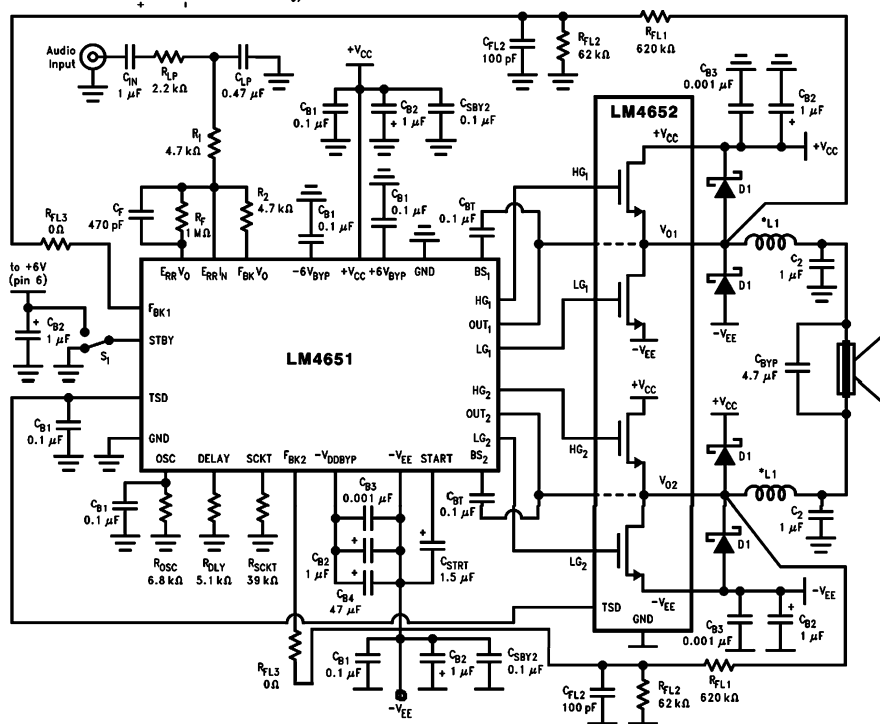


Рис.3

Принципиальная схема УМЗЧ на микросхемах LM4651 и LM4652

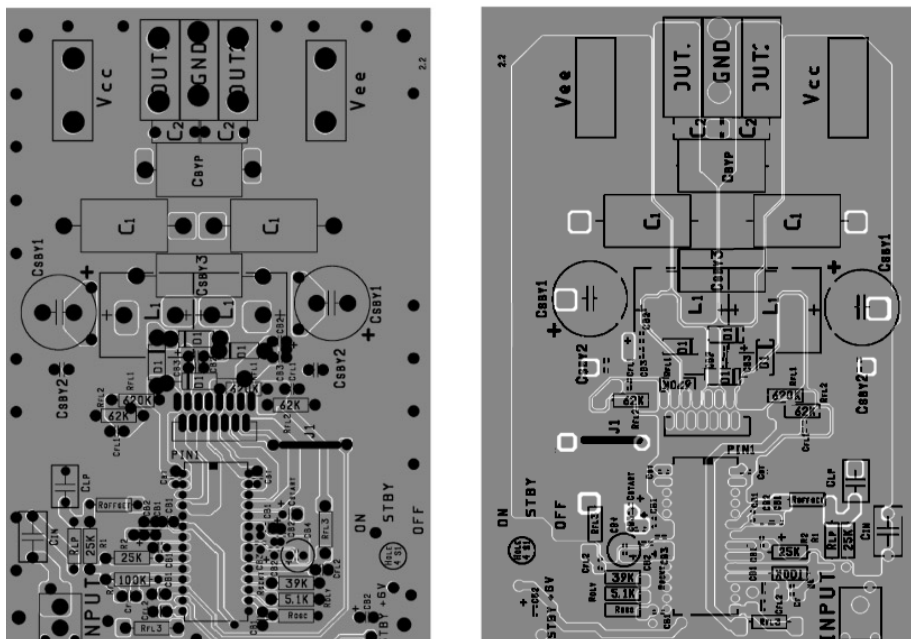


Рис.4 Печатная плата УМЗЧ на LM4651 и LM4652 (двусторонняя)

Микросхема MP7720 (рис.5) - цифровой УМЗЧ

Основные параметры:

Выходная мощность	20 Вт;
Коэффициент гармоник	0,08%;
Максимальный КПД	95%;
Динамический диапазон	93 дБ;
Напряжение питания	24 В;
Частота ШИМ	1 МГц.

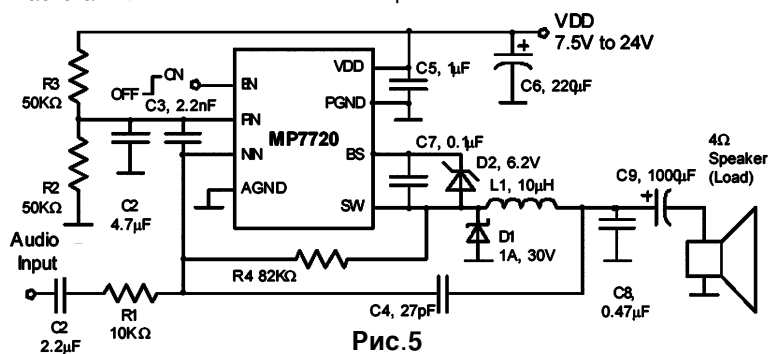


Рис.5

Микросхема LM4663 (рис.6) - цифровой УМЗЧ

Основные параметры:

Выходная мощность	2 Вт;	Динамический диапазон	44 дБ;
Коэффициент гармоник	0,2%;	Напряжение питания	5 В;
Максимальный КПД	85%;	Частота ШИМ	0,5 МГц.

Рис.7 - печатные платы УМЗЧ (верх-низ)

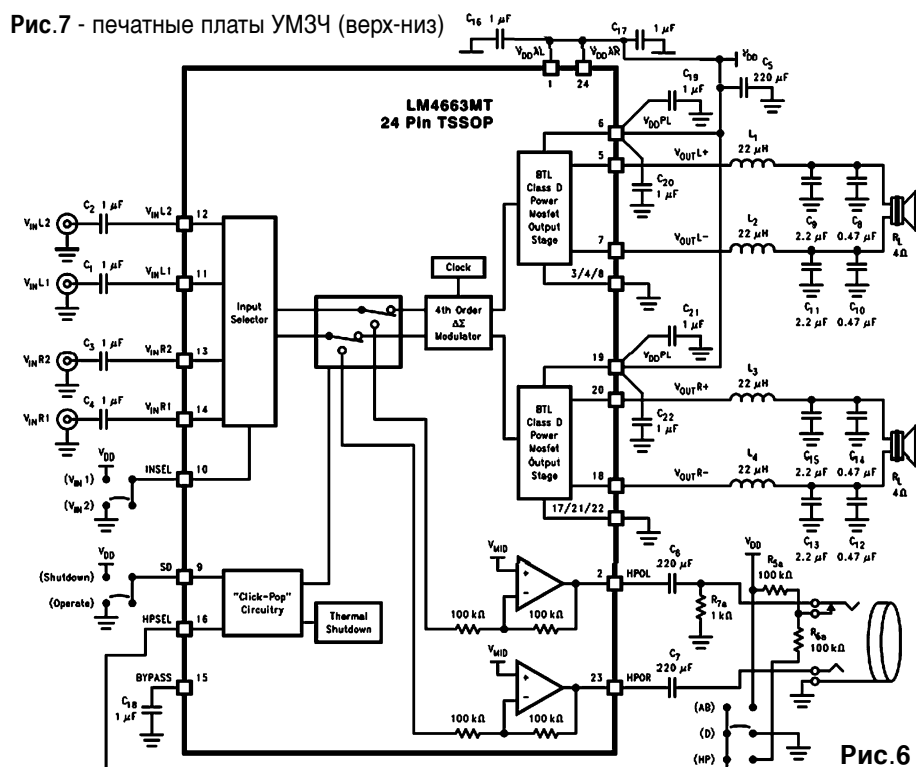


Рис.6

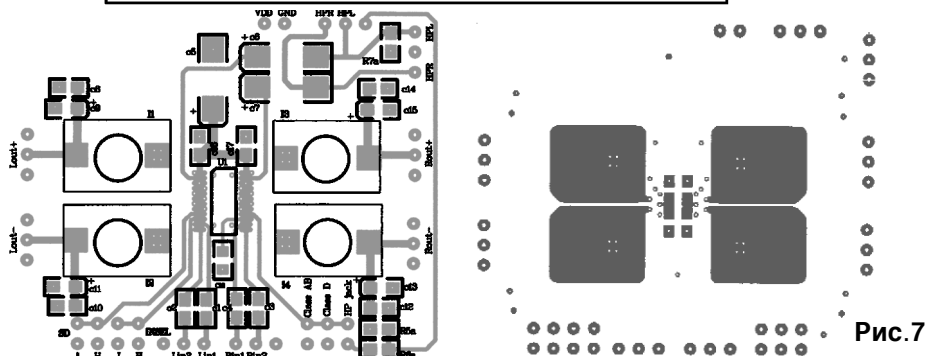


Рис.7

Преобразователи DC-DC

Преобразователи напряжения постоянного тока в напряжение другого номинала постоянного тока или, с учетом установившейся терминологии, преобразователи DC-DC, DC-DC конвертеры (Direct Current - постоянный ток) в настоящее время широко распространены и выполняют функцию питания автономно работающих устройств, преобразовывая напряжения стандартных номиналов 1,5 В; 3 В; 4,5 В; 9 В; 12 В в необходимые напряжения для питания конкретного устройства. Они применяются для питания звуковоспроизводящих устройств, мобильных телефонов, ноутбуков, охранных устройств, аварийного освещения, сигнализации и т.п.

В основном преобразователи DC-DC используют принцип повышения входного напряжения до необходимой величины, потому что понизить питающее напряжение можно и без преобразования. Для этого входное напряжение используется для питания генератора переменного тока, в котором в последнее время используется режим D, а также ШИМ для повышения эффективности преобразования. Увеличение напряжения происходит либо в процессе генерации и передачи через повышающий трансформатор, либо при последующем умножении выпрямленного напряжения.

Типичной с этой точки зрения можно считать схему преобразователя Н. Вотинцева из г. Минеральные Воды (Р 10/85). Такой преобразователь оказывается наиболее пригодным при батарейном питании аппаратуры. КПД стабилизатора не менее 70 %. Стабилизация сохраняется при уменьшении напряжения источника питания ниже выходного стабилизированного напряжения преобразователя, чего не

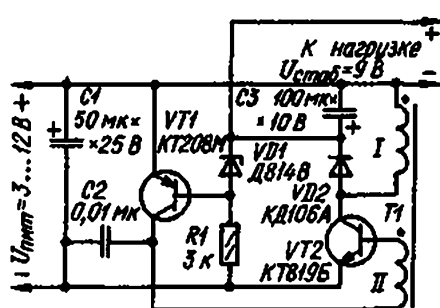


Рис. 1

может обеспечить традиционный стабилизатор напряжения.

На схеме (рис.1) при включении преобразователя ток через резистор R1 открывает транзистор VT1, коллекторный ток которого, протекая через обмотку I трансформатора T1, открывает мощный транзистор VT2. Транзистор VT2 входит в режим насыщения, и ток через обмотку I трансформатора линейно увеличивается. Потом транзистор VT2 переходит в активный режим, в обмотках

трансформатора возникает ЭДС самоиндукции, полярность которой противоположна приложенному к ним напряжению (магнитопровод трансформатора не насыщается).

Транзистор VT2 лавинообразно закрывается, и ЭДС самоиндукции обмотки I через диод VD2 заряжает конденсатор C3. Конденсатор C2 способствует более четкому закрыванию транзистора. Далее циклы повторяются.

Через некоторое время напряжение на конденсаторе C3 увеличивается настолько, что открывается стабилитрон VD1 и базовый ток транзистора VT1 уменьшается, при этом уменьшается и ток базы, а значит, и ток насыщения

транзистора VT2. Поскольку накопленная в трансформаторе энергия определяется током насыщения транзистора VT2, дальнейшее увеличение напряжения на конденсаторе C3 прекращается. Конденсатор разряжается через нагрузку. Таким образом, обратная связь поддерживает на выходе преобразователя постоянное напряжение. Выходное напряжение задает стабилитрон VD1. Изменение частоты преобразования лежит в пределах 20...140 кГц.

Преобразователь напряжения, схема которого показана на **рис.2**, отличается тем, что в нем цепь нагрузки гальванически развязана от цепи управления. Это позволяет получить несколько стабильных вторичных источников с любым напряжением. Использование интегрирующего звена в цепи обратной связи позволяет улучшить стабилизацию вторичного напряжения. Недостаток преобразователя - некоторая зависимость выходного напряжения от тока нагрузки.

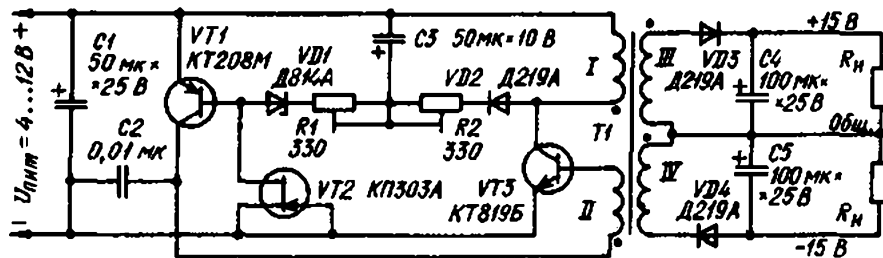


Рис.2

Частота преобразования уменьшается почти линейно при уменьшении питающего напряжения. Это обстоятельство углубляет обратную связь в преобразователе и повышает стабильность вторичного напряжения. Напряжение на сглаживающих конденсаторах вторичных источников зависит от энергии импульсов, получаемых от трансформатора. Наличие резистора R2 делает напряжение на накопительном конденсаторе C3 зависимым и от частоты следования импульсов, причем степень зависимости (крутизна) определяется сопротивлением этого резистора. Таким образом, подстроенным резистором R2 можно устанавливать желаемую зависимость изменения напряжения вторичных источников от изменения напряжения питания. Полевой транзистор VT2 - стабилизатор тока. От его параметров зависит максимальная мощность преобразователя.

КПД преобразователя 70...90%. Нестабильность выходного напряжения при напряжении питания 4...12 В не более 0,5%, а при изменении температуры окружающего воздуха от -40 до +50°C не более 1,5%. Максимальная мощность нагрузки 2 Вт.

При налаживании преобразователя резисторы R1 и R2 устанавливают в положение минимума сопротивления и подключают эквиваленты нагрузки Rн. Подают на вход устройства напряжение питания 12 В и резистором R1 устанавливают на нагрузке Rн напряжение 15 В. Далее напряжение питания уменьшают до 4 В и

Преобразователи DC-DC

резистором R2 добиваются прежнего напряжения. Повторяя этот процесс несколько раз, добиваются стабильного напряжения на выходе.

Обмотки I и II и магнитопровод трансформатора у обоих вариантов преобразователей одинаковы. Они намотаны на броневом магнитопроводе Б26 из феррита 1500НМ. Обмотка I содержит 8 витков провода ПЭЛ 0,8, а II - 6 витков провода ПЭЛ 0,33 (каждая из обмоток III и IV состоит из 15 витков провода ПЭЛ 0,33).

Применяются DC-DC конвертеры также в качестве вспомогательных преобразователей питания, как показано на схеме (рис.3) с сайта <http://shustikov.by.ru>. Такое добавление питающего напряжения для управления

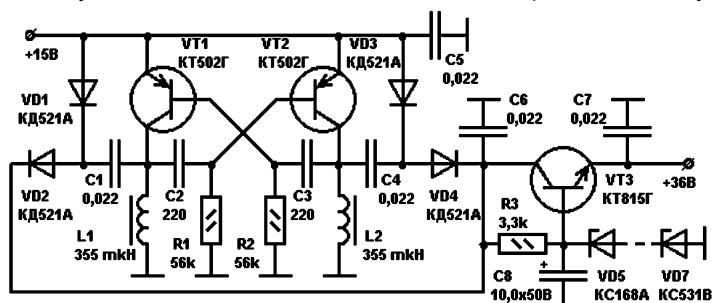


Рис.3

вариантами позволило отказаться от намотки дополнительной обмотки в питающем трансформаторе самодельного спутникового приемника автора схемы УО5ОНХ. Схема состоит из мультивибратора, двухтактного выпрямителя с удвоением напряжения и стабилизатора на выходе. Напряжение двухтактного выпрямителя, складываясь с питающим напряжением, обеспечивает достаточный запас по напряжению $15 + 2 \times 15 = 45$ В для работы стабилизатора. Питание на этот преобразователь подается от стабилизированного источника +15 В для стабилизации напряжения, питающего цепи варикапов.

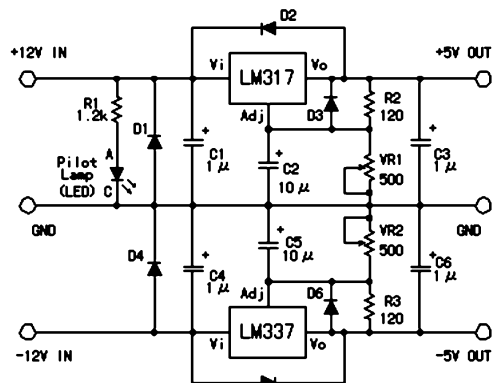


Рис.4

Бывает необходимо получить пониженное напряжение питания из более высокого. Тогда просто применяется стабилизатор напряжения, как это сделано в конвертере напряжения (<http://www.interq.or.jp>), чтобы получить напряжение ± 5 В из входного напряжения ± 12 В (рис.4). Здесь использованы микросхемы стабилизаторов LM317 - для положительного напряжения и

LM337 - для отрицательного напряжения. Выходной ток может достигать 1 А, поэтому основное требование к созданию этого преобразователя - наличие радиатора на микросхемах, которые нагреваются при токе, близком к 1 А.

Достоинством регулятора этого типа является то, что он дешевый, имеет немного деталей, а также обладает низким уровнем нестабильности напряжения. Недостаток: низкая эффективность на повышенной мощности нагрузки - около 42%. Автор предлагает сделать вместо стабилизатора преобразователь с ШИМ. Это не намного увеличит сложность и стоимость устройства, но повысит экономию электропитания при эффективности на уровне 85-90%.

Печатная плата в масштабе 1:2 изображена на **рис.5**, а внешний вид показан на **рис.6**.

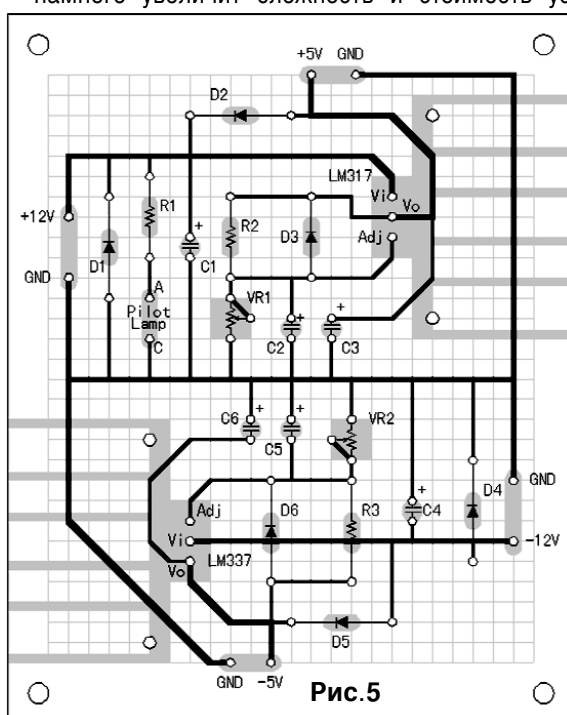


Рис.5

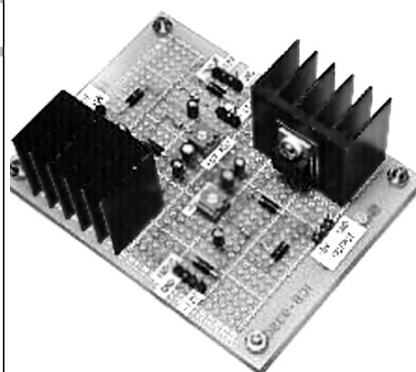


Рис.6

Тот же автор сделал конвертер DC-DC (**рис.7**), который преобразует +5 В со входа на 30 В на выходе. Входной постоянный ток питает генератор переменного тока, в котором используется триггер Шмитта на IC1 74HC14 в качестве инвертора с гистерезисной характеристикой.

Для выделения нужной частоты в диапазоне частот генератора 334...12650 кГц, перестройка внутри которого осуществляется потенциометром VR1, и повышения выходного напряжения до 25 В используется резонансный контур L1C3. При номиналах, указанных на схеме, он настроен на частоту 2140 кГц. Дальнейшее повышение напряжения до 50 В достигается в выпрямителе-умножителе D1D2C4.

На выходе преобразователя установлен сглаживающий фильтр C5R1C6.

Преобразователи DC-DC

Особенностью схемы является то, что выходное напряжение изменяется вместе с сопротивлением нагрузки, поэтому этот преобразователь нужно использовать с неизменной нагрузкой. Кроме того, достаточно велик коэффициент нестабильности выходного напряжения - порядка 3%.

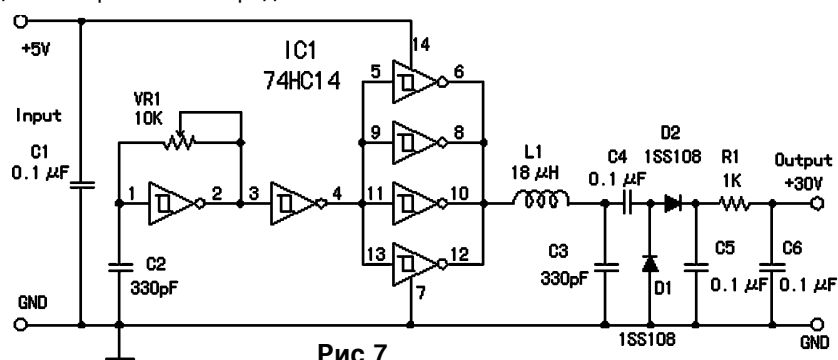


Рис.7

На рис.8 изображена печатная плата преобразователя, на рис.9 - внешний вид.

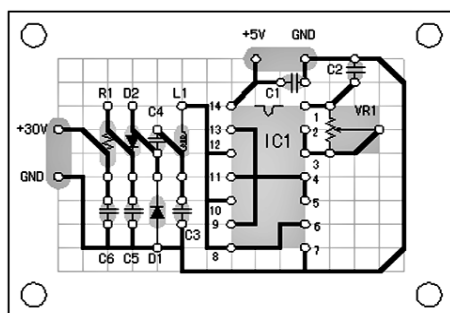


Рис.8

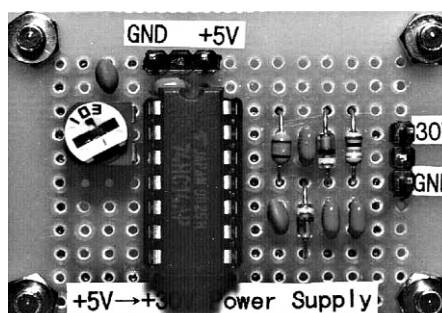


Рис.9

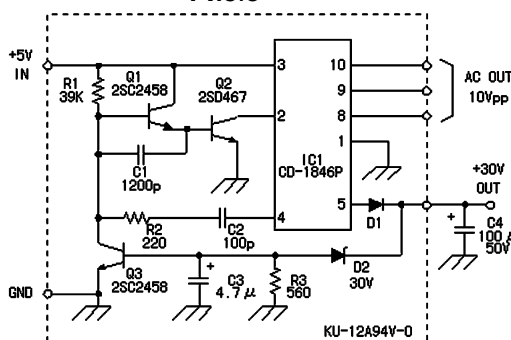


Рис.10

Для примера приведем промышленную разработку компактного преобразователя DC-DC, описание которой представил тот же автор.

Принципиальная схема, снятая автором с печатной платы, представлена на рис.10. Входное напряжение преобразователя +5 В, выходное напряжение +30 В, выходной ток 20 мА. Автор не нашел

параметров интегральной микросхемы CD-1846P, потому что фирма TDK прекратила выпуск, однако нужно отдать ему должное: он тщательно проверил параметры преобразователя и смог восстановить схему соединений. Судя по тому, что измеренное значение частоты на выходах 8-10 около 0,78 МГц, можно предположить, что микросхема выполняет функцию генератора с ШИМ, отчего эффективность схемы преобразователя оказалась на уровне 75%.

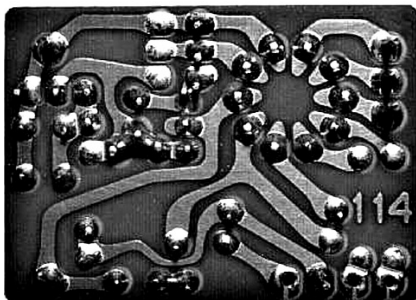


Рис. 11

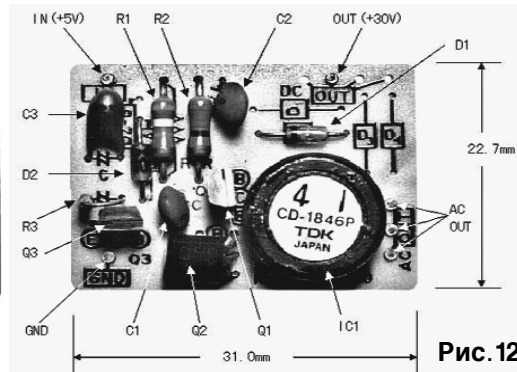


Рис. 12

Схема включает в себя цепь управления значением напряжения на выходе Q1, Q2, Q3, R1, R2, D2, причем качество регулирования таково, что измеренное значение изменения выходного напряжения при изменении нагрузки от 1,5 кОм до бесконечности (обрыв) составило не более 0,1%.

На рис. 11 представлено фото печатной платы устройства со стороны проводников, на рис. 12 - расположение элементов.

Стабилизированный преобразователь для ПДУ опубликован в РЛ 8/96. Применяемые в ПДУ батарейки типа "Крона" имеют малый срок службы. Поэтому целесообразно использовать элементы типа А316 с напряжением 1,5 В совместно с преобразователем напряжения.

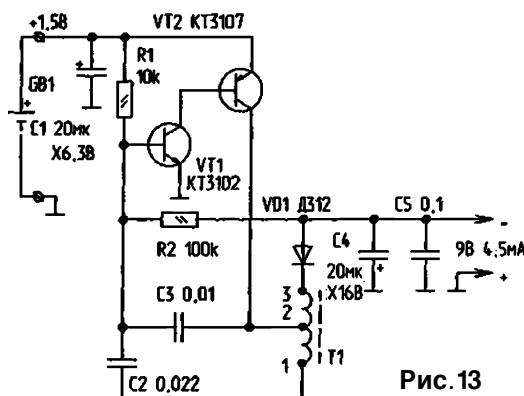


Рис. 13

Преобразователь (рис. 13) представляет собой одноканальный релаксационный генератор с емкостной положительной обратной связью (C2, C3). В коллекторную цепь транзистора VT2 включен повышающий автотрансформатор Т1. В преобразователе использовано обратное включение выпрямительного диода VD1, т.е. при открытом транзисторе VT2 к обмотке автотрансформатора

приложено напряжение питания U_p и на выходе автотрансформатора появляется импульс напряжения. Однако включенный в обратном направлении диод VD1 в это время закрыт, и нагрузка отключена от преобразователя.

В момент паузы, когда транзистор закрывается, напряжение на обмотках T1 изменяется на обратное, диод VD1 открывается и выпрямленное напряжение прикладывается к нагрузке. При последующих циклах, когда транзистор VT2 запирается, конденсаторы фильтра (C4, C5) разряжаются через нагрузку, обеспечивая протекание постоянного тока. Индуктивность повышающей обмотки автотрансформатора T1 при этом играет роль дросселя сглаживающего фильтра.

Для устранения подмагничивания сердечника автотрансформатора постоянным током транзистора VT2 используется перемагничивание сердечника автотрансформатора за счет включения параллельно его обмотке конденсаторов C2 и C3, которые одновременно являются делителем напряжения обратной связи. Когда транзистор VT2 закрывается, конденсаторы C2 и C3 в течение паузы разряжаются через обмотку 1-2, перемагничивая сердечник T1 током разряда.

Время открытого состояния транзистора VT2 определяется индуктивностью обмотки 1-2 автотрансформатора T1 и емкостями C2 и C3. Частота генерации зависит от напряжения на базе транзистора VT1. Стабилизация выходного напряжения осуществляется за счет ООС по постоянному напряжению посредством R2. При понижении выходного напряжения увеличивается частота генерируемых импульсов при примерно одинаковой их длительности. В результате увеличивается частота подзарядки конденсаторов фильтра C4 и C5 и падение напряжения на нагрузке компенсируется. При увеличении выходного напряжения частота генерации, наоборот, уменьшается. Так, после зарядки накопительного конденсатора в ПДУ

частота генерации падает в десятки раз. Остаются лишь редкие импульсы, компенсирующие разрядку конденсаторов в режиме покоя. Этот способ стабилизации позволил довести ток покоя преобразователя до 0,5 мА.

Печатная плата приведена на рис. 14. Транзисторы VT1 и VT2 должны иметь возможно больший коэффициент усиления для повышения экономичности.

Обмотка автотрансформатора намотана на ферритовом кольце 2000 НМ 10х6х2 мм и имеет 300 витков провода ПЭЛ-0,08 с отводом от 50-го витка (считая от "заземленного" вывода). Диод VD1 должен быть высокочастотным и иметь малый обратный ток.

Остальные детали - малогабаритные,

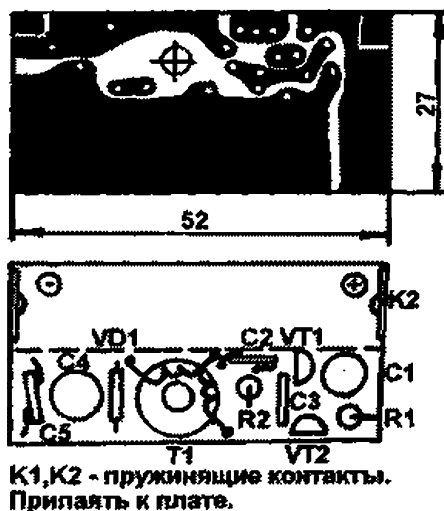


Рис. 14

любых типов. После монтажа и настройки детали преобразователя закрываются экраном, изготовленным из белой жести.

Правильно собранный преобразователь начинает работать сразу после включения. Необходимо лишь путем подбора резистора R2 установить выходное напряжение равным 9 В. Для увеличения срока службы элемента А316 можно установить в ПДУ миниатюрный выключатель питания.

Электромеханические устройства для автономных устройств, например для приводов моделей, часто требуют более высоких напряжений питания, чем чисто электронные. При этом напряжения могут достигать 40...100 В при малом токе потребления порядка 1 мА, а доступны как обычно батарейки 1,5...12 В. DC-DC конвертер, который объединяет в своей схеме (рис.15) индуктивную и емкостную повышающие схемы, позволяет достигать высокого напряжения без необходимости установки тяжелого и дорогостоящего трансформатора (EET magazine от 18 Aug. 2002).

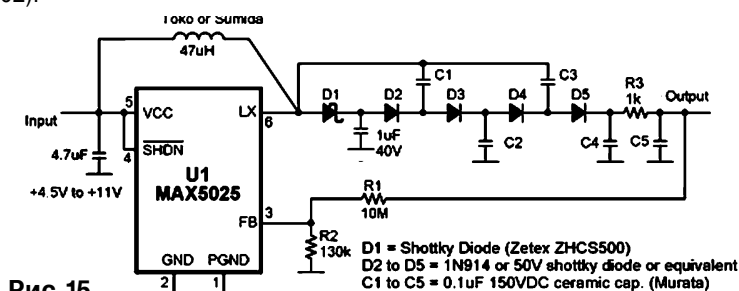


Рис. 15

DC-DC конвертер на микросхеме U1 - типичный преобразователь входных 5 В в выходные 36 В, а далее повышение до 100 В и более осуществляется умножителем-выпрямителем с утроением на диодах D2-D5 и C1-C5.

Делитель R1R2 обеспечивает обратную связь для регулирования выходного напряжения схемы. Используя уравнения

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{out}}{1.25V} - 1 \right) \quad V_{out} = \frac{1.25V (R1 + R2)}{R2}$$

можно вычислить значения сопротивления резисторов для заданного напряжения.

Для более низких выходных напряжений (меньше 70 В), удалите D4, D5, C3, и C4. Точно так же Вы можете добавлять дополнительный каскад, чтобы произвести напряжения выше 100 В. ФНЧ R3-C5 уменьшает пульсации выходного напряжения до уровня меньше 0,01Vpp. График на рис.16 иллюстрирует изменение выходного

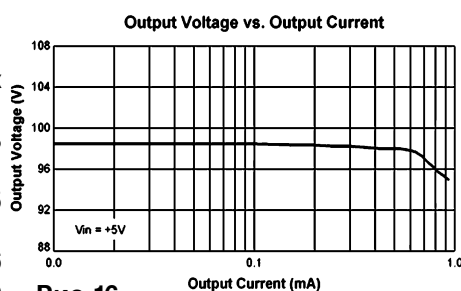


Рис. 16

Преобразователи DC-DC

напряжения при изменении выходного тока. Из него видно, что эффективность источника напряжения резко падает при возрастании тока до 0,7 мА.

Пожелание автора приведенной выше конструкции понижающего преобразователя DC-DC (стр.25) поднять КПД схемы путем включения в нее ШИМ реализовано в следующей конструкции, предложенной фирмой MAXIM, выпускающей электронные компоненты. В основе малошумящего понижающего преобразователя DC-DC на 1 А (рис.17) лежит микросхема MAX1685 — высокоэффективный понижающий широтноимпульсный регулятор с внутренними ключевыми транзисторами. Этот прибор может выдавать гарантированный одноамперный ток при питании от двух литий-ионных батареек.

Входное напряжение может изменяться от 2,7 В до 14 В. Выходное напряжение имеет предварительную установку 3,3 В или может быть откорректировано внешними цепями в диапазоне от 1,25 В до $U_{вх}$. Низкое сопротивление открытого ключа (0,24 Ом для Р-канального транзистора) и встроенный синхронный выпрямитель обеспечивают высокий КПД 96%.

Преобразователь имеет 4 режима работы: с фиксированной частотой, нормальный, с низким энергопотреблением и режим выключения.

Режим широтно-импульсной модуляции на фиксированной частоте позволяет получить превосходные шумовые характеристики. Нормальный режим поддерживает высокую эффективность при любой величине нагрузки. Режим с низким энергопотреблением используется для сохранения питания при резервировании или когда не требуется предельная нагрузка. Режим выключения используется для отключения прибора от источника питания для минимизации потребляемого тока.

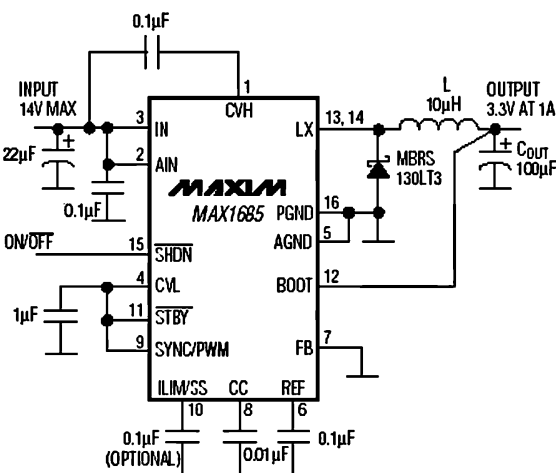


Рис. 17

MAX1685 работает на тактовой частоте 600 кГц, что позволяет использовать внешние компоненты с минимальными габаритами, для синхронизации можно использовать внешний генератор тактовых импульсов. Микросхема имеет отдельный выход 3 В, 5 мА, а также отдельный выход опорного напряжения с точностью 1%.

Преобразователь DC-DC может применяться в портативной радиоаппаратуре, радиостанциях, радиотелефонах и т.п.

На другой микросхеме фирмы MAXIM можно построить преобразователь DC-

DC с двухполярным выходом (Planet Analog magazine от 15 July 2002). Схема (рис. 18) преобразователя разработана для питания маломощных операционных усилителей, мультиплекторов, коммутаторов и т.п., уровень и полярность питающих напряжений которых устанавливается не относительно массы, а какого-то специального уровня.

Преобразователь выдает основное напряжение питания V_{main} и два симметричных напряжения $+V_{out}$, $-V_{out}$ относительно уровня V_{ref} . Дополнительная пара напряжений формируется добавлением в схему 4-х диодов Шотки D2-D5 и навесных конденсаторов C2-C3 к основному повышающему конвертеру на микросхеме U1 MAX5026, рассчитанному на входное напряжение 3...11 В и выходное напряжение V_{main} до 36 В при токе 350 мА и полезной мощности 120 мВт.

Внутренний ключ подключает контакт U1 XL (конт.6) поочередно к массе и на выход, поэтому напряжение на выходе 6 периодически меняется от нуля до V_{main} плюс напряжение на диоде D1. Это позволяет формировать напряжение V_{out} следующим образом.

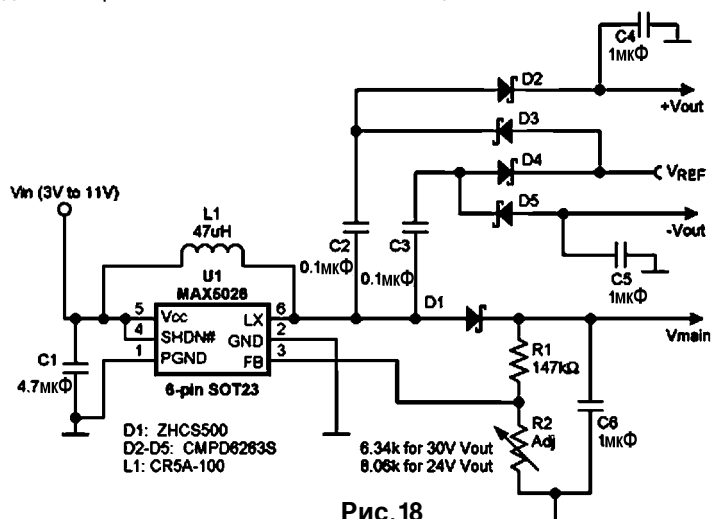


Рис. 18

$-V_{out}$. Первый этап. Рост напряжения на конт. 6 приводит к появлению напряжения на C3 величиной $V_{ref}+V_{D1}$, образуя на C3 разницу напряжений $V_{main} - V_{ref}$, тогда точкой разности напряжений является вывод XL. Второй этап. Когда конт. 6 на массе, на выходе V_{out} формируется напряжение $V_{main} + V_{ref}$ и ток течет через диод D5. Результирующее напряжение $-V_{out} = -V_{main} + V_{ref} + V_{D5}$. Нужно помнить, что напряжения $-V_{out}$ и $+V_{out}$ находятся в разных фазах.

$+V_{out}$. Первый этап. Когда конт. 6 на массе, на C2 формируется напряжение $V_{ref}+V_{D2}$ и ток течет через диод D2. Второй этап. Рост напряжения на конт. 6 приводит к появлению напряжения на C2 величиной $V_{main}+V_{ref}$. Результирующее напряжение $-V_{out} = V_{main}+V_{ref}+V_{D2}$.

Эти уравнения показывают, что двухполярные напряжения отслеживают друг друга относительно V_{main} и смещены относительно V_{ref} одним из диодов. D1-D5 слаботочные диоды Шотки. C2, C3 керамические конденсаторы номиналом 10...100 нФ на напряжение не меньше удвоенного выходного. Чем больше их

Преобразователи DC-DC

величина емкости, тем стабильнее напряжение в широком диапазоне токов нагрузки. L1 47 мкГн, емкость выходных конденсаторов C4-C6 1 мкФ может быть большей в зависимости от требований к пульсациям выходного напряжения.

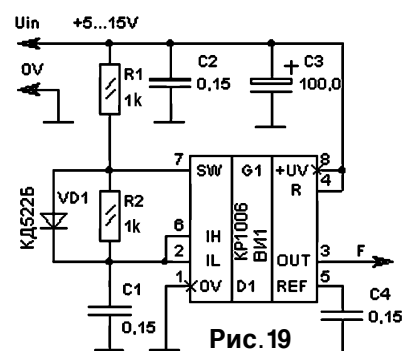
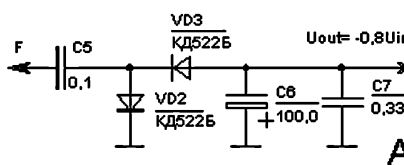


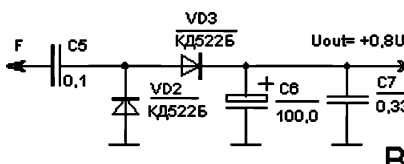
Рис. 19

Для целей преобразования в конверторах DC-DC могут использоваться не только специальные микросхемы с ШИМ, но микроконтроллеры и таймеры. Одну из таких схем предложил Е. Свищев на <http://cetrionika.narod.ru>. На рис.19 показано, что ядром преобразователя является генератор меандра на микросхеме интегрального таймера NE555 (наш аналог 1006BI1). Выходная частота устанавливается внешними элементами C1, R1, R2. Номиналы для частот 10, 20 и 140 кГц приведены в табл.1. Достаточно мощный выход таймера (конт.3) используется для непосредственного подключения к нагрузке через выпрямители.

На схеме представлены четыре варианта выпрямителей, обозначенных буквами А, В, С (рис.20), D (рис.21).



А



В

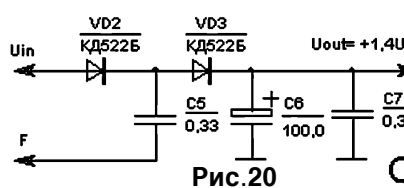


Рис. 20

С

А - инвертор положительного напряжения в отрицательное. Импульсный сигнал с выхода генератора, проходя через конденсатор C5, теряет свою постоянную составляющую и поступает на двухкаскадный удвоитель отрицательного напряжения. Такой инвертор может быть полезен, например, для работы схем с операционными усилителями, требующих двухполярного питания, при питании от однополярного источника.

В - прямой выход положительного напряжения. Схема разработана для дистанционного питания электронных

Таблица 1

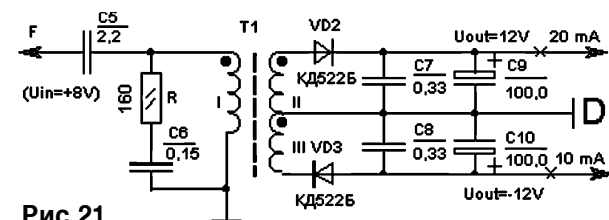


Рис. 21

C1	R1	R2	FkHz
0,1	1,8k	1,3k	10
47n	1,5k	1,3k	20
6n8	1,5k	1,3k	140

Для данной схемы первый провод линии подключается между конденсатором C5 и точкой соединения диодов VD2 и VD3. В качестве второго провода используется общий (-Uin).

D - трансформаторный преобразователь. Использование высокочастотного трансформатора решает много проблем. Это возможность полной гальванической развязки между первичной питающей сетью и вторичными, получение любых напряжений, включая высоковольтные, в любом наборе. КПД такого преобразования велико. Единственное неудобство - необходимость самостоятельного изготовлениямоточного изделия. Параметры трансформатора Т1: I обм. 16 вит. ПЭЛШО-0,27; II обм. 62 вит. ПЭЛШО-0,1; III обм. 62 вит. ПЭЛШО-0,1.

истокном конце. Рост этого напряжения останавливается при достижении уровня 15 В, когда открывается стабилитрон VD5.

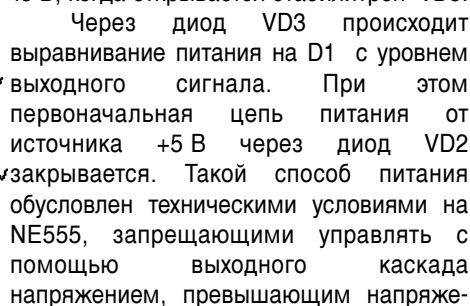


Рис.22

Преобразователи DC-DC

ние питания микросхемы более чем на 0,5 В.

Для получения выходного напряжения +15 В импульсы с дросселя выпрямляются диодом VD6. Выходное напряжение отрицательной полярности -15 В получают после выделения из импульсного сигнала с дросселя переменной составляющей на разделительном конденсаторе C5 и выпрямлении его с удвоением напряжения на VD7, VD8 и C6.

Трансформаторная схема высоковольтного преобразователя представлена на **рис.23**. Входное напряжение 5 В преобразуется в нем в выходное напряжение 230 В.

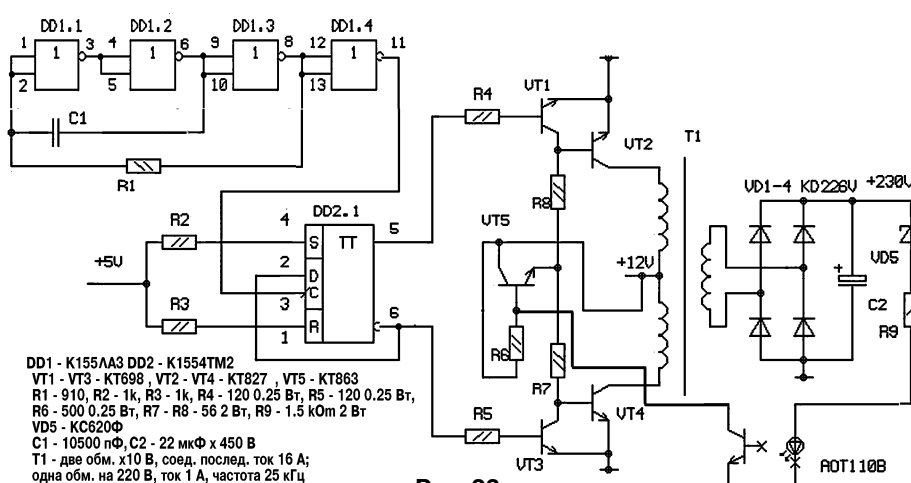
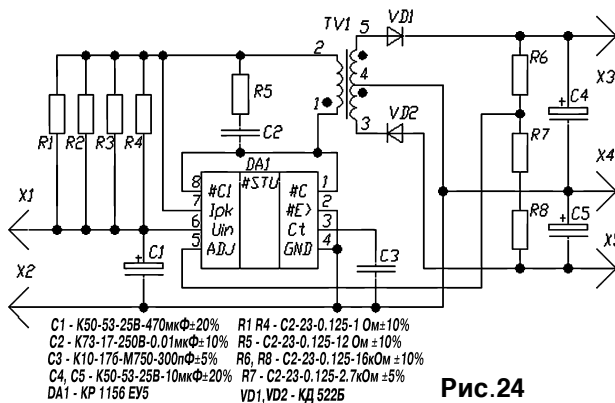


Рис.23

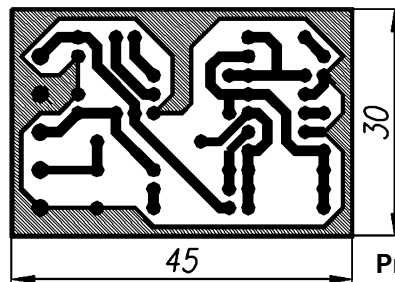
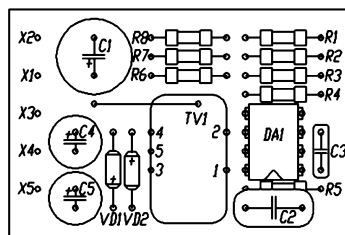
Задающий генератор на DD1 подает на счетный вход Т-триггера DD2 меандр частотой 25 кГц. Выходы триггера используются в качестве драйвера двухтактного усилителя на транзисторах VT1-VT4. В цепи вторичной обмотки трансформатора стоит двухполупериодный выпрямитель на VD1-VD4. Для стабилизации режима работы выходного усилителя введена отрицательная обратная связь по току с развязкой через оптопару AOT110B. Коэффициент полезного действия преобразователя зависит от режима работы выходных транзисторов усилителя, которые целесообразно ввести в режим D. При этом лучшими характеристиками обладают мощные полевые КМОП транзисторы, или, по крайней мере, мощные биполярные СВЧ транзисторы с граничной частотой более 1 ГГц.

Семенов Ю. из г. Ростова-на-Дону предложил схему включения KP1156EY5 в режиме универсального преобразователя DC-DC (**рис.24**).

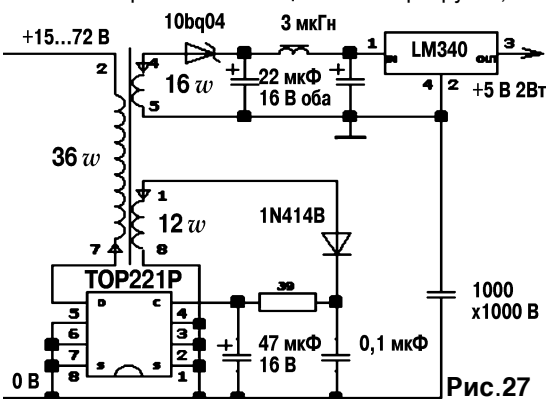
Параметры преобразователя: входное напряжение 9...16 В; выходное напряжение ± 15 В $\pm 5\%$; номинальный выходной ток 0...0,1 А; амплитуда пульсаций выходного напряжения при максимальной нагрузке 50 мВ. Моточные данные трансформатора TV1: W1, 2 - 40 витков проводом ПЭТВ2 d = 0,45; W3, 4 = W4, 5 - 36 витков в два провода ПЭТВ2 d = 0,18; Сердечник - МП140 - K15x7x6,7



плате показано на рис.25, рисунок печатной платы со стороны монтажа - на рис.26.



На сайте <http://www.saxara.ru> представлена схема преобразователя DC-DC на микросхеме TOP221P (рис.27). TOPSwitch, как этот тип микросхем называет изготовитель фирма Power Integration, являются самоуправляемыми и линейно регулируемыми ШИМ преобразователями напряжения с защитой от перегрузки, КЗ и перегрева с самовосстановлением. Они прекрасно подходят для простых гальванически развязанных преобразователей с питанием от 18 В и выше. Они при этом отдают меньшую мощность, но сохраняют такие достоинства, как защита от КЗ, нечувствительность к колебаниям входного напряжения в широких пределах. Схема преобразователя собрана на серийно выпускаемом изделии



Преобразователи DC-DC

TOP221P с выходной мощностью 2 Вт (другие номиналы микросхем могут иметь мощность до 150 Вт). Работоспособность проверялась при входных напряжениях от 18 до 90 В.

Трансформатор: сердечник EFD15-N87 от SIEMENS, количество витков указано на **рис.27**. На выходе - танталовые электролиты в SMD- исполнении. Дроссель 3,3-6,8 мкГн на ток 0,5 А. Оптрон PC817 или аналог.

По сообщению разработчика схемы ТОРы семейства 22х могут работать на пониженных напряжениях: по паспорту от 16 В, при этом мощность будет ниже. Однако при правильном выборе трансформатора и типа ТОРа можно выжать из них до 20 Вт полезной мощности при работе от 24 В.

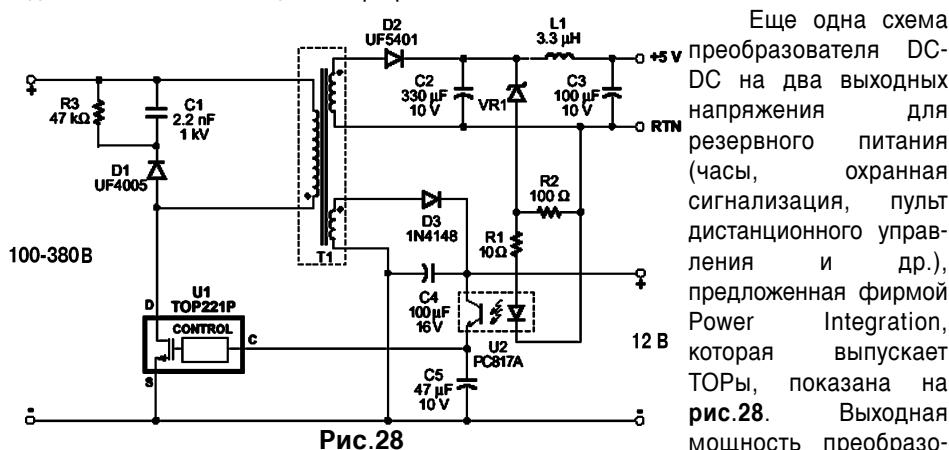


Рис.28

Еще одна схема преобразователя DC-DC на два выходных напряжения для резервного питания (часы, охранная сигнализация, пульт дистанционного управления и др.), предложенная фирмой Power Integration, которая выпускает ТОРы, показана на **рис.28**. Выходная мощность преобразователя 4 Вт, напряже-

ние 5 В используется для контроля цепи дежурного режима при отключении основной сети, а напряжение 12 В - для питания схем восстановления питания от основной сети. На схеме не показаны входной выпрямитель и сглаживающий фильтр, так как они одинаковы для любых сетевых выпрямителей.

Напряжение 5 В делится между стабилитроном VR1 и оптопарой U2, которая через выходной транзистор осуществляет слежение за уровнем выходного напряжения преобразователя (конт.С ИМС U1). Конденсатор C5 блокирует конт.С по переменной составляющей и является задающим времени рестарта схемы после перегрузки.

Цепочка R3C1D1 предназначена для сглаживания АЧХ контура первичной обмотки. Выходное напряжение 12 В выпрямляется диодом D3 и сглаживается C4, при этом его величина постоянно управляется оптопарой в зависимости от величины напряжения 5 В.

Трансформатор можно взять готовый, но если нужно изготовить свой трансформатор для работы с ТОРами, можно воспользоваться методикой, которая предложена на уже упоминавшемся сайте <http://www.saxara.ru>. Определяющей для

расчетов является параметр A_L - коэффициент индуктивности (измеряется в нГн/виток). Индуктивность обмотки равна

$$L = N^2 \cdot A_L \quad (1)$$

где N - число витков.

Трансформатор для ТОРа должен иметь определенную индуктивность для заданной мощности и диапазона входных напряжений. Габариты его прямо связаны с его мощностью и качеством материала сердечника. К тому же ТОР преобразователи работают с подмагничиванием сердечника, поэтому нужно, чтобы в трансформаторе был немагнитный зазор.

Для выбора сердечника типоразмеров EFD и ETD из материалов N67, N87 (SIEMENS) или похожего 3C80 (PHILIPS) соотносим их со значениями рассеиваемой мощности в нагрузке для каждого типа микросхем: 5 Вт TOP221 - EFD15; 10 Вт TOP222 - EFD20; 20 Вт TOP223 - EFD25; 40 Вт TOP224, TOP225 - ETD29.

Индуктивность первичной обмотки L : EFD15 - 4,2 мГн; EFD20 - 2,2 мГн; EFD25 - 1,5 мГн; ETD29 - 1 мГн.

Выбираем параметр в типовом ряду из условия недопущения насыщения сердечника и удобства намотки (неудобно, если вторичная обмотка получится 0,7 витка). Допустим, получилось $A_L=250$. Считаем число витков первичной обмотки по формуле (1). Например, нужно 5 Вт, тогда берем сердечник EFD15 и TOP221, индуктивность $L=4,2 \text{ мГн}=4200 \text{ мкГн}=4200000 \text{ нГн}$. Квадрат числа витков $N^2 = L : A_L = 4200000/250 = 16800$. Отсюда $N = \sqrt{16800} = 130$ витков.

А теперь считаем вторичные обмотки так, как будто это обычный трансформатор, но на первичной обмотке у него 130 В переменного напряжения. Так как в первичной обмотке 130 витков, то на каждый виток приходится 1 В, значит, если во вторичной обмотке 5 витков, то на ней падает 5 В. Исключением является обмотка обратной связи, которая должна выдавать от 12 до 24 В, а на ней должно быть витков 12-15. Расчет закончен.

Теперь, чтобы его правильно намотать, нужно каждую обмотку распределить по всей ширине каркаса, даже если в ней всего 5 витков. С этой целью профессионалы и производители наматывают вторичную обмотку в три-четыре провода или даже специальным плоским проводом. Между обмотками обязательно прокладывается слой изоляции, а выводы первичной и вторичной обмоток разносятся по разные стороны каркаса.

Порядок намотки обмоток вполне определенный: сначала мотается первичная обмотка, при этом неплохо было бы разделить половины обмотки изоляцией. Потом наматывается обмотка, с которой снимается наибольшая мощность, за ней все остальные вторичные обмотки в порядке убывания мощности, последней - обмотка обратной связи.

Сердечник берем штатный, с зазором, соответствующим выбранному $A_L=250$, или подбираем зазор сами, пока не получим заданную индуктивность. Для справки: $A_L=250$ соответствует зазор 65 мк у EFD15 или 0,3 мм у EFD25. Трансформатор готов.

Микросхемы TOP221-227 (рис.1) - автономный преобразователь с тремя выводами

Основные параметры:

Выходная мощность	3...150 Вт
Выходное напряжение	36 В
Выходной ток	0,23...3,3 А
Рабочая частота	90...110 кГц
КПД	70%
Защита по перегреву	135°C
Защита от перегрузки	700 В
Время восстановления	0,8 с
Выходное сопротивление	31...5 Ом
Напряжение управления	-0,3...9 В
Ток управления	100мА

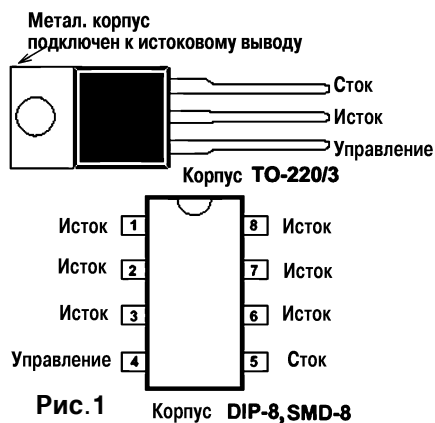


Рис. 1 Корпус DIP-8, SMD-8

Микросхемы MAX5025-MAX5028 (рис.2) - ШИМ повышающие DC-DC конвертеры с постоянной частотой преобразования, малозумящие

Основные параметры:

Выходная мощность	120 мВт
Выходное напряжение	36 В
Входное напряжение	3...11 В
Рабочий ток	0,6 А
Рабочая частота	340...1000 кГц
Пульсации	0,25%
Выходное сопротивление	1...4 Ом
Напряжение ОС (FB)	1,25/30 В

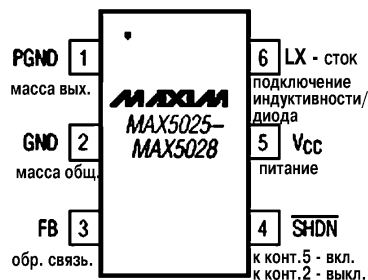


Рис. 2 Корпус SOT23-6

Микросхемы MAX1684/MAX1685 (рис.3) - ШИМ понижающие DC-DC конвертеры*

Основные параметры:

Выходная мощность	667 мВт
Выходное напряжение	3,33 В
Входное напряжение	2,7...14 В
Рабочий ток	1 А
Рабочая частота	300/600 кГц
Пульсации	0,01%
Выходное сопротивление	0,24...3 Ом
Напряжение ОС (FB)	1,25 В

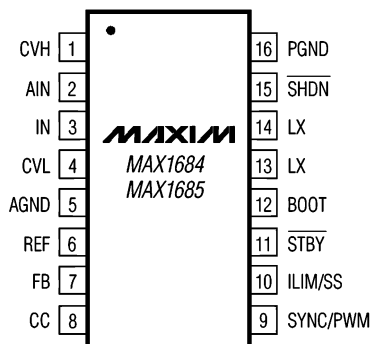


Рис. 3

*) Пояснение функций выводов - в табл. 1.

Таблица 1

1	CVH	Смещение на затвор ПТ. Шунтирует вход конт.3 конденсатором 0,1 мкФ.
2	AIN	Аналоговый вход питающего напряжения. Соединяется с конт.3 1,27 мм шиной. Шунтируется на массу конт.16 конденсатором 0,1 мкФ.
3	IN	Питающее напряжение.
4	CVL	Логический выход на 5 мА. Шунтируется на конт.5 конденсатором 1 мкФ.
5	AGND	Масса аналоговых цепей.
6	REF	Выход Vref 1,25 В на 10 мА. Шунтируется на конт.5 конденсатором 1 мкФ.
7	FB	Обратная связь.
8	CC	Шунтируется на конт.5 интегрирующим конденсатором 0,01 мкФ.
9	SYNC/PWM	Подсоединяется к конт.4 для ШИМ режима, к конт.5 для нормального режима.
10	ILIM/SS	Для цепей ограничителя тока.
11	STBY	Управление дежурным режимом.
12	BOOT	Управление выходным напряжением.
13, 14	LX	Соединение с выходной индуктивностью.
15	SHDN	Для закрытия цепи соединить с массой.
16	PGND	Выходная масса.

Микросхема ММ74НС14 (рис.4) - шесть инвертирующих триггеров Шмитта

Основные параметры:

Рассеиваемая мощность	600 мВт
Питающее напряжение	2...6 В V _{CC}
Ток покоя	20 мкА
Задержка распространения	13 нс
Входной ток	1 мкА
Нагрузочная способность	10 ТТЛ входов
Ширина петли гистерезиса	0,9 В
Положительный размах "пилы"	1...3 В V _{T+}
Отрицательный размах "пилы"	0,3...1,2 В V _{T-}

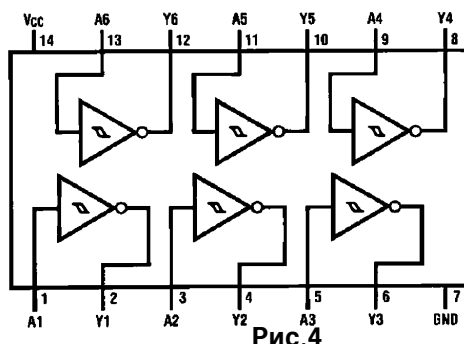


Рис.4

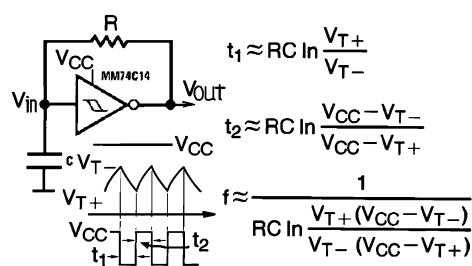


Рис.4. Пример построения генератора на 74НС14

КВ антенны

Конструкций антенн коротковолнового (КВ) диапазона (10...100 м, 3...30 МГц) насчитывается около 400, из них почти половина - любительские разработки, причем десятки радиолюбительских журналов многих стран мира ежегодно публикуют информацию о новых антеннах, поэтому здесь остановимся только на наиболее часто используемых и некоторых уникальных, появившихся за последнее десятилетие. При этом, исходя из наших принципов комплектования информации, читатель уже знает:

1) что поляризация антенны определяется по направлению в пространстве электрической составляющей электромагнитного поля (ЭМП), которая совпадает с положением излучателя и бывает горизонтальной и вертикальной;

2) что сопротивление антенны определяется по отношению ее входу, там, где подсоединяется кабель, и его величина различна для различных длин волн, поэтому необходимо иметь согласующее устройство с кабелем либо фиксированное, либо перестраиваемое по диапазону;

3) что диаграмма направленности (ДН) антенны показывает, как распределена мощность излучения в пространстве в зависимости от направления, и разделяет антенны на ненаправленные и направленные;

4) что антенны бывают резонансными, когда их длина сравнима с длиной волны, электрически длинными, когда их длина превышает несколько длин волн, и электрически короткими, когда их длина много меньше длины волны, - от этого зависит эффективность их излучения и возбуждения;

5) что из теоремы взаимности, имеющей теоретическое значение, вытекает чисто практическое следствие о том, что одна и та же антенна может работать и на прием, и на передачу.

Наиболее простой, а потому самой распространенной антенной, является четвертьволновый штырь (рис.1), установленный вблизи земли вертикально или с некоторым наклоном. Его входное сопротивление 36 Ом, а ДН в вертикальной плоскости имеет некоторый наклон основного лепестка к плоскости земли, поэтому в пределах нескольких сотен километров вокруг такой антенны качество приема низкое. Однако о направленности антенны здесь судят по ее горизонтальному виду, для штыря она круговая, т.е. антенна ненаправленная.

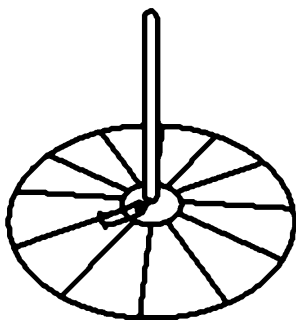


Рис.1

Бороться с "мертвой" зоной вокруг штыря помогает противовес - металлические провода, закрепляемые в нижней части антенны и изолированные от земли. Это позволяет "прижать" ДН к земле, но не решает проблемы для оператора при встрече на частоте с дальней и ближней станциями, сигнал от которых будет одинаково слабым, а ценность QSO, сами понимаете, разная.

Решение проблемы для нижних частот диапазона 1,8...10,1 МГц предложил Гончаренко И. DL2KQ - EU1TT ("RADIOAFICIONADOS" №3/02), конструкция антенны

которого содержит длинные горизонтальные емкостные нагрузки, позволяющие использовать штырь для ближних связей.

Конструкция антенны представлена на **рис.2**. Мачта высотой 16,5 м собрана из алюминиевых или стальных труб (в последнем случае вдоль труб надо проложить несколько алюминиевых или медных проводов, равномерно распределив их по окружности трубы, закрепив их маленькими хомутами или липкой лентой через 1...1,5 м) и удерживается 4 ярусами растяжек. Растяжки выполнены из оцинкованного стального провода разорванного изоляторами на куски по 3...4 м.

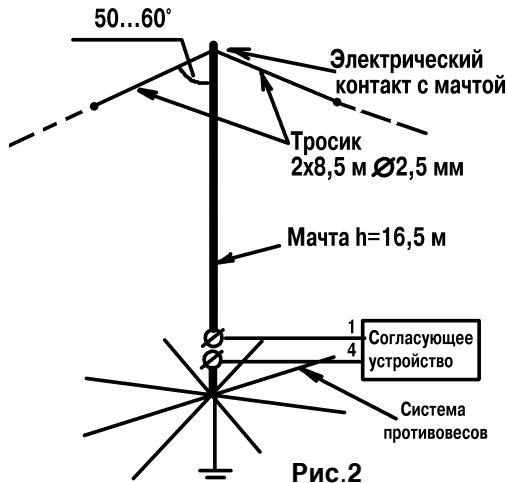


Рис.2

Провода емкостной нагрузки выполнены из стального нержавеющей троса или биметалла и являются частью растяжек верхнего яруса. При расположении на крыше

высотного дома лучше использовать 4х0,25λ противовеса на каждый диапазон, расположенных под углом 90°.

Общая длина каждого противовеса уточняется при настройке противовесов в резонанс и должна составлять 18 м на 3,5 МГц и 37 м на 1,8 МГц.

Блок согласования показан на **рис.3**. Катушка L1 намотана проводом диаметром 2,5 мм на каркасе диаметром 55 мм с шагом 4 мм. Содержит 29 витков, отводы от 6-го и 20-го витков считая снизу.

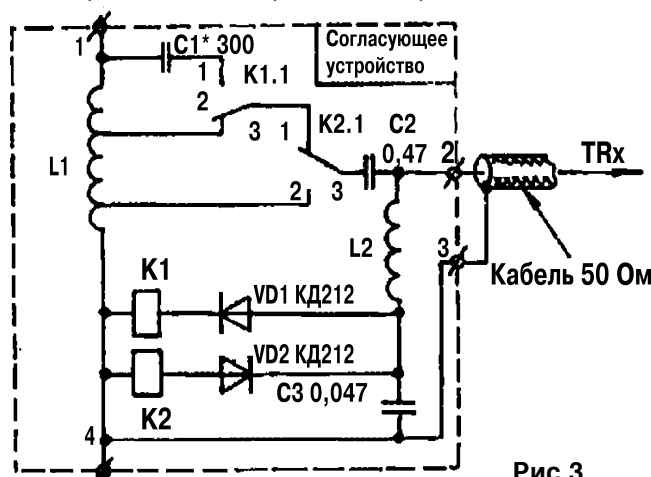


Рис.3

Точное число витков и положение отводов подбирается при настройке. Удобно намотать катушку с запасом в несколько витков и сразу зачистить торцы витков, что упрощает подбор индуктивности и отводов. Данные L1 могут быть и иными, главное - нужная индуктивность, большая

толщина провода, т.к. ток по L1 протекает большой, и наличие зазора между витками, потому что напряжения там тоже немаленькие. L2 - любой ВЧ дроссель, не имеющий резонансов в рабочем диапазоне. У автора - 150 витков диаметром 0,36 на каркасе диаметром 30 мм, виток к витку.

Конденсаторы C3, C5 - любого типа, C2 - типа КСО на напряжение 250 В, C1 и C4 - на соответствующую мощность при напряжении 500 В типов КСО, К15У-1. Набирая C1 и C4 из нескольких конденсаторов, имейте в виду, что допустимая реактивная мощность одного конденсатора типа КСО - 75 Вт. К1-К3 низкочастотные силовые реле с расстоянием между контактами не менее 1 мм. При замене на другие типы реле следует помнить, что ток через замкнутые контакты достигает 4 А, а К1 и К3, кроме того, должны выдерживать 1000 В между разомкнутыми контактами и между контактными группами и обмотками. Этим требованиям удовлетворяет большинство низкочастотных силовых реле с включенными параллельно контактными группами.

Для настройки на 160 м нужно подать на центральную жилу кабеля управляющее напряжение Уупр отрицательной полярности через блок управления. Это громкое название носит любой регулируемый источник питания, выходное напряжение которого через ВЧ дроссель, аналогичный L2, подано на центральную жилу кабеля у TRX. Изменяя общее число витков L1, достигают резонанса на 1,8 МГц, а перемещая нижний отвод L1 устанавливают КСВ=1 на этом же диапазоне.

Можно попасть в ложную настройку, когда резонанс обеспечивает часть катушки от отвода до антенны, а часть катушки от отвода до земли - просто шунтирует кабель, тогда КСВ менее 1,5...2 не получается.

Для настройки на 80 м нужно подать Уупр положительной полярности (диапазон 3,5 МГц), подбором емкости C1 добиваются резонанса на 3,65 МГц, а на 40 м, не подавая Уупр (диапазон 7 МГц), подбором положения верхнего отвода L1 добиваются резонанса на 7,05 МГц.

Активная часть входного сопротивления антенны в этом диапазоне заметно зависит от соотношения диаметров мачты и проводов емкостных нагрузок. Измерьте мостом входное сопротивление на резонансе через настроенный блок согласования. Если оно меньше 40 Ом, то провода емкостных нагрузок надо немного УКОРОТИТЬ (не опечатка, именно так: если малое сопротивление, то укоротить), если больше 60 Ом - УДЛИНИТЬ. Если подстраивать длину емкостных нагрузок затруднительно, придется сделать еще один отвод от L1 на 1...3 витка ниже верхнего отвода и поставить еще одно реле, на диапазоне 7 МГц замыкающее этот отвод на землю. Схема согласования при этом получается такая же как и на 160 м, и та же методика настройки. КСВ на резонансе в этом варианте становится равным точно 1.

Для настройки на 30 м нужно использовать блок согласования, показанный на **рис.4**, при этом настройка диапазонов 1,8 и 7 МГц выполняется точно так же, как было описано выше. Для включения диапазона 10 МГц подается Уупр=+18...20 В, при этом срабатывает только реле К1 (имеется в виду, что напряжение срабатывания К1<18 В), поскольку ключ на транзисторе VT1 из-за стабилитрона VD5 (на 22 В)

открыться при таком напряжении не может. Настройка антенны ведется изменением емкости C_4 . Для включения диапазона 3,5 МГц подается $U_{упр} = +25 \dots 27$ В. При этом также срабатывает K_1 , кроме того, открывается стабилитрон VD_5 и через ключ на VT_1 срабатывает K_3 . При этом параллельно с C_4 включается конденсатор C_1 , изменением емкости которого и достигается резонанс на 3,65 МГц. Следует так конструктивно размещать ключ на VT_1 , чтобы исключить влияние высокочастотного сигнала на его работу. Может потребоваться блокировочный конденсатор между базой и эмиттером VT_1 .

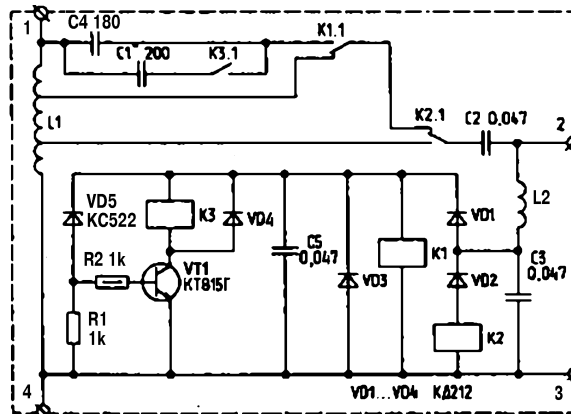


Рис. 4

При необходимости для питания антенны можно использовать и 75-омный кабель. При этом на 1,8 МГц КСВ останется прежним (конечно, придется при настройке переместить выше на 1...2 витка нижний отвод L_1). На 3,5 МГц КСВ на резонансе возрастает до 1,3...1,4; на 7 МГц согласование практически не изменяется, на 10 МГц КСВ ухудшается до 1,5...1,7.

Веат-антенна на 40 м с переключаемой ДН предложена В. Латышенко RB5QW. Она схематично изображена на рис. 5, материалом для ее изготовления служит

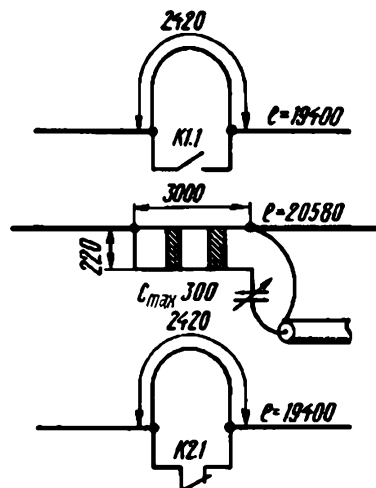


Рис. 5

медный провод или биметалл диаметром 3...5 мм, который также используется для изготовления согласующей линии. В качестве коммутирующих можно применить реле от радиостанции РСБ или любые другие силовые реле, контакты которых способны провести ток в несколько ампер от передатчика.

В согласующем устройстве применяется воздушный переменный конденсатор от обычного приемника, его нужно хорошо изолировать от попадания влаги. Провода управления реле закрепляются на шнурорастяжке, проходящем по осевой линии антенны.

Антенна имеет ДН шириной около 60° , соотношение вперед-назад в пределах 23 дБ, коэффициент усиления 8 дБ.

Активные антенны позволяют использовать в приемниках короткие антенны без сложных и громоздких согласующих устройств с достаточно высокой эффективностью. Например, предлагаемая активная антенна может быть легко собрана из доступных деталей (**рис.6**) и только один компонент может доставить трудности - это переменный воздушный групповой конденсатор, но его можно снять со старого радио. Имеется печатная плата в натуральную величину (**рис.7**).

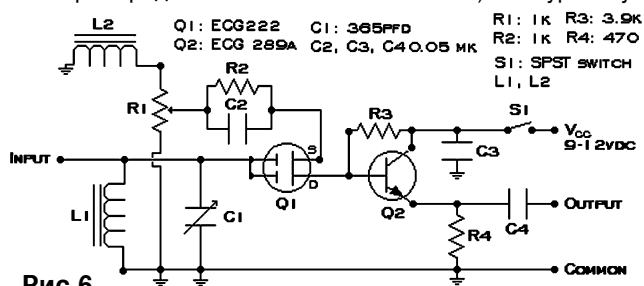


Рис.6

Конструкция катушек показана на **рис.8**. Обратите внимание на отношение количества витков обмоток: катушка обратной связи L2 должна иметь половину витков от первичной обмотки L1. Сердечник

берется любого размера из любого магнитного материала.

Если регенеративного режима не удастся достичь после первого включения, измените полярность катушки обратной связи, то есть поменяйте местами выводы катушки, закрепленные на плате.

Катушки не следует наматывать одну по другой, но расстояние между ними не является критичным и может отличаться от показанного на **рис.8**.



Рис.7

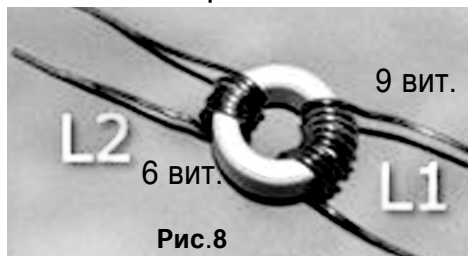


Рис.8

Двойную L антенну на 80/160 м предложил Дон Томан K2KQ (<http://www.usss.org>). Она проста, эффективна, конструктивно выполнена как вертикальная антенна, питается отдельной коаксиальной линией и не требует никакого противовеса.

Высота антенны около 20 м (**рис.9**), с питанием в центре, на вершине и в основании диполи согнуты горизонтально и параллельно друг другу, таким образом, антенна состоит из двух диполей, напоминающих букву "L", при этом 160-метровая антенна - это 80-метровый диполь (20 м + 2 x 30 м), 80-метровая антенна - 38-метровый диполь (20 м + 2 x 9 м).

Два диполя "L" сбалансированы относительно друг друга, поэтому антенна имеет минимум горизонтального излучения. Вы можете регулировать настройку

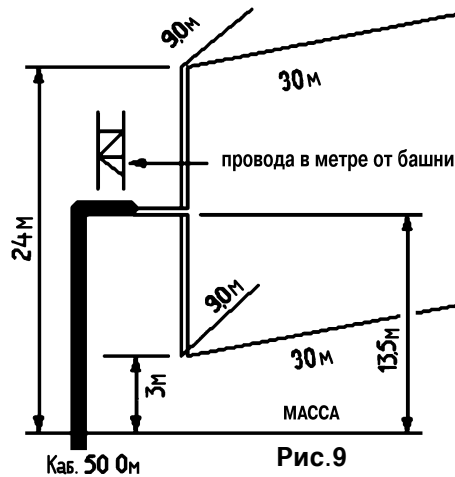


Рис. 9

антенны в резонанс, меняя длину нижних горизонтальных секций, т.к. маленькая асимметрия не сказывается на параметрах антенны. Полное входное сопротивление близко к 50 Ом на 160 м и к 70 Ом на 80 м. 160-метровая антенна представляет высокое сопротивление на 80 м, а 80-метровая антенна напоминает параллельный конденсатор, подключенный параллельно 160 м.

160-м. антенна охватывает 1800-1860 кГц при 2:1 SWR, пришлось отрезать 60 см от горизонтальной секции, чтобы сделать резонансной частоту 1830 кГц. Антенна 80 м в резонансе на 3750 кГц. VSWR примерно 2:1 по DX части телефонного диапазона. Нужно добавить диполям длину, чтобы охватить CW диапазон.

Добавим антенну с активным питанием на 14, 21, 28 МГц (<http://www.qrx.papod.ru>). На рис.10 показана конструкция такой антенны, ее установка является одним из компромиссных решений из-за невозможности установки у себя на крыше поворотной антенны на данный диапазон, что лучше чем применение радиолюбителями простых антенн типа "веревка".

Активное питание подразумевает возможность переключения ДН поквадрантно, как показано на рис.10, за счет изменения конфигурации антенны.

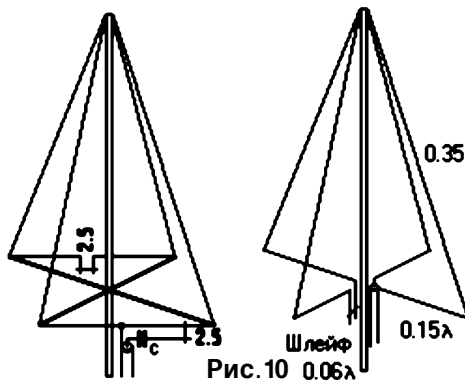


Рис. 10

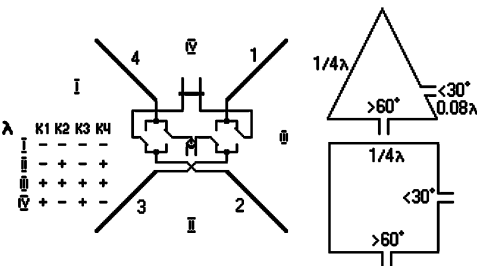


Рис. 11

Питание подключается от фидера, изображенного в центре рис.11, на вибратор и рефлектор через тройник, показанный на рис.12. Размеры d1 и d2 должны быть такими, чтобы сопротивление каждого плеча составляло 150 Ом, что вместе дает 75 Ом для согласования с кабелем. Соотношение между этими размерами определяется формулой

КВ антенны

$d1+d2=d+2\Delta L_R$,
 где d - расстояние между элементами,
 $d1$ - расстояние до рефлектора,
 $d2$ - расстояние до вибратора,
 $2\Delta L_R$ - конструктивное удлинение динии
 (соответствует 10...20 Ом);
 $d1-d2=\lambda\psi/(\epsilon 360^\circ)$,
 где λ - длина волны,
 ψ - сдвиг фаз ($180^\circ+45^\circ=225^\circ$),
 ϵ - коэффициент укорочения (для кабеля РК75-7-11 $\epsilon=1,52$).

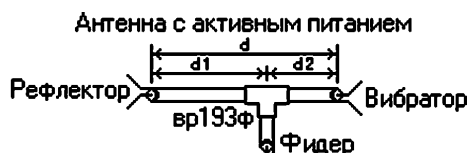


Рис. 12

В табл. 1 приведены параметры антенны на различные диапазоны.

Таблица 1

Частота	28	21	14
Длина рамок	10,8	14,3	21,9
Длина Г согласования	0,6	0,8	1,2
Длина распорок	18,3	24,4	36,6
Длина шлейфа	0,25	0,4	0,7
Емкость	70	90	120
Расстояние между рамок	1,37	1,83	2,74

Свои варианты улучшения характеристик рамочных антенн предложил В. Приходько EW8AU (<http://www.qrx.narod.ru>). Он считает, что существует несколько вариантов рамочных антенн, отличающихся друг от друга геометрической формой активного элемента, который может быть выполнен в виде круга или многоугольника, например, четырех или треугольника. В любом случае периметр рамки должен быть равен примерно длине волны. Наиболее удачной формой является квадрат, так как он представляет собой синфазную решетку из двух полуволновых укороченных вибраторов.

На рис.13а показан полуволновой вибратор, а на рис.13б — полуволновой укороченный вибратор, вертикальные стороны которого не излучают, а значит, и усиление укороченного вибратора будет меньше.

Но квадрат можно рассматривать как синфазную решетку из двух укороченных полуволновых вибраторов рис.13с, поэтому общее усиление рамочной антенны в виде квадрата будет больше, чем у одиночного полуволнового вибратора. Для настройки в резонанс общий периметр излучающей рамки должен быть на 1,5% больше λ (т.е. равна $1,015\lambda$).

Направленные свойства антенны, кроме ДН, выражаются количественной мерой — коэффициентом направленного действия (КНД) G . Этот важный параметр показывает, во сколько раз должна быть увеличена мощность, излучаемая антенной в главном направлении, если ее заменить ненаправленной антенной, излучающей одинаково во всех направлениях. Обычно КНД выражают в децибелах.

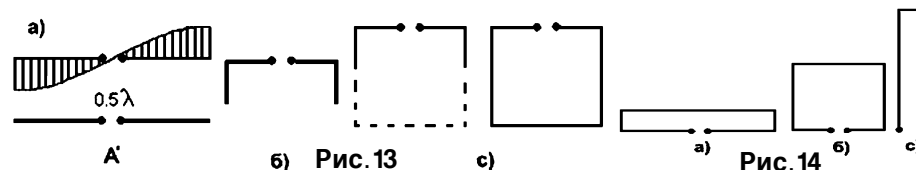
Так, например, полуволновой вибратор имеет КНД по мощности $G = 1,64$ (что

составляет 2,15 дБ). На практике чаще пользуются КНД, отнесенным к полуволновому вибратору. Легко видеть, что разница составляет 2,15 дБ. Так, например, если КНД антенны, отнесенной к идеальному излучателю, равен 10 дБ, то КНД, отнесенный к полуволновому вибратору, составит $10 - 2,15 = 7,85$ (дБ).

Иногда используют другой параметр, подобный КНД. Его называют "усилением" антенны. Он равен произведению КНД на КПД антенны. КПД учитывает все потери в антенне. Одиночный полуволновой вибратор имеет $G=2,15$ дБ, вибратор в виде квадрата — 3,1 дБ.

Мнение о том, что рамочные антенны менее подвержены промышленным низкочастотным помехам, необоснованно. Разрезной полуволновой вибратор, имеющий симметрирующее устройство в виде короткозамкнутого четвертьволнового шлейфа, в такой же степени защищен от низкочастотных промышленных помех, как и рамочный излучатель.

Рассмотрим влияние конфигурации рамки (рис.14) на параметры антенны. Изменение конфигурации рамки при одной и той же длине проводника приводит к ухудшению КНД, изменению входного сопротивления и поляризации излучающего элемента.

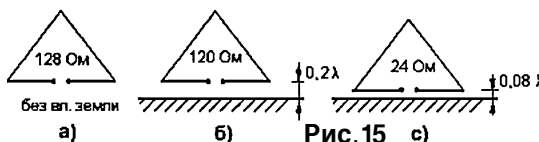


Превращая квадрат в петлевой вибратор (рис.14а), мы уходим от синфазной укороченной решетки. Это приводит к падению усиления и росту сопротивления. Вытягивая квадрат в высоту, приходим к неизлучающей двухпроводной линии (рис.14с).

В "дельте" (или треугольнике) в трех острых углах токи текут встречно, образуя неизлучающие участки, т.е. уменьшается апертура, и, соответственно, падает усиление. При низком размещении антенны над землей, наибольшее влияние земля оказывает на треугольник, запитанный в середину нижней стороны.

Теория и практика показывают, что вибратор с горизонтальной поляризацией, расположенный близко от проводящей поверхности, образует со своим зеркальным отображением плохо излучающую систему (условно можно считать, что процессы в такой системе похожи на процессы в двухпроводной линии).

На рис.15 показано изменение входного сопротивления антенны типа "треугольник" при разной высоте подвеса над землей.



На НЧ-диапазонах наиболее удачным вариантом конфигурации и размещения рамки относительно земли является "квадрат", установленный на одном из углов и

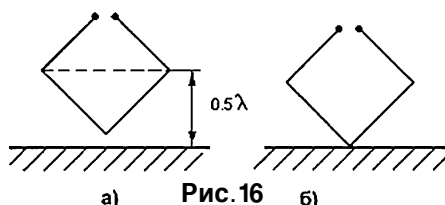


Рис. 16

запитанный сверху (рис. 16). По высокой частоте нижний угол является точкой нулевого потенциала, и его смело можно (и нужно) заземлить.

Для улучшения формы диаграммы направленности и усиления, оптимальная высота подвеса должна составлять $0,5\lambda$ от геометрического центра фигуры (рис. 16а), но т.к. квадрат является синфазной решеткой, можно поставить нижний угол прямо на землю, немного потеряв при этом в усилении (рис. 16б).

Еще один положительный фактор заключается в том, что на квадрат, установленный на одном из углов и запитанный сверху, мачта практически не оказывает никакого влияния. Квадрат запитывается в верхней точке при помощи короткозамкнутого четвертьволнового шлейфа, который несет в себе сразу две функции, являясь трансформатором сопротивлений и симметрирующим устройством.

Шлейф представляет собой двухпроводную линию длиной $0,25\lambda$, закороченную с нижнего конца. Он может быть выполнен из антенного канатика (рис. 17), являясь продолжением полотна рамки, или из биметалла. Расстояние между проводниками шлейфа — 50...150 мм (не критично).

При помощи ВЧ-моста или КСВ-метра в верхней части шлейфа находится точка подключения кабеля питания. На НЧ-диапазонах в одиночных квадратах стороны рамки могут выполнять роль части оттяжек, поддерживающих мачту.

Если позволяет место, оттяжки можно удлинить до $0,5\lambda$ и использовать как дополнительные антенны для создания синфазной решетки с большим коэффициентом усиления (рис. 18).



Рис. 17

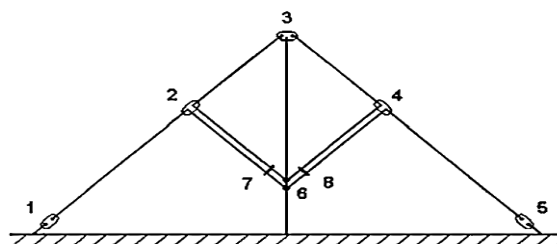


Рис. 18

Для этого параллельно нижним полотнам квадрата установлены дополнительные проводники, образующие двухпроводные линии.

В точках 2 и 4 эти проводники крепятся к изоляторам и переходят в полуволновые вибраторы-оттяжки (отрезки 1-2 и 4-5). Двухпроводные линии в точке 6 закорочены и заземлены на мачту.

В результате мы получили два короткозамкнутых четвертьволновых шлейфа,

которые являются фазосдвигающими цепями, запитывающими два дополнительных вибратора. В точках 7 и 8 требуется установить короткозамыкатели для регулировки длины шлейфов.

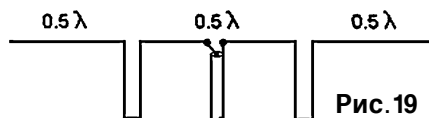
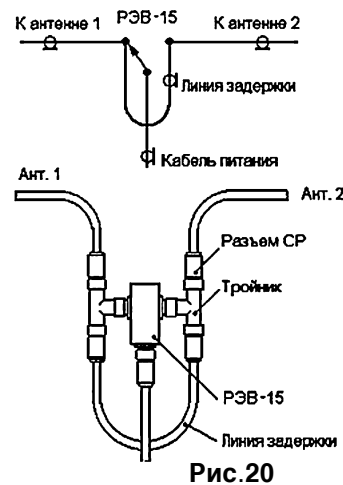


Схема эквивалентна запитке обычной коллинеарной антенны (рис.19).

На базе такой антенны возможно изготовление двухэлементной антенны с активным питанием элементов, в которой можно изменять или переключать диаграмму направленности. Антенны располагаются параллельно друг другу на расстоянии $0,15 \pm 0,25\lambda$.

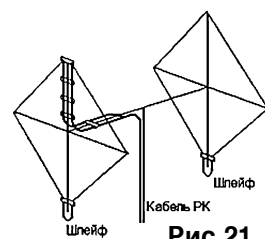
Схема питания двухэлементной антенны с переключением диаграммы направленности показана на рис.20 (аналогично предыдущему, только форма рамки может быть произвольной).

Длина линии задержки зависит от расстояния между антеннами. Если расстояние между антеннами составляет $0,25\lambda$, то длина линии задержки равна 90λ . Длина кабеля линии задержки равна $0,25\lambda - k$ (где k — коэффициент укорочения кабеля).



Отрезки кабеля, соединяющие обе антенны, могут быть любой длины, главное, чтобы они были равны между собой. Кабель, соединяющий антенны, и кабель линии задержки имеют волновое сопротивление 75 Ом .

При соединении двух антенн сопротивление в точке подключения реле составит $37,5 \text{ Ом}$, поэтому после реле необходимо установить четвертьволновый отрезок кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом , тем самым, трансформируя $37,5 \text{ Ом}$ в 75 Ом . 75-омный кабель, который проложен к передатчику, может иметь произвольную длину.



Поворотные антенны типа двойной квадрат также целесообразно располагать как квадрат, установленный на одном из углов и запитанный сверху (рис.21).

Такая конструкция более ветроустойчива, в точку питания не затекает вода, настроечные шлейфы находятся в нижней части рамок, что создает дополнительные удобства при их настройке. Четвертьволновое симметрирующее устройство, выполненное из РК-кабеля, крепится к верхней вертикальной стойке.

Рассмотрим конструкцию узла крепления симметрирующего устройства и

полотна рамки (рис.22).

1. Кабель РК.
2. Несущая вертикальная стойка.
3. Антенный канатик или провод (полотно рамки).
4. Диэлектрическая крышка.
5. Изолятор (пластина из стеклотекстолита).
6. Медные или латунные пластинки для распайки РК — кабеля и полотна.

Крышка по одному из размеров больше изолятора (для создания вентиляционных щелей). Симметрирующий мостик крепится к вертикальной стойке в нескольких местах изоляторами, показанными на рис.23.

Окончательную настройку антенны необходимо производить на высоте ее постоянной эксплуатации или не ниже $0,5\lambda$ от земли. Для такой настройки необходимо изготовить несложные приспособления, позволяющие изменять периметр рамок дистанционно.

На рис.24 показан один из вариантов изготовления узла, позволяющего дистанционно изменять длину настроечного шлейфа каждой из рамок. Этот узел состоит из стеклотекстолитовой пластины (2), которая крепится к нижней трубе (1).

На этой пластине крепится латунная или медная пластина (3) с роликом (4) и прижимным механизмом (рычаг и пружина), который фиксирует ролик и не позволяет ему произвольно проворачиваться, обеспечивая дополнительный контакт шлейфа с полотном ролика.

Шлейф (5) выполнен из медного канатика. Длина шлейфа регулируется с помощью капроновых шнурков (6). Ролик (7) и корпус (8) изготовлены из пластмассы.

При настройке элементов антенну временно фиксируют двумя дополнительными оттяжками, чтобы конструкция не раскачивалась во время настройки.

Вначале производят настройку активного элемента в резонанс, контролируя этот процесс ВЧ-мостом или с помощью КСВ-метра. Затем настраивают рефлектор по максимальному подавлению заднего лепестка диаграммы направленности антенны.

Настройка осуществляется с помощью измерительного зонда, расположенного на расстоянии не менее 2λ от антенны. После настройки рефлектора необходимо еще раз подстроить активный элемент. Эти операции повторяются несколько раз.

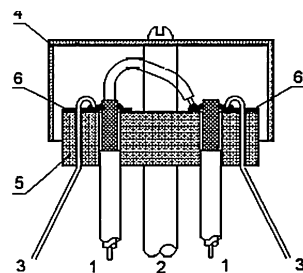


Рис.22

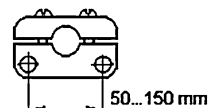


Рис.23

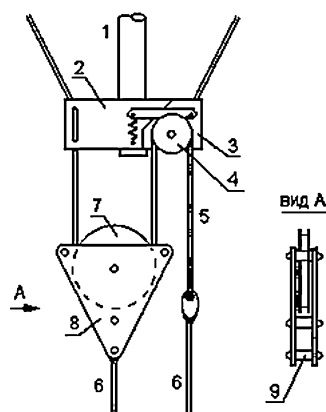


Рис.24

После окончательной настройки антенна опускается вниз и измеряется длина настроенных шлейфов на каждой из рамок. После этого с узла снимается ролик (4), прижим, пружина и пластмассовый блок. Гибкий шлейф меняют на жесткий, выполненный из биметалла, фиксируя его на пластине (2).

Симметрирующий короткозамкнутый шлейф (рис.25) изготавливается из того же кабеля, которым запитывается антенна. Его длина — $0,25...0,96\lambda$, в нижней части шлейфа оплетки спаяны перемычкой. По длине шлейфа установлены несколько изоляторов, выполненных из фторопласта или любой другой пластмассы (рис.23). К точкам А подпаивается полотно рамки активного элемента (рис.22). В правом четвертьволновом отрезке шлейфа центральная жила кабеля не используется. Расстояние между проводниками 50...150 мм.

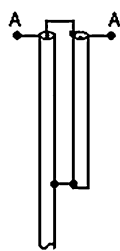


Рис.25

Короткозамкнутый четвертьволновый шлейф, являясь симметрирующим устройством, дополнительно несет несколько функций: улучшает КСВ по краям диапазона и является дополнительным фильтром верхних частот (ФВЧ), снижая уровень низкочастотных промышленных помех.

К наиболее неудачным конструкциям рамочных антенн следует отнести антенны типа G4ZU или им подобные, где рамки расположены не параллельно друг другу. Степень подавления заднего лепестка в диаграмме направленности такого типа антенн напрямую связана с углом прихода радиоволн.

На трассах разной протяженности с изменением угла прихода подавление заднего лепестка может колебаться от нуля до максимум 12 дБ, коэффициент усиления таких антенн всегда ниже, чем у классических антенн, имеющих такое же количество элементов. Это связано с наличием больших боковых лепестков.

Еще одна разновидность рамочной антенны, похожей на рис.10, но с поворотным устройством электромеханического типа вместо вращения ДН,

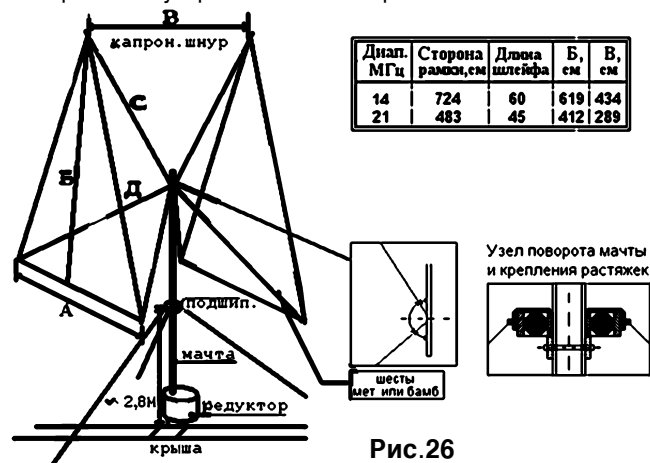


Рис.26

предложил Н. Шадрин RZ4HX (<http://un7ppx.narod.ru>). На рис.26 представлены исчерпывающие сведения, остальное - аналогично уже рассмотренному выше.

Интересные описания антенн представлены на сайте <http://www.antenna.be>. Вот некоторые из них, которые можно применять в радиолуби-

тельской практике. На **рис.27** показана горизонтально поляризованная логопериодическая антенна (широкополосная и направленная антенна с высоким коэффициентом усиления), предназначенная для работы во всем диапазоне коротких волн.

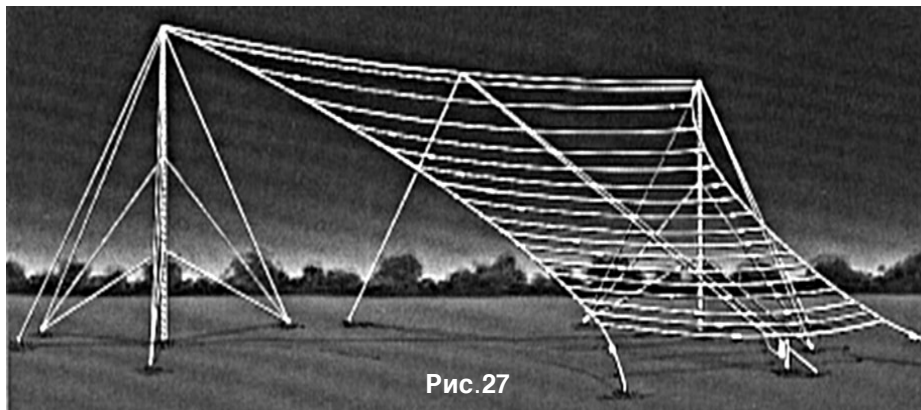


Рис.27

Диаграмма направленности излучения вообще одинакова во всем частотном диапазоне антенны, однако можно изменить конструкцию так, чтобы удовлетворить наперед заданным особым требованиям. Боковые лепестки имеют низкий уровень по всей дальности действия этих антенн, обеспечивая хорошую защиту от помех. Вид ДН в вертикальной (В) и горизонтальной (Г) плоскостях показан на **рис.28**.

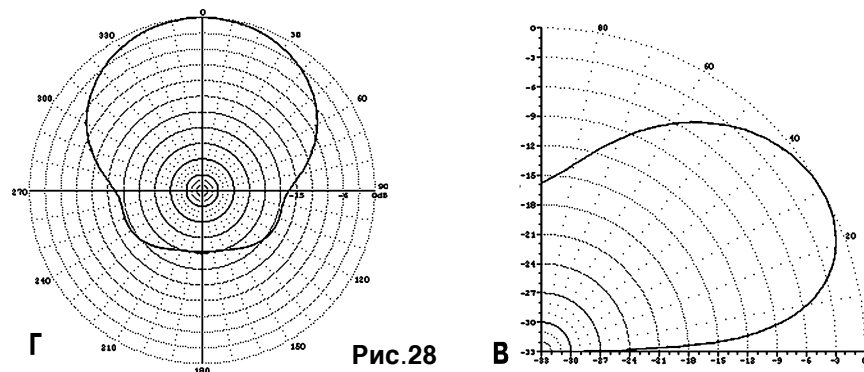


Рис.28

Структура антенны состоит из ряда широкополосных диполей, которые запитываются по центру структуры. Противовес здесь не требуется, так как эффект заземляющей проводимости не влияет на параметры антенны.

Горизонтальная логопериодическая антенна позволяет прямое подключение к 300-омной согласованной воздушной 2-проводной питающей линии или к коаксиальному кабелю на 50 Ом через трансформатор симметрирующего устройства.

Система подвески антенны может быть или с единственной центральной мачтой, или с двумя мачтами с растяжкой антенны между ними. Размеры антенны: длина 43 м; ширина 43 м; высота 15 м.

Еще одна антенна с того же сайта, на этот раз широкополосная горизонтальная дипольная антенна, у нас она называется диполем Надененко (**рис.29**). Эта антенна очень проста в изготовлении и обладает эффективными параметрами. Она собирается из прямого провода длиной в половину длины волны, его питание подается с центра.

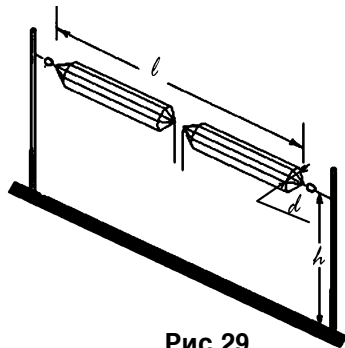
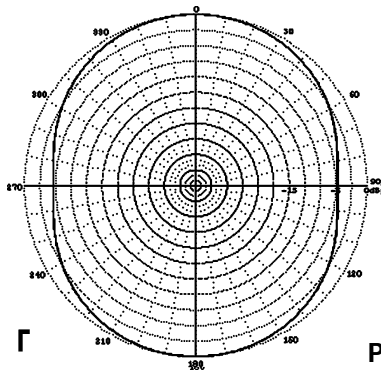


Рис.29

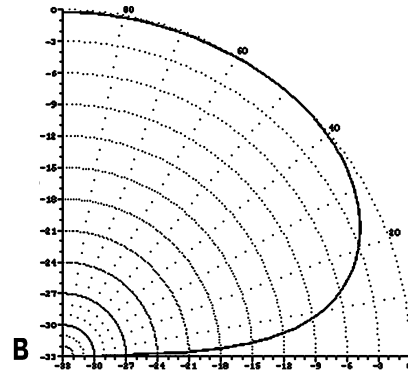
Особенностью конструкции диполя Надененко является большой диаметр вибраторов относительно их длины, это достигается формированием тела вибратора с помощью параллельных проводников, закрепляемых вокруг круглого каркаса так, что они образуют цилиндр. За счет большого диаметра этих цилиндров антенна обладает широкополосностью.

Поляризация горизонтальной дипольной антенны горизонтальная. Размеры антенны: длина $l=5-150$ м, высота $h=5-75$ м, диаметр цилиндра вибратора $d=0,5-1$ м. Диаграмма направленности представлена на **рис.30**.



Г

Рис.30

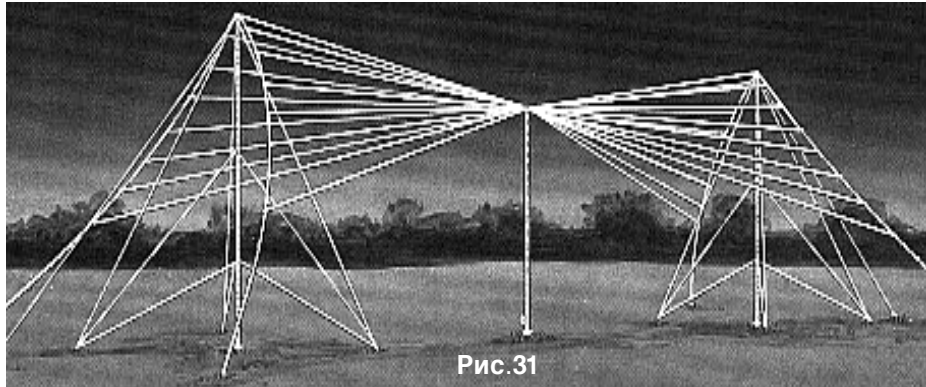


В

И еще один экземпляр наземной антенны из того же источника. На **рис.31** показан внешний вид широкополосной дипольной антенны с отличными характеристиками для КВ диапазона и части СВ диапазона.

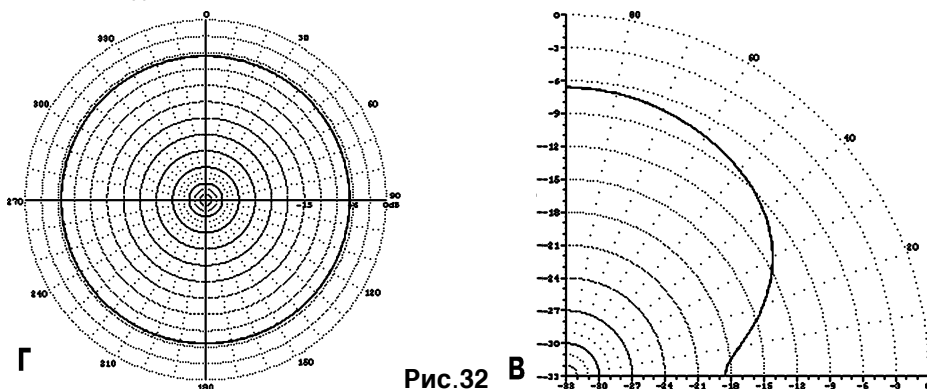
Антенная диаграмма направленности излучения (**рис.32**) имеет высокий угол наклона к горизонту на низких частотах коротковолнового диапазона и более низкий угол наклона на высоких частотах средневолнового диапазона.

Диаграмма направленности в азимутальной плоскости, по-существу, всенаправленная. На более высоких частотах азимутальная ДН приближается к ДН



диполя. Широкополосная дипольная антенна не требует настройки, таким образом, нет потребности в согласовании антенны с помощью дополнительного устройства со связанными с этим процессом потерями, и полная мощность передается в антенну для излучения.

Широкополосность идеальна для многоканального оборудования или использования синтезаторов частот для формирования сигнала в любой точке частотного диапазона.



Антенна включает две горизонтальных конических секции, элементы которых подсоединены в центре к обычной линии передачи. Антенна натянута между двумя мачтами поддержки. Ее размеры: длина 26-76 м, ширина 15-46 м, высота 7-26 м.

Подробную инструкцию по изготовлению рамочной 4-футовой (1,2 м) антенны мы нашли в Интернете некоторое время назад, а сейчас уже ее не найдешь, потому что в результате развода поисковых сайтов Yahoo и Google многие сайты оказались вне поля зрения. Однако скрупулезность, с которой автор излагает порядок действий по сборке антенны, достоин уважения и побуждает к самостоятельному изготовлению своих разработок.

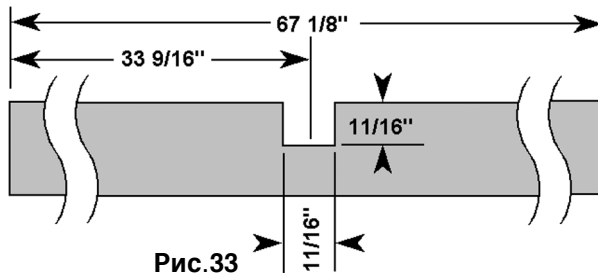


Рис.33

Итак, вырежьте 2 бруска древесины длиной 67 1/8 дюйма (170,5 см) и толщиной 1 3/8 дюйма (3,5 см), пропилите посередине паз 11/16 x 11/16 дюймов (1,8x1,8 см) (рис.33).

Скрепите два бруска паз в паз в виде буквы "X" (рис.34). Соединение должно

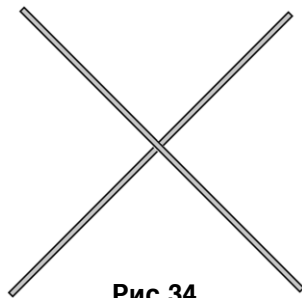


Рис.34

быть прочное, а бруски - расположены под углом 90°. Бруски можно посадить на столярный клей или закрепить шурупом, если предполагается демонтаж.

Используя части отходов, появившихся при изготовлении брусков, сделайте 3 блока по 8 дюймов (20 см) и один блок 12 дюймов (30 см). Блок 12 дюймов будет выполнять функцию блока настройки и поддержки проводов, другие три будут поддерживать провода. В середине каждого из 3 блоков по 8 дюймов просверлите два раздельные отверстия в 1/8 дюйма (0,3 см) на расстоянии 3/4 дюйма (2 см) для деревянных винтов (рис.35).

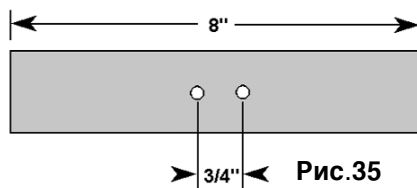


Рис.35

Приготовьте поворотный блок, как показано на рис.36, 37. Приверните клеммник двумя деревянными винтами. Закрепите подстроечный конденсатор к

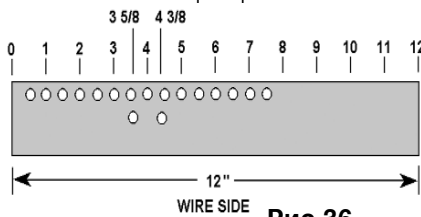


Рис.36

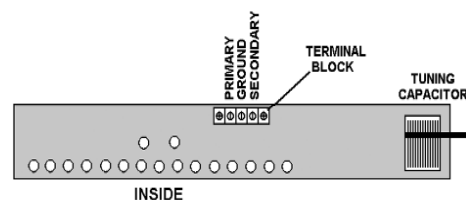


Рис.37

панели винтами, связующим веществом или лентой ПВХ. Если подстроечный конденсатор должен быть расположен удаленно из-за того, что антенна установлена на открытом воздухе, поместите его в защищенном от атмосферных воздействий наружном корпусе. Подстроечный конденсатор может быть соединен с дистанционно управляемым шаговым двигателем для удаленной настройки.

Закрепите три держателя проводов и один держатель-блок настройки к концам брусков сделанной "X". Может быть, необходимо засверлить концы брусков,

поскольку древесина имеет обыкновение раскалываться. Деревянный клей тоже может помочь (рис.38).

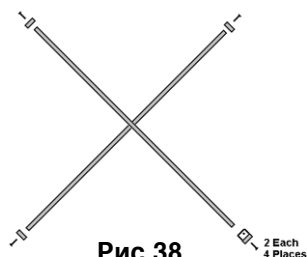


Рис.38

Делайте пометку на расстоянии 1 дюйма с каждого конца из блоков поддержки проводов (рис.39).



Рис.39

Осторожно протяните один конец провода через третье отверстие, считая от подстроечного конденсатора, на блоке настройки (рис.40). Закрепите конец к заземляющему винту на клеммнике. Тщательно сделайте 9 оборотов провода вокруг

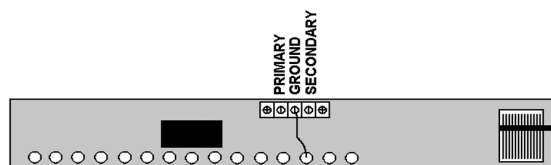
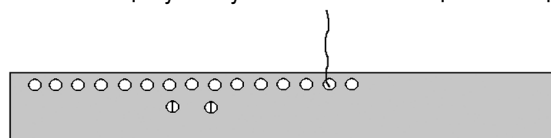


Рис.40

внешней стороны рамки (рис.41). Это будет весьма сложное и временами неуправляемое занятие, поэтому лучше разместить рамку горизонтально на полу и пользоваться при намотке провода шпилькой. Держите провод натянутым!

В конце 9 оборота протяните свободный конец провода через отверстие в блоке настройки (рис.42) и

закрепите первым по счету винтом на клеммнике. Распределите все 9 витков

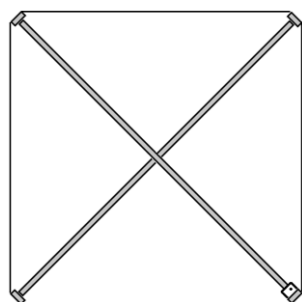


Рис.41

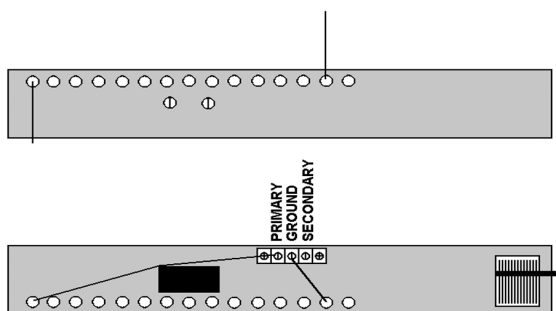


Рис.42

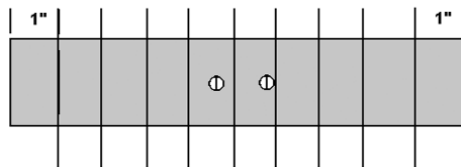


Рис.43

равномерно между двумя пометками на каждой поддержке или между двумя проводами на блоке настройки (рис.43).

Сделайте еще один виток провода от заземляющего винта вокруг поддержек на рамке ко вторичному винту на блоке настройки (рис.44).

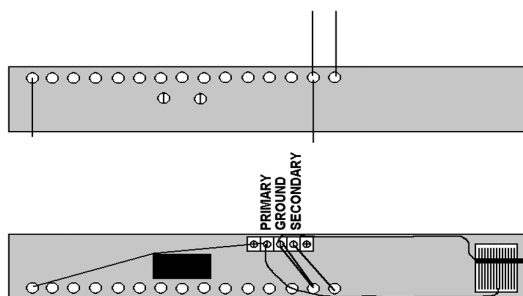


Рис.44

Соедините “землю” подстроечного конденсатора к заземляющему винту клеммника. Соедините другой вывод подстроечного конденсатора к первичному винту клеммника (рис.44).

Соедините заземляющий винт на клеммнике к массе трансивера. Присоедините вторичный винт на клеммнике к антенному входу трансивера.

Используйте коаксиальный кабель или витую пару для соединения с трансивером.

Если трансивер имеет ферритовую антенну, используются два метода соединения. Можно обернуть несколько витков провода вокруг ферритового стержня в конец бруска напротив существующих витков и соединить эти витки к кабелю.

Другой метод состоит в том, чтобы заменить ферритовый стержень рамкой. Подстроечный конденсатор в этом случае не используется. Удалите ферритовый стержень в трансивере и первичную обмотку, параллельную подстроечному конденсатору. Вторичная обмотка рамки привязывается к вторичной обмотке в трансивере.

Несмотря на столь подробное описание, сама конструкция проста и отличается от других тем, что корпус рамки здесь не сплошной, а вообще отсутствует, кроме поддержек на концах крестовины. Это существенно облегчает конструкцию без потерь в эффективности самой антенны.

Полезная информация. В завершение обзора представляем активную

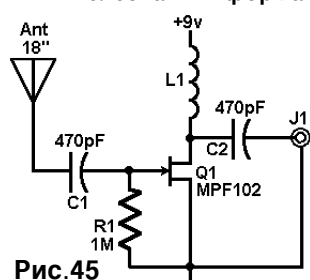


Рис.45

всediaпазонную антенну (“Popular Electronics” Magazine, Jul,89). Схема этой антенны (рис.45) может использоваться для AM, FM и на КВ. В КВ диапазоне эта активная антенна сопоставима с 6-10-метровыми проводными антеннами. Схема антенны разработана для того, чтобы использоваться в приемниках, в которых применяются ненастроенные проводные антенны, типа недорогих устройств и автомобильных магнитол. Катушка L1 может подбираться для

Полезная информация

конкретного применения. 470 мкГн достаточно для работы катушки на более низких частотах. Для КВ диапазона нужно 20 мкГн. Питание схемы от батареи на 9 В. Если электропитание используется, заблокируйте источник конденсатором на 0,04 мкФ, чтобы предотвратить самовозбуждение. Антенна, используемая с этой схемой, стандартная, 50 см телескопический штырь. Выход схемы с контакта J1 присоединяется ко входу приемника.

Конструкция антенн Г. Беликова RV1AU (<http://www.cqham.ru/ant10.htm>)

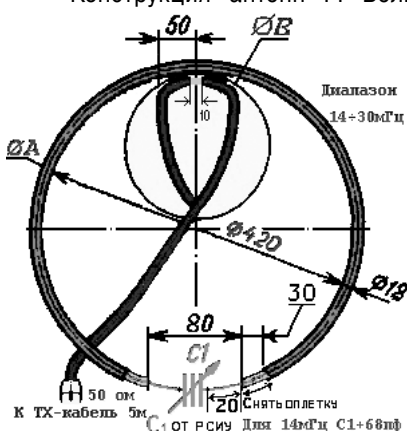


Рис.46

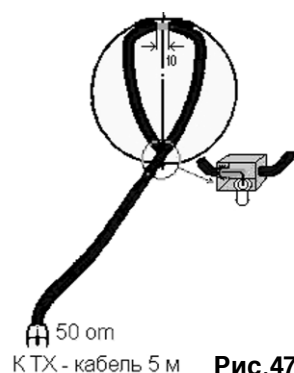


Рис.47

представлена на **рис.46**. Автор изготавливает антенну из коаксиального кабеля с внешним диаметром 18 мм. Изоляция снимается на 20 см до центральной жилы. Конденсатор дифференциальный, от авиационной радиостанции РСИУ-3, должен иметь зазор между пластинами 1,5-2 мм для мощности 100 Вт. Можно использовать двухсекционный от старых ламповых радиовещательных приемников, подключив только статорные пластины к антенне. Антенна очень узкополосна, настраиваться на диапазоне нужно осторожно чтобы получить КСВ=1,1-1,3. Лучше взять емкость C1=50 пФ, тогда, установив переключатель, подключать дополнительные емкости на каждый диапазон. Емкость для 14 МГц 68 пФ, конденсаторы керамические высоковольтные типа КУ-15.

Для подключения к радиостанции необходимо использовать коаксиальный кабель с соответствующим волновым сопротивлением 50-75 Ом с ВЧ разъемом. Другой конец кабеля изгибается в петлю (предварительно центральная жила и оплетка закорачиваются) и конец осторожно припаивается к оплетке (**рис.47**), это место тщательно изолируется. В верхней точке петли внешняя изоляция и оплетка удаляются на 10

мм, место тщательно изолируется. Крепят петлю к антенне изолянтной. Отношение диаметра антенны к петле связи 5:1.

С. Сушко UA9LBG для диапазона 27-28 МГц предложил конструкцию антенны, которую можно найти на сайте <http://www.qrz.ru>. Схематическое изображение антенны показано на **рис.48**. Три вертикальных полуволновых вибратора с j-образным согласованием, активным питанием всех элементов объединены в

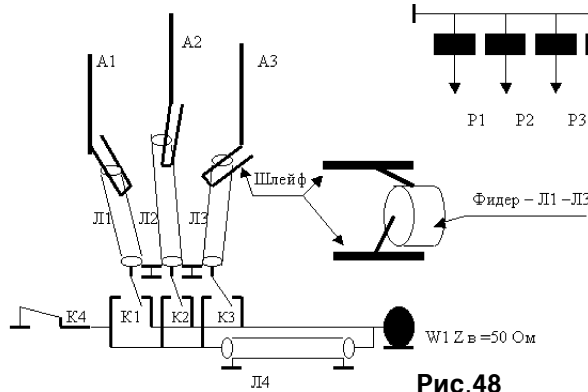


Рис.48

систему с фазовым сканированием по трем сторонам света. Данная конструкция однодиапазонна, имеет широкую диаграмму направленности в виде кардиоиды (кленового листа), с усилением порядка 5,5 - 5,7 дБ, слабо излучает назад при отношении F/B = 30 -

35 дБ. Сопротивление по входу = 50 Ом, при КСВ <1,1 - 1,2.

Вибраторы расположены на равном расстоянии друг от друга 0,28 - 0,29λ, проецируя на землю правильный треугольник. Все три вибратора соединены с коммутатором фаз посредством коаксиальных линий Л1; Л2; Л3, длина которых составляет λ/2K, где K=0,66 - коэфф. укорочения коаксиальной линии с полиэтиленовой изоляцией. Волновое сопротивление этих линий Zв составляет 50 или 75 Ом. Антенный коммутатор состоит из линии задержки Л4 и контактов К1 - К4 в виде герконовых реле. Линия задержки изготовлена из коаксиального кабеля с Zв = 75 Ом и длиной λ/4K.

На схеме все реле Р1 - Р4 обесточены, а их контакты находятся в том состоянии, когда антенная система находится в режиме кругового обзора. Усиление в этом случае на 3,5-4 дБ ниже режима направленного действия. Линия задержки Л4 в этом режиме выполняет роль полосового фильтра, что не маловажно в условиях тяжелой электромагнитной обстановки в густо населенных районах. В режиме направленного действия контакты К4 разомкнуты, и линия Л4 выполняет функцию фазосдвигающего элемента. В режиме направленного действия на две из трех обмоток реле Р1; Р2; Р3 всегда подается напряжение, так что два соответствующих вибратора питаются с задержкой по фазе на 90° относительно третьего и тем самым формируют диаграмму направленности.

После настройки первой антенны в резонанс по минимуму КСВ, планку шлейфа, соединенную с фидером Л1 (Л2;Л3), передвигают выше к вибратору до показаний КСВ - метра = 3. Данная операция предусматривает начальную настройку антенны на Zв = 50 Ом, а далее на Zв = 150 Ом. Эти действия позволили вначале настроить антенну полностью в резонанс, а затем подготовить ее для подключения к коммутатору. Настроенную антенну нагружают резистором в 150 Ом и настраивают таким же методом остальные две антенны. После завершения этих процедур, восстанавливают все соединения согласно схемы.

Электронные наборы для радиолюбителей

Код	Наименование набора	Цена, грн.	Код	Наименование набора	Цена, грн.
МК318	Модуль защиты автомобильного аккумулятора	67	АК059	Высокочастотный пьезоизлучатель	32
МК319	Модуль защиты от накали	49	АК076	Миниаторный пьезоизлучатель	25
МК320	Проблесковый маячок 5...12 В/1 А/1...2,5 Гц	39	АК095	Инфракрасный отражатель	25
МК321	Модуль предусилителя 10 Гц...100 кГц	60	АК109	Датчик для охранных систем	34
МК324	Программируемый модуль 4-канального ДУ 433 МГц	195	АК110	Датчик для охранных систем (торцевой)	30
МК324/перед.	Дополнительный пульт для МК324	113	АК157	Ультразвуковой пьезоизлучатель	58
МК324/прием.	Дополнительный приемник для МК324	80	МК035	Ультразвуковой модуль для отпугивания насекомых	89
МК325	Модуль лазерного шоу	96	МК056	3-полосный фильтр для акустических систем (модуль)	43
МК326	Декодер VIDEO-CD (ELE-680-M1-VCD MPEG-card)	269	МК063	Универсальный усилитель НЧ 3,5 В (модуль)	56
МК327	Телеграфный манипулятор "СТЕЛС"	270	МК064	"Бегущие огни" 220 В/50 Вт	94
МК328	Телеграфный манипулятор "ЭКЛИПС"	340	МК067	Регулятор мощности 1200 Вт/220 В (модуль)	82
МК350	Отпугиватель грызунов "ТОРНАДО" (модуль)	174	МК071	Регулятор мощности 2600 Вт/220 В (модуль)	84
НК001	Преобразователь напряжения 12 В в 6...9 В/2 А	38	МК072	Универсальный усилитель НЧ 18 Вт (модуль)	82
НК002	Сирена воздушной тревоги 2 Вт	28	МК074	Регулируемый модуль питания 1,2...30 В/2 А	73
НК004	Стабилизированный источник питания 6 В - 9 В - 12 В/2 А	59	МК075	Ультразвук. отпугиватель насекомых и грызунов (модуль)	92
НК005	Сумеречный переключатель	55	МК077	Имитатор лая собаки (модуль)	73
НК005/в кор.	Сумеречный переключатель с корпусом	73	МК080	Электронный отпугиватель подземных грызунов (модуль)	88
НК008	Регулятор мощности 2600 Вт/220 В	56	МК081	Соглас. трансформатор для пьезоизлучателя (модуль)	40
НК010	Регулируемый источник питания 0...12 В/0,8 А	38	МК084	Универсальный усилитель НЧ 12 Вт (модуль)	63
НК013	Электронный предохранитель	52	МК085	Проблесковый маячок 220 В/300 Вт (модуль)	95
НК014	Усилитель НЧ 12 Вт (TDA2003)	69	МК107	Стац. ультразвуковой отпугиватель насекомых и грызунов	66
НК016	Полицейская сирена 15 Вт	31	МК113	Таймер 0...30 минут (модуль)	65
НК017	Преобразователь напряжения для люминесцентных ламп	63	МК119	Модуль индикатора охранных систем	36
НК021	Кояк-сирена 15 Вт	29	МК152	Блок защиты электроприборов от молнии (модуль)	45
НК022	Стерефонический темброблок	90	МК153	Индикатор микроволновых излучений (модуль)	40
НК024	Проблесковый маячок на светодиодах	24	МК156	Автомобильная охранная сигнализация (модуль)	83
НК027	Регулируемый источник питания 1,2...30 В/2 А	49	МК284	Детектор инфракрасного излучения (модуль)	49
НК028	Ультразвуковой свисток для собак	53	МК286	Модуль управления охранными системами	203
НК029	Проблесковый маячок (технология SMD)	28	МК287	Имитатор видеокамеры наружного наблюдения (модуль)	56
НК030	Стереусилитель НЧ 218 Вт	94	МК290	Генератор ионов (модуль)	130
НК032	Голос робота	69	МК301	Лазерный излучатель (модуль)	151
НК033	Имитатор звука морского дзвеля	61	МК302	Преобразователь напряжения 24 В в 12 В	80
НК037	Регулируемый источник питания 1,2...30 В/4 А	62	МК304	4-кан. ЛРТ-коммутатор для упр-я шаговым двигателем	101
НК038	Дверной звонок	25	МК305	Устр-во упр-я шаговым двигателем (модуль)	136
НК040	Стерефонический усилитель НЧ 212,5 Вт	65	МК306	Модуль управления двигателем постоянного тока	97
НК043	Электронный гонг (3 тона)	64	МК308	Программируемое устр-во упр-я шаговым двигателем	131
НК045	Сетевой фильтр	46	МК317	Модуль 4-канального ДУ 433 МГц	165

Каждый набор состоит из печатной платы, компонентов, необходимых для сборки устройства, и инструкции по сборке

Электронные наборы для радиолюбителей

Код	Наименование набора	Цена, грн.	Код	Наименование набора	Цена, грн.
NK046	Усилитель НЧ 1 Вт	30	NK147	Антенный усилитель 50... 1000 МГц	58
NK050	Регулятор скорости вращения мини-дрели 12 В/50 А	55	NK148	Буквенно-цифровой индикатор на светодиодах 12 В	59
NK051	Большой проблесковый маячок на светодиоде	23	NK149	Блок управления буквенно-цифровым индикатором	71
NK052	Электронный репеллент (отпугиватель насекомых)	24	NK150	Программируемый 8-канальный коммутатор	188
NK057	Усилитель НЧ 22 Вт (TDA2005, мост.)	44	NK155	Сирена ФБР 15 Вт	28
NK058	Имитатор звука паровоза	70	NK289	Преобразователь пост. напряжения 12 В в 220 В/50 Гц	67
NK082	Комбинированный набор (термо-, фотореле)	52	NK291	Сигнализатор задмыленности	65
NK083	Инфракрасный барьер 50 м	87	NK292	Ионизатор воздуха	58
NK086	Фотоприемник	36	NK293	Металлоискатель	56
NK089	Фотореле	44	NK294	6-канальная светомузыкальная приставка 220 В/500 Вт	124
NK092	Инфракрасный прожектор	78	NK295	"Бегущие огни" 220 В 10г100 Вт	83
NK106	Универсальная охранная система	67	NK296	"Бегущие огни" 220 В 3г500 Вт	109
NK108	Термореле 0...150 °С	49	NK297	Стробоскоп	75
NK112	Цифровой электронный замок	94	NK298	Электрощок	111
NK114	Миниатюрная охранная система	29	NK299	Устройство защиты от накали	37
NK117	Индикатор для охранных систем	25	NK300	Лазерный световой эффект	110
NK120	Корабельная сирена 2 Вт	28	NK303	Устройство управления шаговым двигателем	83
NK121	Инфракрасный барьер 18 м	79	NK307	Инфракрасный секундомер со световым барьером	140
NK126	Сенсорный выключатель	59	NK307A	Дополнительный инфракрасный барьер для NK307	80
NK127	Передачик 27 МГц	63	NK314	Детектор лжи	46
NK128	Корабельная сирена "ТУМАН"	27	NK315	Отпугиватель кротов на солнечной батарее	80
NK130	"Космическая" сирена 15 Вт	35	NK316	Ультразвуковой отпугиватель грызунов	56
NK131	Преобразователь напряжения 6...12 В в 12...30 В/1,5 А	99	NM1011	Стабилизатор напряжения 5 В/1 А	40
NK133	Автомобильный антенный усилитель 12 В	28	NM1012	Стабилизатор напряжения 6 В/1 А	33
NK134	Электронный стетоскоп	64	NM1013	Стабилизатор напряжения 9 В/1 А	40
NK135	Звуковой сигнализатор уровня воды	29	NM1014	Стабилизатор напряжения 12 В/1 А	37
NK136	Регулятор постоянного напряжения 12...24 В/10...30 А	90	NM1015	Стабилизатор напряжения 15 В/1 А	45
NK137	Микрофонный усилитель	56	NM1016	Стабилизатор напряжения 18 В/1 А	39
NK138	Антенный усилитель 30...850 МГц	63	NM1017	Стабилизатор напряжения 24 В/1 А	39
NK139	Конвертер 100...200 МГц	89	NM1021	Регулируемый источник питания 1,2...20 В/1 А	38
NK140	Мостовой усилитель НЧ 200 Вт	133	NM1022	Регулируемый источник питания 1,2...30 В/1 А	56
NK141	Стереodecoder	48	NM1031	Преобразователь однополяр. пост. напр. в пост. двуполяр.	26
NK142	Индикатор сигнала на 30 светодиодах	98	NM1032	Преобразователь 12 В/220 В с радиаторами	124
NK143	Юный электротехник	56	NM1034	Преобразователь 24 В в 12 В/3 А	73
NK145	Звуковой сигнализатор уровня воды (SMD)	40	NM1035	Универсальный преобразователь 7...30 В в 1,2...20 В/3 А	79
NK146	Исполнительный элемент 12 В	28	NM1041	Регулятор мощности 650 Вт/220 В	61
NK146/в кор.	Исполнительный элемент с корпусом	45	NM1042	Регулятор температуры с малым уровнем помех	63

Каждый набор состоит из печатной платы, компонентов, необходимых для сборки устройства, и инструкции по сборке

Электронные наборы для радиолюбителей

Код	Наименование набора	Цена, грн.	Код	Наименование набора	Цена, грн.
NM2011	Усилитель НЧ 80 Вт с радиатором	110	NM4012	Датчик уровня воды	19
NM2011/MOSFET	Усилитель НЧ 80 Вт на полевых транзисторах	105	NM4013	Сенсорный выключатель	26
NM2012	Усилитель НЧ 80 Вт	81	NM4014	Фотоприемник	30
NM2021	Усилитель НЧ 4г+11 Вт/2г22 Вт с радиатором	77	NM4015	Инфракрасный детектор	30
NM2031	Усилитель НЧ 4г+30 Вт/2г60 Вт с радиатором	99	NM4016	Термореле 20...120°C	39
NM2032	Усилитель НЧ 4г+40 Вт/2г80 Вт с радиаторами	100	NM5032	Музыкальный электронный дверной звонок (7 мелодий)	87
NM2033	Усилитель 100 Вт без радиатора	60	NM5034	Корабельная сирена "ТУМАН" 5 Вт	25
NM2034	Усилитель НЧ 70 Вт TDA1562 (автомобильный)	93	NM5035	Звуковой сигнализатор уровня воды	28
NM2035	Усилитель Hi-Fi НЧ 50 Вт TDA1514	63	NM5036	Генератор Морзе	25
NM2036	Усилитель Hi-Fi НЧ 32 Вт TDA2050	50	NM5037	Метроном	25
NM2037	Усилитель Hi-Fi НЧ 18 Вт TDA2030A	42	NM5039	Музыкальный оповещатель звуковой	59
NM2038	Усилитель Hi-Fi НЧ 44 Вт TDA2030A+BD907/908	68	NM5101	Синтезатор световых эффектов	123
NM2039	Автомобильный УНЧ 2г+40 Вт TDA8560Q/8563Q	70	NM5201	Блок индикации "светящийся столб"	46
NM2040	Автомобильный УНЧ 4г+40 Вт TDA8571J	92	NM5202	Блок индикации - автомобильный вольтметр "свет. столб"	49
NM2041	Автомобильный УНЧ 22 Вт TDA1516BQ/1518BQ	43	NM5301	Блок индикации "бегущая точка"	44
NM2042	Усилитель 140 Вт TDA7293	100	NM5302	Блок индикации - автомобильный вольтметр "бег. точка"	46
NM2043	Мощный автоусилитель мостовой 4г+77 Вт (TDA7560)	206	NM5401	Автомобильный тахометр на инд. "бег. точка"	55
NM2051	Двухканальный микрофонный усилитель	30	NM5402	Автомобильный тахометр на инд. "свет. столб"	53
NM2111	Блок регулировки тембра и громкости (стерео)	100	NM6011	Контроллер электромеханического замка	151
NM2112	Блок регулировки тембра и громкости (стерео)	85	NM8011	Тестер RS-232	15
NM2113	Электронный коммутатор сигналов	71	NM8012	Тестер DC-12V	15
NM2114	Процессор пространственного звучания (TDA3810)	56	NM8013	Тестер AC-220V	13
NM2115	Активный фильтр НЧ для сабвуфера	45	NM8021	Индикатор уровня заряда аккумулятора DC-12V	20
NM2116	Активный 3-полосный фильтр	51	NM8022	Зарядное устройство для батареек Ni-Cd/Ni-Mh	119
NM2117	Активный блок для сабвуферного канала	66	NM8041	Металлоискатель на микроконтроллере	160
NM2118	Предварительный стереофон, регул. усилитель	45	NM8042	Импульсный металлоискатель на микроконтроллере	239
NM2202	Логарифмический детектор	26	NM8051	Частотомер, универсал, цифр. шкала (базовый блок)	165
NM2223	Стерео индикатор уровня сигнала "бегущая точка"	84	NM9211	Программатор для МК AT89S90S фирмы ATMEL	122
NM3101	Автомобильный антенный усилитель	28	NS182.2	4-кан. часы-таймер-термометр	174
NM3201	Приемник УКВ ЧМ (стерео)	134	NS312	Цифровой термометр с ЖК-дисплеем	164

Каждый набор состоит из печатной платы, компонентов, необходимых для сборки устройства, и инструкции по сборке. Все, что нужно сделать, - это выбрать из каталога заинтересовавший Вас набор и с помощью паяльника собрать готовое устройство. Если все собрано правильно, то устройство заработает сразу без последующих настроек. Если в названии набора стоит обозначение (модуль), то это означает, что набор не требует сборки и готов к применению. Вы можете возмозможность заказать эти наборы через редакцию. Стоимость, указанная в прайс-листе, не включает в себя почтовые расходы, что составляет при общей сумме заказа: от 1 до 49 грн. - 5 грн., 50...99 грн. - 8 грн., 100...149 грн. - 10 грн., 150...199 грн. - 13 грн., 200...500 грн. - 15 грн.

Для получения заказа Вам необходимо прислать заявку на понравившийся Вам набор по адресу: «Издательство «Радиоаматор», ("МАСТЕР КИТ"), а/я 50, Киев-110, 03110. В письме четко укажите кодовый номер изделия, его название и Ваш обратный адрес. Заказ высылается наложенным платежом. Срок получения заказа по почте 2-4 недели с момента получения заявки. Цены на наборы могут незначительно меняться как в одну, так и в другую сторону. Номера телефонов для справок и консультаций: 219-30-20, 213-09-83, e-mail: val@sea.com.ua. Ждем Ваших заказов.

Подобрать информацию Вы можете получить, прочитав книгу «Собери сам 55 электронных устройств из наборов "МАСТЕР КИТ"» (см. "Книга-почтой")

Книга-почтой

При покупке книг на сумму более 60 грн. получаете в подарок каталог "Вся радиоэлектроника Украины"!!!

"Радиоаматор" - лучшее за 10 лет. Сборник. К.: Радиоаматор, 2003г., 288 с.	20.00
Собери сам 55 электронных устройств из наборов "МАСТЕР КИТ" М.: Додока, 2003г. 272с.	25.00
Импульсные источники питания телевизоров. Янковский С.М., Н.ИТ, 2003г. 380с.	34.00
Источники питания моноблоков и телевизоров. Лукин Н.В. Н.ИТ., 136с. А4	14.00
Зарубежные микросхемы, транзисторы, диоды А...З. Справочник. Изд. 2-е пер. и доп., 2003г., 760 с.	54.00
Микроконтроллеры для видео- и радиотехники. Вып. 18. Спр.-М. Додока, 2001г., 208 с.	24.00
Микросхемы для импортных видеомагнитофонов. Справочник.-М.: Додока, -288с.	24.00
Микросхемы для совр. импортных телевизоров. Вып. 4., 22 Справочник.-М.: Додока, 2003г., 288с.	24.00
Микросхемы современных телевизоров. "Ремонт" №33 М.: Солон, 2008 с.	15.00
Микросхемы соврем. заруб. усилителей низкой частоты. Вып. 7, вып. 9. Спр. По 288 с.	24.00
Микросхемы для современных импульсных источников питания. Вып. 11. Спр.-288 с.	26.00
Микросхемы для импульсных источников питания. Вып. 20. Спр., 2002г.-288 с.	24.00
Микросхемы для управления электродвигателями. Вып. 12, вып. 14. М. Додока, 2000 г., по 288 с.	26.00
Цифровые КМОП микросхемы. Партала О.Н. - Н.ИТ, 2001 г., 400 с.	38.00
Микроконтроллеры? Это же просто! Том 1, 2, 3. Фрунзе А.В. 2002г., 336с., 384с.	28.00
РIS-микроконтроллеры. Практика применения. Таверные К.-М.: ДМК, 2003г., 272с.	29.00
Справочник по RIS-микроконтроллерам. Майкл Предко., М.: ДМК, 2002 г., 512с., ил.	39.00
Цифровые интегральные микросхемы. Справочник. Мальцев П.П., М. "Рис" -240с. А4	18.00
Интегр. микросхемы. Перспективные изделия. Вып. 1, 2, 3 -М. Додока, по 64 стр.	5.00
Интегральные микросх. и их заруб. аналоги. Сер. K507-K543, М. "Радиософт", 544 с.	35.00
Интегральные микросх. и их заруб. аналоги. Сер. K565-K599, М. "Радиософт" 2000г.	35.00
Интегральные микросх. и их заруб. аналоги. Сер. K1044-1142, М. "Радиософт" 2000г.	35.00
Интегральные микросх. и их заруб. аналоги. Сер. K1815-6501, М. "Радиософт" 2001г.	35.00
Телевизионные микросхемы PHILIPS. Книга 1. Понамаренко А.А.-М.: Солон, -180с.	12.00
Взаимозамена японских транзисторов. Донец В.-М.: Солон, 368с.	24.00
Цветовая и кодовая маркировка радиоэлектронных компонентов отечественных и зарубежных.	14.00
Цвет, код, символика электронных компонентов. Нестеренко И.И., -М.: Солон, 2002г., 216с.	17.00
Маркировка электронных компонентов. Изд. 2-е испр. и дополн. "Додока" 2002г., 208 с.	15.00
Маркировка и обозначение радиоэлементов. Мукосеев В.В., М.-ГП-Телеком, 2001г., 352 с.	27.00
Операционные усилители и компараторы. Справочник - М.: ДОДЭКА, 2001 г., 560 с. А4	44.00
Оптоэлектронные приборы и устройства. Быстров Ю.А., М.: Радиософт, 256с.	21.00
Заруб. диоды и их аналоги. Хрулев А. Справ. т.1, т.2, т.3, т.4, т.5, т.6. М. "Радиософт", по	39.00
Зарубежные микропроцессоры и их аналоги. Справ. т.1, т.2, т.3, т.4, т.5. М. "Радиософт", по 576с. 2001г.	42.00
Зарубежные аналоговые микросхемы и их аналоги. Справ. т.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. М. Радиософт 2000г.	39.00
Эквалайзеры. Эффекты объемного звучания. Любит. схемы. Халоян А.А.-М.: Радиософт 2001г.	20.00
Справочник по схемотехнике усилителей. Ежков Ю.С., М.: Радиософт. 2002г., 272 с.	26.00
Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах. М.: Додока, 2002г., 256с.	16.00
Устройство аудио-и видеоаппаратуры. От детекторного приемника до ЧМ стереоресивера, 288с.	24.00
Цифровая схемотехника. От логич. элемента до перспективных БИС/СБИС. Учебн. пособие, 518с.	28.00
Энциклопедия устройств на полевых транзисторах. Библиотека инженера. М.: Солон, 2002г., 512с.	49.00
Энциклопедия практической электроники. Дэвид Рутледж. М.: ДМК, 2002г., 528с.	49.00
Энциклопедия радиолюбителя. Пестриков В.М. - СПб.: Н.ИТ, 2000г., 368с.	20.00
Микропроцессорное управление телевизорами. Виноградов В.А., Н.ИТ, 2003г., 144с.	15.00
Сервисные режимы телевизоров. Кн. 1 - кн. 12. Виноградов В., Корякин-Черняк С.Л., Н.ИТ 2002г.	19.00
Телевизионные процессоры системы управления. Изд. 2-е. Журавлев В.-С.П.: Н.ИТ, 2001 г. 512 с.	25.00
Телевизоры HORIZONT. Корякин-Черняк С.Л.-С.П.: Н.ИТ, 2002 г., 160с.+ сх.	24.00
Телевизоры LG. Шасси MC-51B, MC-74A, MC-991A. Пьянов Г., С.П.: Н.ИТ, 2003г. 138с.+схемы.	23.00

Оформление заказов по системе "Книга-почтой" для организаций

Оплата производится по б/н расчету согласно адресу: издательство "Радиоаматор", а/я 50, Киев-110, 03110, или по эл. почте val@sea.com.ua. В заявке необходимо выслать перечень книг, которые Вы хотели бы приобрести, по факсу (044) 219-30-20 или почтой по с-ва плат. налога.

Книга-почтой

<p>Срок получения заказа по почте 1-3 недели с момента оплаты.</p> <p>По всем вопросам, связанным с разделом "Книга-почтой", просьба обращаться по т.ф. 219-30-20, email: val@sea.com.ua.</p>		<p>Оформление заказов по системе "Книга-почтой" для частных лиц</p> <p>Если Вас заинтересовало какое-либо из перечисленных изданий, то Вам необходимо оформить почтовый перевод на указанную сумму в ближайшем отделении связи.</p>	
		<p>Перевод отправлять по адресу: Моторному Валерию Владимировичу, а/я 53, Киев-110, 03110. В отрывном талоне почтового перевода четко укажите свой обратный адрес и название заказываемой Вами книги.</p>	
Телевизоры DAEWOO и SAMSUNG. Серия Телемастер. Безверный И.Б., 2003г., 144с.+сх.	32.00		
Переносные цветные телевизоры. Справочник. Бриллиантов Д.П.-М.: Радиософт, 304с.	21.00		
Цветные телевизоры. Пособие по ремонту. Ельашкевич С.А., Пескин А.Е. М.: ГЛ-Телеком, 352 с.	30.00		
Усовершенствование телевизоров 3...5УСЦТ. Рубаник В. Н.ИТ., 2000 г. 288с.	24.00		
"Чистый звук" твоего телевизора. Справочное пособие. Гайдель Э., 2002г., 176с.	19.00		
Руководство по цифровому телевидению. Ричард Брайс.-М.: ДМК, 2002г., 288с.	39.00		
Цифровая электроника. Партала О.Н., Н.ИТ, 2000 г. - 208 с.	19.00		
Цифровые устройства и микропроцессорные системы. изд-е 2-е. Калабеков Б.А., 2002 г., 336с.	23.00		
Карманный справочник радиоинженера. Джон Дэвис. М.: Додека, 2002г., 544с.	33.00		
Справочник домашнего электрика. Корякин-Черняк С., СПб: Н.ИТ, 2003г., 430с.	33.00		
Теория и расчет многообмоточных трансформаторов. Хныков А.В., М.: Солон, 2002г., 112 с.	14.00		
КВ-приемник мирового уровня Кульский А.Л. -К.: Н.ИТ, 2000 г. 352с.	16.00		
СИ-БИ связь, дозиметрия, ИК техника, электрон. приборы, ср-ва связи. Ю. Виноградов, 2000г., 240с.	9.00		
Антенны. Настройка и согласование. Григоров И.Н., М.: Радиософт, 2002 г., 272с.	26.00		
Антенны. Городские конструкции. Григоров И.Н., М.: Радиософт, 2003г., 304с.	39.00		
Выбери антенну сам. Нестеренко И.И. изд-е 2-е переработанное и исправленное, 256с.	15.00		
Радиолобительский High-End., "Радиоаматор", -120с.	9.00		
Техника электролова рыбы. Ходырев В. М.: Солон, 2003г., 144с.	17.00		
Электроника для рыболова. Шелестов И.П. М.: Солон, 2001г. 208 с.	16.00		
450 полезных схем радиолобителям. Шустов М.А., 2003г., 352с.	25.00		
Практическая схемотехника. Кн.2. Источники питания и стабилизаторы. Шустов М.А., 2002г.	19.00		
Практическая схемотехника. Кн.3. Преобразователи напряжения. Шустов М.А., М.: Альтекс, 2002г.	19.00		
Практическая схемотехника. Кн.4. Контроль и защита источников питания. Шустов М.А., 2002г.	19.00		
Проектируем и строим осциллограф. Городецкий И.В., М.: Солон, 2002г.	11.00		
Радиолобителям полезные схемы. Кн.3. Дом. авт., прист. к телеф., охр. ус. М.: Солон, 2000., 240 с.	18.00		
Радиолобителям полезные схемы. Кн.4. Электр. в быту. internet для радиолоб и др., 2001г., 240с.	18.00		
Радиолобителям полезные схемы. Кн.5. Быстрая защита РА, домашняя автоматика и др., 2003г.	18.00		
Радиолобительские устройства для дома. Евсеев А.Н., М.: Солон, 2002г., 320с.	20.00		
Радиолобительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Заец Н.И., М.: Солон, 2003г., 368с.	39.00		
Радиолобительская азбука. т.1: Цифровая техника. Колдунов А.С., М.: Солон, 2003г., 272с.	29.00		
Схемы для радиолобителей. Книга 1. Брадулов П.А., М.: Альтекс, 2003г., 160с.	24.00		
Школа радиолобителя. Гендин Г.С., М.: Радиософт, 2003г., 208с.	37.00		
Умный дом. Домашний мастер. Богданов С.В. К.: Н.ИТ., 2003г., 112с.	12.00		
Конструкции и схемы для прочтения с паяльником. Кн.1, Кн.2, Кн.3., Гриф А., 2002г., 288, 328с., 240с.	18.00		
Конструкции и схемы для прочтения с паяльником. Кн.4. Аудиотехника. 2003г., 240с.	26.00		
Юному радиолобителю для прочтения с паяльником. Мосягин В., М.: Солон., 2003г., 208с.	17.00		
Автосигнализации от А до Z. Корякин-Черняк С.Л., СПб.: Н.ИТ, 2002г., 336с.	34.00		
Защита автомобиля от угона. Бирюков С.В. СПб.: Н.ИТ, 2003г., 176с.	16.00		
Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Справочник. Никамин В. 2002г., 224с.	29.00		
Измерения в цифровых системах связи. Практическое руководство. К.: Век+, 2002г., 320с.	29.00		
Основы цифрового телевидения. Учебное пособие. Смирнов А.В., М.: Телеком, 224с.	15.00		
Компакт-диски			
CD-R "Радиоаматор - за 10 лет" + ("РА"-1999, 2000, 2001, 2002) + ("Э", "К"-2000, 2001, 2002).	39.00		
CD-R "Радиоаматор" + "Электрик" + "Конструктор" 2002г. (36 номеров журналов)	20.00		

Цены даны в гривнях с учетом пересылки и действительны в течение месяца с момента выхода журнала. Для членов клуба читателей "Радиоаматора" действуют постоянные скидки. Положение о Клубе читайте в БР № 1.