



CQ-QRP

Издание Российского Клуба Радиооператоров Малой Мощности

48 Осень 2014



«Radio Bag» – полевой чемоданчик нашего одноклубника

СОДЕРЖАНИЕ

Клубные новости

DSB – решение для QRP phone? — [Владимир Поляков RA3AAE](#)

Микроваттный радиоканал — [Владислав Жигалов](#)

Симметричная линия для несимметричной антенны — [Роман Сергеев RN9RQ](#)

Опыты R3PIN с антенной UA6AGW — [Александр Грачёв UA6AGW](#)

УЗЧ для приемника прямого преобразования — [Виктор Беседин UA9LAQ](#)

О прохождении ДВ и СВ — [Виталий Тюрин UA3AJQ](#)

Антенный юмор — [Валерий Баженов UA4CGR](#)

Главный редактор — [Владимир Поляков RA3AAE](#)

Редколлегия:

[Владислав Евстратов RX3ALL](#), [Вячеслав Синдеев UA3LMR](#),

[Тамара Кудрявцева UA3PTV](#), [Дмитрий Горох UR4MCK](#).

© Клуб RU-QRP

Клубные новости

Здравствуйтесь, уважаемые читатели!

Главным событием последних месяцев стали очередные выборы Совета Клуба, проведённые заочно, с помощью электронной почты. В Совет Клуба вошли члены Клуба, набравшие максимальное число голосов:

- — Валерий Бобров - RW3AI,
- — Владислав Евстратов - RX3ALL,
- — Александр Пономаренко - UR5LAM,
- — Андрей Моховиков - UT5NM,
- — Тамара Кудрявцева - UA3PTV,
- — Вячеслав Силаев - RW3XS и
- — Дмитрий Горох - UR4MCK.

Председателем Совета Клуба избран Валерий Бобров RW3AI.

Пожелаем новому составу Совета Клуба плодотворной работы, новых достижений и всяческих успехов!

17-го января 2015 года состоится всем любимая QRP констест-игра "Мороз - Красный Нос". Имеем честь пригласить Вас, уважаемые читатели, на это увлекательное эфирное мероприятие, которое на протяжении многих лет никого не оставляет равнодушным. Изюминка этой игры заключается в работе в эфире из нестационарных условий.

На основе анализа прошедших игр в правила внесены небольшие изменения, которые позволяют еще больше разнообразить игру, придумать свою тактику, исходя из ваших возможностей и температуры на рабочей позиции. Все участники этой увлекательной радиоигры, в каких условиях они бы не находились, имеют те или иные бонусы. Задача каждого игрока – суметь их правильно реализовать. В этом залог успеха.

По традиции, сообщаем вам о новых членах нашего Клуба. Это:

- Сергей Ивеков - RN4ACZ,
- Александр Крутиков - R2WW и
- Сергей Воронков - RV9WIW.

Дорогие друзья, уважаемые коллеги! От всей души поздравляем Вас с наступившим 2015-м годом! Пусть Новый Год принесёт вам радость, удачу, новые идеи, новые победы, яркие впечатления и отличное настроение! С Новым Годом, с Новым Счастьем!

С уважением, **Владислав Евстратов RX3ALL. 73!72!**

DSB – решение для QRP phone?

Владимир Поляков RA3AAE

В этой статье изложен пока только проект. Суть проблемы вот в чём: у нас есть простые телеграфные QRP трансиверы. Как правило, они содержат очень простой передатчик и приёмник прямого преобразования, гетеродин обычно общий. Такие CW трансиверы приобрели популярность и часто применяются и в поле и дома.

Но иногда хочется поговорить с желанным корреспондентом и в телефонном режиме, узнать его голос, понять интонации и т. д. Конечно, телеграф лучше при приеме предельно слабой передачи, тонушей в шуме и помехах, но при достаточном уровне сигнала всех перечисленных приятностей он не позволяет.

К сожалению, изготовить простой, легкодоступный для повторения и дешёвый SSB трансивер не получается. В супергетеродинной схеме нужен дорогой и дефицитный, а при самостоятельном изготовлении трудный в настройке кварцевый фильтр, усложняется система его коммутации с приёма на передачу, да и схема отнюдь не проста. Электромеханические фильтры тоже дороги, рассчитаны на низкие частоты, и требуют уже двойного преобразования частоты, ещё более усложняя схему.

SSB трансиверы прямого преобразования проще, но не намного. Радилюбителей отпугивает необходимость изготовления высокоточного НЧ фазовращателя и опять же необходимость его коммутации с приёма на передачу. Но сошелся ли свет клином на SSB и фазовом методе подавления одной боковой, при котором легко получить 20...30 дБ подавления, но довольно трудно 50...60 дБ?

Были попытки использовать DSB трансиверы с простыми передатчиками, где вместо телеграфного ключа балансный модулятор (смеситель) и микрофонный усилитель (небольшое усложнение), и совсем простыми двухполосными приёмниками прямого преобразования (ППП), гетеродин у них общий (рис. 1.) На них можно работать с «серьёзными» корреспондентами, имеющими нормальные

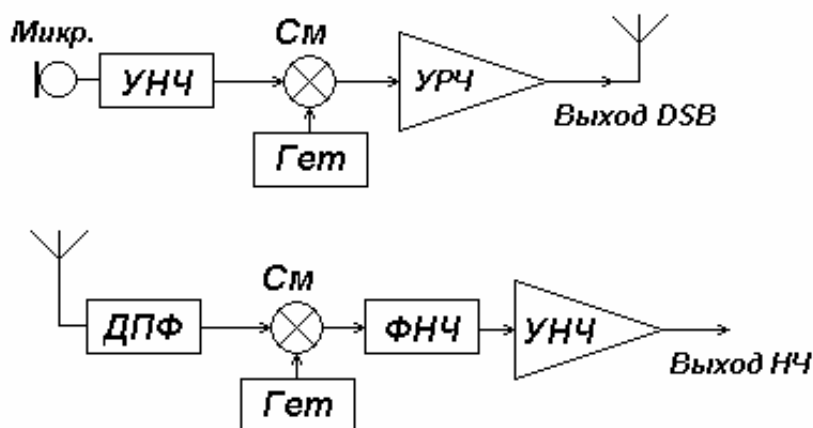


Рис. 1. "Неудачные" DSB передатчик и приемник.

SSB трансиверы, но, теряя по 3 дБ и при передаче (поскольку мощность передатчика расходуется на две боковые полосы, в то время как корреспондент принимает только одну) и при приёме (поскольку шум принимается в двух боковых, а сигнал – в одной). Эти DSB трансиверы не решают проблему телефонной связи на простых аппаратах,

перекладывая задачу подавления одной боковой полосы на корреспондента, и, что самое главное, эти простые трансиверы не могут работать друг с другом!

Объясняется этот факт теми же причинами, по которым двухполосные ППП не годятся для приема вещательных АМ радиостанций. При преобразовании спектра двухполосного сигнала в звуковую частоту, в смесителе ППП невозможно настроить гетеродин приемника на частоту несущей (неважно, подавлена она или нет) с точностью до фазы. Неизбежна небольшая расстройка $\Delta F = f_{\text{нес}} - f_{\text{гет}}$. Тогда звуковые частоты от одной боковой оказываются ниже на ΔF , от другой – выше на ΔF , как показано на рис. 2.

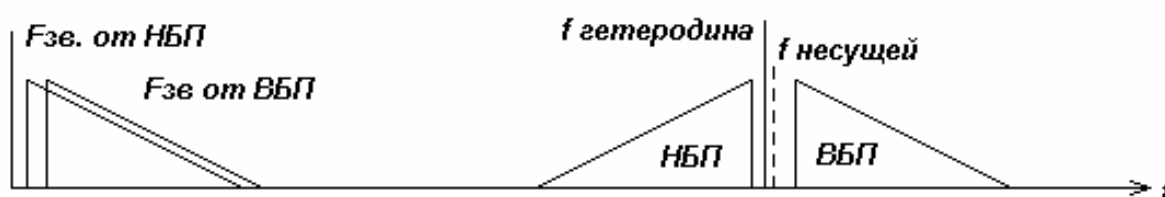


Рис. 2. Преобразование спектра DSB сигнала в простом ППП

В общем канале ФНЧ – УЗЧ (рис. 1) они складываются, и естественно, интерферируют, то гася друг друга, то усиливая, в зависимости от текущей фазы гетеродина относительно фазы несущей $\varphi = 2\pi \Delta F t$, где t – время.

Многие слышали этот эффект, пытаясь настроить двухполосный приемник на АМ станцию. Даже при очень точной настройке, когда ΔF не превосходит единиц герц, громкость приема меняется от нуля до максимума за доли секунды. Максимумы идут в моменты, когда гетеродин либо в фазе, либо в противофазе с несущей ($\varphi = 0$ или π), а нули – когда гетеродин в квадратуре с несущей ($\varphi = \pi/2$ или $3\pi/2$). Частота следования максимумов, так же, как и нулей, равна $2 \Delta F$.

Понятно, что ничего этого нет, если одна боковая подавлена в передатчике, или в приемнике, или и там, и там. Но давайте теперь честно признаем факт, к которому мы за долгие годы использования SSB привыкли, и принимаем как неизбежное: **при SSB мы никогда не слышим естественного, неискажённого сигнала!** Всегда остается неточность настройки, смещающая весь спектр звукового сигнала на ΔF вниз или вверх по частоте. Речь мы разбираем прекрасно при расстройках до 50...100 Гц, а то и больше. Но спасибо за это мы должны сказать нашему слуховому анализатору, расположенному даже не в ушах, а где-то в глубинах мозга, но вовсе не общепринятой системе связи на SSB! Кто не верит, пусть послушает хорошую музыку на обычном SSB приемнике.

Теперь мне хочется сделать небольшое историческое отступление и вернуться в далекие времена послевоенных лет (конца 40-х, начала 50-х), когда в КВ связи было всего два вида: **ТЛГ** (точно такой же, как и сейчас) и **ТЛФ** (подразумевалась АМ). Недостатки АМ, в основном крайне низкая эффективность, были уже известны, и шел поиск более совершенных видов модуляции. Я еще помню обширные дискуссии в американском «Просидинге» (Proceedings of the IEEE), который был вполне доступен у нас (перепечатанный, правда, на плохой бумаге),

несмотря на холодную войну и железный занавес, знай только английский. Альтернативой SSB выступала DSB. Было показано, что по эффективности они одинаковы. Кто-то, в пылу полемики, даже обозвал SSB, приобретающую популярность, «Священной Коровой (Sacred Cow)» – этот пассаж мне почему-то запомнился. Проблема была в восстановлении несущей, и здесь появилось немало изобретений, как в нашей стране, так и на западе.

Остановимся (чтобы не отвлекаться от темы) только на одном изобретении, сделанном в 1952 году ещё молодым тогда американским радиоинженером Джоном Костасом (1923 – 2008). Он служил в армии во время Второй Мировой, демобилизовавшись, закончил университет, и с успехом занялся телекоммуникационными проблемами. Схема, или «петля» Костаса [1, 2] долгое время была известна лишь узкому кругу специалистов, вспомнили о ней только сейчас, при бурном развитии связи и телекоммуникаций, в связи с необходимостью демодулировать цифровые сигналы с фазовой манипуляцией. BPSK сигнал, например, очень похож на DSB сигнал с подавленной несущей, за исключением того, что он не аналоговый, а дискретный, цифровой.

Разумеется, ни тогда, ни сейчас никто не предполагал использовать петлю Костаса в приемниках прямого преобразования. Её назначение – демодуляторы на выходе трактов ПЧ после первого, второго (пятого...десятого) преобразования,

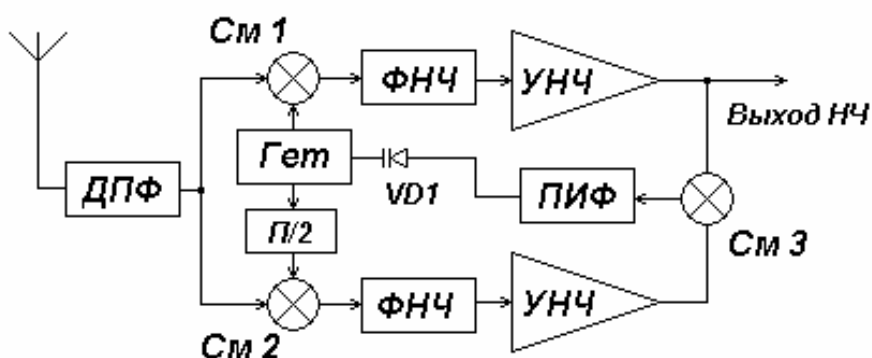


Рис. 3. Схема Костаса для фазовой автоподстройки гетеродина на частоту подавленной несущей DSB сигнала

даже усилителей на блок-схемах часто не рисуют, однако мне представляется, что как раз для ППП эта схема подходит как нельзя лучше!

Обратимся к блок-схеме ППП с петлёй Костаса для фазовой

автоподстройки (ФАПЧ) гетеродина (рис. 3). Приемник содержит входной диапазонный фильтр ДПФ и два квадратурных смесителя См1 и См2. На второй смеситель гетеродинный сигнал подаётся со сдвигом фазы $\pi/2$. После смесителей установлены традиционные фильтры нижних частот ФНЧ с «телефонной» полосой 2,7...3 кГц и пара УНЧ, усиливающих звуковые сигналы I (In-phase) верхнего по схеме, и Q (Quadrature) нижнего по схеме каналов. Эта часть приемника ничем не отличается от аналогичных узлов ППП с фазовым подавлением одной боковой, или приемника для последующей компьютерной обработки синфазного I и квадратурного Q НЧ сигналов. Далее идут отличия.

Сигналы из каналов перемножаются в третьем смесителе, который должен быть выполнен по кольцевой балансной (на диодах) или аналогичной транзисторной (К174ПС1, SA612) схеме, и подаются через пропорционально-интегрирующий фильтр ПИФ с частотой среза единицы – десятки герц на варикап VD1, управляющий частотой гетеродина.

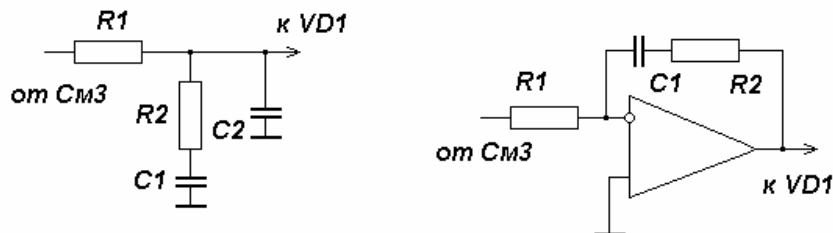


Рис. 4. Пропорционально-интегрирующие фильтры: а) на RC элементах; б) на ОУ.

Пределы перестройки – не более сотен герц.

ПИФ несложен (рис. 4), и может быть выполнен на RC элементах, и также на ОУ.

Номиналы $R1R2C1$ определяют полосы захвата (десятки герц) и удержания (сотни герц). Уменьшение $R2$ сужает полосу захвата. Порядок величин: $R1$ – 100 кОм, $R2$ – 10 кОм, $C1$ – 0,1 мкФ. Конденсатор $C2$ – «подчисточный», ёмкостью несколько сотен-тысяч пикофард. Он ослабляет высокочастотный шум, идущий от смесителя $См3$ и замыкает цепь варикапа по РЧ.

Рассмотрим сначала работу ФАПЧ в режиме захвата (рис. 3), когда частота гетеродина точно равна частоте подавленной несущей, а отклонение фазы $\varphi = 0$. При этом в верхнем канале DSB сигнал нормально демодулируется в $См1$ и после фильтрации и усиления поступает на выход, на оконечный УМЗЧ. В нижнем канале сигнал НЧ отсутствует, поскольку сигналы на входах $См2$ квадратурны. При уходе фазы гетеродина сигнал НЧ в нижнем канале появляется, и его амплитуда пропорциональна $\sin\varphi$. Он либо синфазен (при одном знаке расстройки), либо противофазен (при другом) с сигналом в верхнем канале. Амплитуда сигнала в верхнем канале при малых расстройках меняется мало, поскольку пропорциональна $\cos\varphi$. Так, например, даже при $\varphi = \pi/6$ (30°) имеем: $\sin\varphi = 0,5$ и $\cos\varphi = 0,86$ (амплитуда в синфазном канале уменьшается всего на 14%).

В $См3$ перемножаются одинаковые звуковые сигналы, но либо синфазные, тогда на ПИФ подается положительное напряжение ошибки, либо противофазные, тогда – отрицательное. Соответственно, варикап подстраивает гетеродин так, чтобы свести напряжение ошибки к нулю и восстановить равновесие, когда $\varphi = 0$. Конденсатор $C1$ ПИФ запоминает напряжение на варикапе, соответствующее синхронизму, и сохраняет его в паузах речи.

При перестройке приемника по диапазону в поисках корреспондента DSB сигнал сначала неразборчив (впрочем, также, как и SSB), но при подходе к правильной настройке происходит захват в петле ФАПЧ, и тогда вращение ручки настройки в некоторых (небольших) пределах не приводит к изменению частоты гетеродина (в пределах полосы удержания). Автор убедился в замечательных свойствах ФАПЧ, используя её для демодуляции ЧМ, в том числе и в ППП [3]. Должен заметить, что

там задача значительно тяжелее – надо отслеживать сигнал по несущей. Это требует усилителей постоянного тока (УПТ), да еще в широком диапазоне модулирующих частот, и при большой девиации ЧМ сигнала.

В предлагаемой схеме рис. 3 слежение происходит за фиксированной частотой подавленной несущей DSB сигнала. По сути, компенсировать надо лишь её уходы, да уходы частоты собственного гетеродина, поэтому ФАПЧ можно сделать с узкой полосой, а следовательно, весьма помехоустойчивой. Поскольку в узкой полосе управляющего сигнала после ПИФ шума мало, ФАПЧ начинает работать при столь слабых сигналах, когда самого звукового сигнала еще даже и не слышно. Как образно сказал один английский коротковолновик, «ФАПЧ чувствует даже запах несущей!». Об этом же говорит и опыт постройки синхронных приемников [4]. Кстати, из [4] можно взять схему ВЧ части приёмника, заменив при желании устаревшие микросхемы на современные, более высокочастотные. Однако, в синхронном АМ приемнике требуется УПТ, что вызывает некоторые проблемы, связанные с дрейфом. В предлагаемой же схеме по рис. 3 УПТ не нужны, поскольку всё усиление происходит на звуковых частотах 0,3...3 кГц.

Сформулируем теперь требования, предъявляемые к элементам приёмника, они же являются достоинствами по сравнению с ППП с фазовым подавлением одной боковой полосы.

– Качество демодулированного сигнала – выше, чем при SSB, приближающееся к музыкальному. Расстройка и уходы частоты гетеродина компенсируются.

– Требования к ВЧ фазовращателю – невысокие, отклонения сдвига фаз в 10...15° вполне допустимы (см. выше, про $\sin\varphi$ и $\cos\varphi$). НЧ фазовращатель вообще не нужен.

– Требования к фазовой балансировке каналов такие же невысокие. Амплитудной балансировки каналов вообще не требуется, поскольку в СмЗ происходит не сложение, а перемножение НЧ сигналов.

К недостаткам DSB можно отнести вдвое более широкую полосу частот (6 кГц вместо 3 кГц при SSB) однако опыт показывает, что на любительских диапазонах, особенно на их высокочастотном краю, всегда можно найти достаточно места для неспешных телефонных бесед. Тем, кто пожелает собрать описанный трансивер, автор готов дать любые возможные консультации по адресу: ra3aae@mail.ru

Литература:

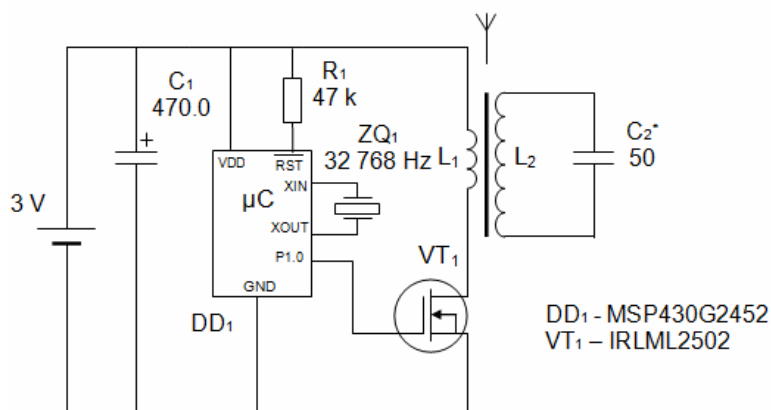
1. http://en.wikipedia.org/wiki/Costas_loop
2. John P. Costas. "Synchronous Communications," Proc. IEEE, Dec. 1956.
3. Поляков В. Т. Радиовещательные ЧМ приемники с фазовой автоподстройкой. – М.: "Радио и связь", 1983. МРБ, выпуск 1063.
4. В. Поляков. Синхронный АМ приемник. "Радио", 1984, № 8, с. 31-34, или 1999, № 8, с.16-18. http://www.chipinfo.ru/literature/radio/199908/p16_18.html

Микроваттный радиоканал

Владислав Жигалов

Недавно пришлось на досуге решать простейшую задачу: передача сигнала с температурного датчика за окном в дом. Что, казалось бы, проще? Но варианты с проводами были неинтересны, инфракрасный канал не подходил по конструктивным соображениям, и вообще «хотелось странного». К этому добавим внезапно навалившуюся любовь к микроконтроллерам MSP430 (со сверхнизким потреблением тока), а также вспомнившиеся схемы экономичных АМ-приёмников RA3AAE из книги [1]. Ну и, конечно, принцип «чем проще – тем лучше».

Передатчик. Задача предполагала передачу сигнала всего на 2...3 метра. При этом менять батарейки в передатчике на улице хотелось как можно реже. Более того, в мозгу сидела концепция «распределённых сенсорных сетей» [2], в которой автономные по питанию микро-датчики соединяются в беспроводную сеть и



обмениваются между собой сигналами по радио. Как первый подход к весу была выбрана простейшая импульсная схема передатчика (рис. 1). В ней аналоговая часть состоит всего из 4 деталей, включая магнитную антенну, и ещё 3 детали – микроконтроллер и его обвязка.

Рис. 1. Схема микроваттного передатчика.

Работает передатчик так. Микроконтроллер раз в секунду выдаёт импульсы микросекундной длительности, открывая ключ MOSFET. Через транзистор VT1 в течение одного импульса проходит ток, большой настолько, насколько это позволяет сам открытый транзистор, накопительный конденсатор C1 и провод катушки связи L1 (этот ток получается порядка 10 А). После закрытия транзистора накопленная в магнитной антенне энергия продолжает циркулировать в контуре L2C2 в виде затухающих колебаний частоты порядка 1 МГц (и здесь важно, чтобы контур обладал как можно большей добротностью, это увеличивает длину излучаемых импульсов и даёт меньшую полосу передатчика – мощность не размазывается по диапазону). Микроконтроллер даёт два таких импульса в секунду, и мы имеем два последовательных затухающих цуга колебаний в эфире. Длительность интервала между ними кодирует температуру – проще кодирование уже вряд ли придумаешь (почти частотная модуляция), хотя, конечно, помехозащищённость получается так себе. Среднее расстояние между кодирующими импульсами порядка одной десятой доли секунды.

Если к такой конструкции поднести СВ приёмник, то каждый импульс будет слышен как щелчок, причём на расстоянии до полуметра этот импульс

принимается независимо от настройки приёмника (ближняя зона от катушки связи), а дальше – уже при настройке на ту же частоту, что и колебательный контур передатчика. «Щелчки» принимаются обычным карманным СВ приёмником на расстоянии до 4-х...5-ти метров.

MOSFET может быть любой, полностью открывающийся при напряжении питания микроконтроллера (около 2,5...3 В) и обеспечивающий требуемые 10...15 ампер в импульсе. Микроконтроллер может быть заменён любым генератором, обеспечивающим короткие импульсы, и потребляющим минимум тока (помним, что целевой функцией схемы является микроваттное потребление: так, чтобы «собрал и забыл», но чтобы схема при этом продолжала работать, работать и работать). Выбор MSP430 у автора обусловлен первой детской любовью к вычислительной архитектуре PDP-11, которую этот микроконтроллер наследует. У микроконтроллера есть встроенный датчик температуры, что поспособствовало уменьшению числа деталей передатчика. Дискретность определения температуры получится тогда 0,4°C, хотя и с некалиброванным смещением (о калибровке см. ниже, в разделе о приёмнике). Часовой кварц используется как эталон частоты для внутреннего таймера микроконтроллера – важно точно «расставить» импульсы, кодирующие температуру, поскольку их предстоит ещё декодировать обратно, с помощью такого же кварца на приёмной стороне. Сопrotивление R1 просто подтягивает вывод RESET до напряжения питания.

Колебательный контур – обычная магнитная антенна от СВ приёмника. Подходит антенна с ферритовым стержнем, например, диаметром 8 мм и длиной от 6 см (контурная катушка содержит 50...60 витков литцендрата виток к витку), либо рамочная антенна диаметром 100 мм – те же 50...60 витков литцендрата в «корзиночной» обмотке. По опыту, 100-миллиметровая рамочная антенна на каркасе из защитного диска от комплекта CD-болванок работает не хуже 20-ти сантиметровой ферритовой антенны – у них получается примерно одинаковая эффективная высота. Катушка связи представляет собой один виток провода в изоляции (желательно потолще), расположенного на расстоянии около 5 мм от катушки контура. Конденсатор C2 подбирается так, чтобы сигнал передатчика не оказался на частоте какой-либо вещательной станции (проверять нужно вечером, когда на СВ слышна вся Европа).

Сколько потребляет такой простейший импульсный передатчик? Замеры показали, что вместе с микроконтроллером – всего 10...20 мкА, т. е. одной батарейки CR2032 хватит на один-два года работы. Действительно, 10 ампер в импульсе при скважности в одну миллионную как раз будут давать 10 мкА интегрально. Интересно, что уменьшение длительности импульсов от 4 мкс вплоть до 0,25 мкс (варьированием основной частоты микроконтроллера от 1 до 16 МГц) на громкость «щелчков» практически не влияет. По длительности импульса стоит рассчитать минимально необходимую ёмкость накопительного конденсатора C1 – при недостаточной ёмкости напряжение от импульса будет подсаживаться, так что транзистор будет открываться не полностью. Вместо питания 3 В ключ можно запитать и большим напряжением – возрастет

отдаваемая в контур мощность, и импульсы можно будет передать на большее расстояние.

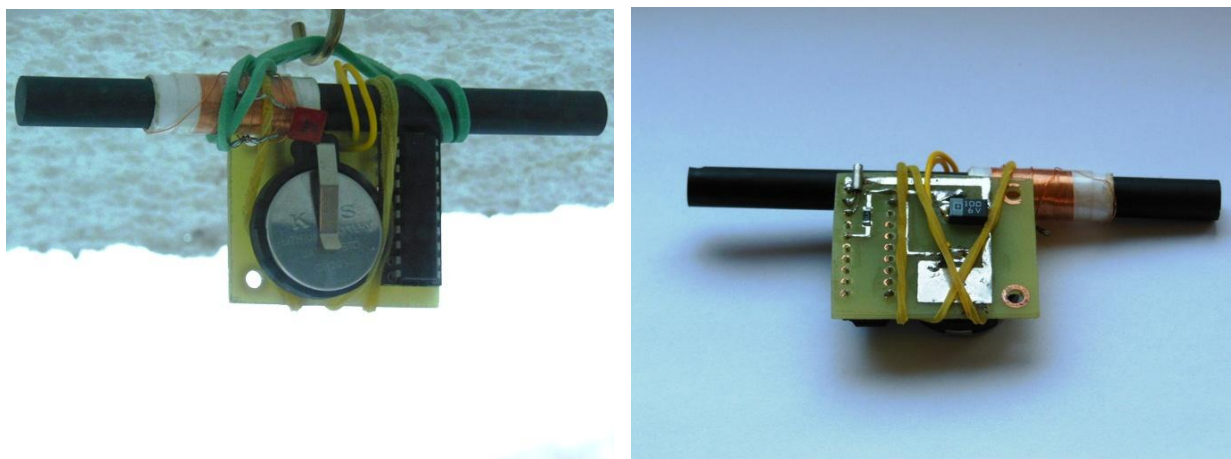


Рис. 2. Микроваттный передатчик.

Конструктивно (рис. 2) передатчик выполнен бескорпусно, и сейчас тестируется, подвешенный под козырьком окна снаружи на южной стороне. По идее, при доведении дальности его работы метров хотя бы до 10, его стоило бы перевесить на ближайшее дерево перед окном, подальше от стены, которая всё-таки вносит погрешность в температуру, особенно в солнечную погоду. Скорее всего, это будет проще всего сделать увеличением эффективности антенны. При наличии фантазии и ёлки перед окном передатчик можно сделать в виде, например, большой снежинки. При наличии буйной фантазии – в виде паутины с микроконтроллером-пауком в середине (кстати, паутину как рамочную антенну никто ещё не пробовал?). В конце концов можно применить электрическую антенну, используя несколько метров провода, и подвесив на него всю конструкцию (тогда большая магнитная антенна, конечно, не нужна, нужно лишь сделать максимально возможную добротность катушки).

Приёмник. Наслаждаться щелчками в эфире от такого дятла-передатчика на слух можно недолго. Надо преобразовать передаваемую информацию в видимые показания, в данном случае – в температуру. На помощь приходит экономичная техника приёма 20-го века в смеси с теми же микроконтроллерами века 21-го. Повторив в своё время несколько схем приёмников прямого усиления В. Т. Полякова [1], автор решил не изобретать велосипед, а скомбинировать коня и трепетную лань. Конём был выбран всё тот же MSP430, а ланью – экономичный приёмник прямого усиления с трёх транзисторах. Между ними – усиливающий каскад на операционном усилителе. Получается комбинация аналоговой и цифровой части, показанная на рис. 3.

Здесь всё та же магнитная антенна (годится и на феррите, и рамочная) принимает сигнал, через катушку связи он идёт на вход приёмника, усиливается и детектируется, а с выхода приёмника импульсы подаются на операционный усилитель с коэффициентом усиления 1000. На его выходе получаются импульсы почти до напряжения питания, своими резкими фронтами заставляющие срабатывать цифровой порт P1.4 микроконтроллера. И дальше уже задача

программы – обратно расшифровать длительность интервала между импульсами в сигнал температуры. Чтобы не возиться с цифровым индикатором, автор применил на выходе двухполярный микроамперметр $\pm 50 \mu\text{A}$, и ШИМ модуляцию. Обмотка стрелочного прибора служит одновременно и дросселем, фильтруя импульсную составляющую ШИМ сигнала, поэтому сглаживающие конденсаторы можно не применять.

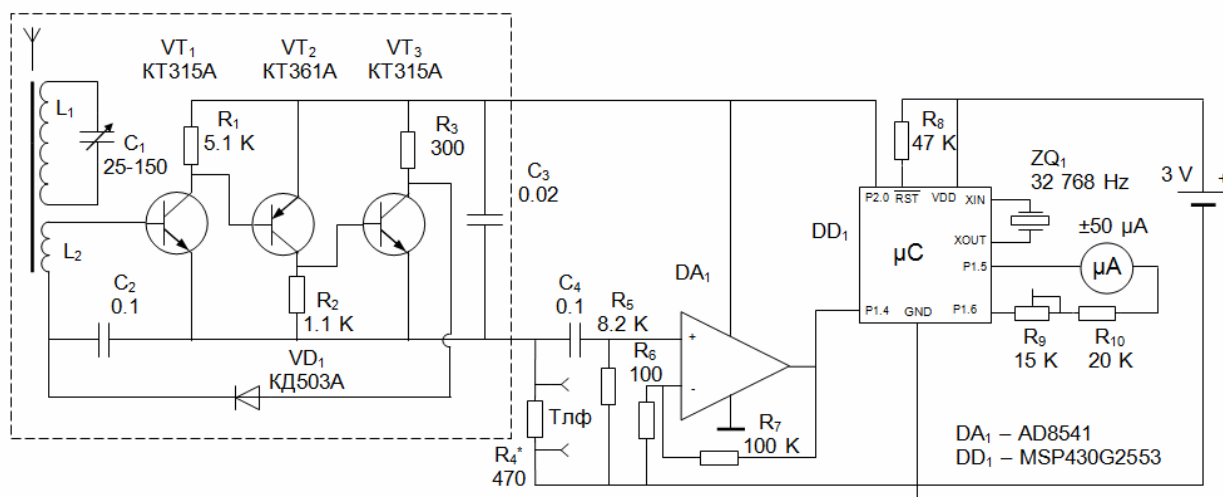


Рис. 3. Схема приёмной части. Пунктиром выделена схема экономичного СВ приёмника В. Т. Полякова [1].

Приёмник включён последовательно во входной цепи перед операционным усилителем, и колебания в его потребляемом токе при приёме импульса преобразуются в колебания напряжения на резисторе R4, через который приёмник питается. Подбором резистора R4 (100...1000 Ом) можно регулировать потребляемый ток и чувствительность приёмника.

В результате цифровая часть приёмника потребляет десятки микроампер, а аналоговая, если её держать включённой постоянно – 2...3 мА. Это, конечно, не тот ток, который обычно жалеют. Но, поскольку речь идёт о приборе, который работает круглосуточно, а питание батарейное, то и здесь простор для оптимизации есть. Время между парами импульсов – балласт, и, вычислив ожидаемое начало следующего импульса, на это время можно выключать приёмник, используя для его питания один из цифровых портов микроконтроллера напрямую (выход P2.0 по схеме). Более того, хотя передатчик и передаёт сигнал раз в секунду, но температура за бортом не меняется столь стремительно. Поэтому можно ещё оптимизировать время включения приёмника, скажем, до 1...3 секунд в минуту, чтобы успеть принять несколько одинаковых интервалов (минимальная защита от ошибок включает повторение 3 одинаковых значений температуры подряд).

В реализации автора применён дополнительно DC-DC конвертер с 1,5 до 3,3 В (на схеме не показан), чтобы питать схему всего одной батарейкой AA, и заодно стабилизировать напряжение питания. Тогда при автоматическом включении приёмника микроконтроллером раз в минуту одной обычной пальчиковой щелочной батарейки должно хватить примерно на 4000 часов, т.е. почти на

полгода. DC-DC конвертер позволяет скармливать прибору даже разряженные батарейки – он запускается, начиная с 0,8 В, так что его можно считать утилизатором неиспользуемой энергии. Если же применить в схеме питания блокинг-генератор на германиевом транзисторе, описанный в [3], и заменить батарейку аккумулятором, то питать приёмник можно от любого источника напряжением больше 0,1 В. Например, он будет работать от солнечной батареи даже в пасмурную погоду.

При подаче питания на приёмник через 2...3 секунды стрелочный индикатор начинает показывать температуру, из расчёта 1 градус – 1 мкА. Он держит ранее «пойманную» температуру и тогда, когда сигнал с приёмника не поступает на микроконтроллер, либо поступает с помехами.

Для наладки схемы нужны наушники (можно низкоомные). Они включаются в разъём параллельно резистору R4, и изменением ёмкости конденсатора C1 находится частота, на которой «щёлкает» наш передатчик. В дальнейшем можно заменить конденсатор постоянным, сделав его конструктивно заодно с катушкой колебательного контура. Если магнитная антенна на феррите, то перемещением колебательного контура вдоль ферритового стержня можно добиться более тонкой настройки.

Если уж говорить о настройке этой схемы как термометра, то надо сказать и о калибровке. Калибровка температурного датчика делается в два этапа. Первый: надо определить нулевое значение температурного сигнала (т. е. то значение, которое выдаёт АЦП передающего микроконтроллера при нуле по Цельсию). Автор применял для этого тающий лёд в воде, опустив в стакан плату работающего передатчика в полиэтиленовом пакете (воды и льда должно быть примерно поровну). При этом магнитная антенна передатчика не нужна, виток связи передаёт сигнал, достаточный для локального приёма в пределах одного стола. Микроконтроллер приёмника при этом должен работать, сидя на плате LaunchPad'a (программатор для MSP430), подключённого с одной стороны к компьютеру по USB, с другой – к приёмнику. Программа предусматривает выдачу принимаемого значения в терминал раз в секунду. Сначала микросхема микроконтроллера будет резко охлаждаться, дойдёт до минимума температуры, а затем, по мере таяния льда, температура постепенно будет повышаться. Минимальное значение принимается за «нулевое», и вписывается в соответствующее определение переменной zero_value в исходнике. Как показал опыт, это значение получается точным в пределах градуса. На втором этапе надо выставить при комнатной температуре показания микроамперметра по имеющемуся откалиброванному термометру подстроечным резистором R9.

В крайнем случае, не делая приёмник самостоятельно, можно подключить вход операционного усилителя к выходу на наушники готового АМ приёмника, подобрав нужную выходную громкость. Тогда лучше эту часть выполнить в виде маленькой приставки к приёмнику с цифровым индикатором.

Внешний вид приёмника показан на рис. 4.

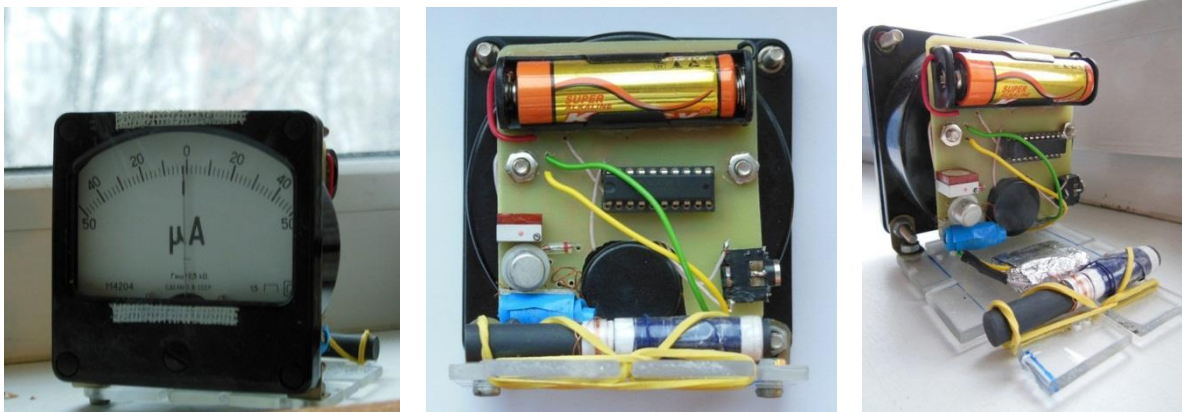


Рис. 4. Приёмник.

Самая большая часть приёмника в реализации автора – это стрелочный микроамперметр, он и составляет основу конструкции. Плата из одностороннего текстолита привинчена к нему сзади, на ней живёт цифровая часть, питающая часть (батарейка, DC-DC-конвертер) и операционник. Вся конструкция смонтирована на подставке из оргстекла. Поскольку цифровая часть немного фонит (и на ВЧ от микроконтроллера, и на НЧ от ШИМа), собственно приёмник с магнитной антенной вынесен на несколько сантиметров назад, к краю подставки. Приёмник из трёх транзисторов спаян навесным монтажом, затем залит парафином (он получился размером примерно с SD-карточку) и экранирован фольгой от наводок.

Программы микроконтроллера передающей и приёмной части выложены на сайте Клуба RU-QRP по ссылке:

<http://qrp.ru/files/etc/category/26-cq-qrp-addons?download=317%3Acq-qrp-48-addon>

И что дальше? Наверное, такая комбинация цифровой и аналоговой техники сегодня может показаться некоторым безумием. Есть современные стандарты экономичной беспроводной связи (Bluetooth, ZigBee), есть разработанная компонентная база (например, [4]). В конце концов, если уж вернуться к первоначальной задаче, можно просто купить в магазине компактную метеостанцию. Но цель автора была другой – минимальным числом деталей продемонстрировать решение, способное в силу малой потребляемой мощности работать от рассеянной энергии: хоть от солнечной батареи, хоть от свободной энергии из радио-эфира, как это продемонстрировано опять-таки в [1]. Да и движущей силой в этой самоделке была не столько идея, сколько любовь – к простым схемам приёмников, к эфиру на средних волнах, к маленьким программам для ЭВМ с килобайтами памяти, а любовь – она всегда иррациональна.

Наконец, немного о возможном развитии и применении идеи. Можно объединить передатчик и приёмник в одной схеме. Потребляемая мощность такой схемы такова, что из устройств, передающих и принимающих такой незамысловатый медленно меняющийся сигнал, как температура, можно сделать демонстрационную сенсорную радиосеть, саму себя питающую из бросовой

энергии, рассеянной вокруг. Можно сменить метод модуляции/кодирования, например, отправлять серии импульсов, а на приёмной стороне считать количество импульсов в серии. Хотя это немного и увеличит потребляемый ток у передатчика, но всё равно при неспешном трафике мощность останется в микроваттном диапазоне. Можно и нужно пробовать другие конструкции антенн и другие диапазоны волн.

Простота и минимум потребляемой мощности – вот два преимущества описанного решения. Подозреваю, что всё остальное – это его недостатки. Да, такие устройства сложно миниатюризировать (в выбранном диапазоне средних волн характерный размер магнитных антенн – порядка 10 см). Да, такое решение совершенно не защищено от помех. Но автор надеется, что идея такого минимального способа организации локального радиоканала кому-нибудь ещё пригодится для какой-то практической задачи (после неизбежной доработки, ведь автор, по большому счёту, дилетант). Или, в крайнем случае, сгодится для демонстрации подрастающему «цифровому» поколению некоторых азов работы колебательных контуров и приобщит к QRP-идеологии.



Рис. 5. Снаружи – минус 1 микроампер и голубь. Внутри – плюс 25 и попугай.

Если у читателей возникнут вопросы, с автором можно связаться по адресу: zhigalov@gmail.com

Литература:

- [1] В. Т. Поляков. Техника радиоприёма. Простые приёмники АМ сигналов. –М.: ДМК Пресс, 2001. – 256 с.
- [2] Беспроводная сенсорная сеть. Статья Википедии.
- [3] В. Т. Поляков. Солнечная QRP батарея //CQ-QRP #33, зима 2011.
- [4] Радиочастотные компоненты малой мощности. Texas Instruments. http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2011/03/Chipcon_brochure_rus_2008.pdf

Конструкция и применение симметричной линии при использовании несимметричного источника и антенны

Роман Сергеев RN9RQ

При изготовлении антенны, описанной в предыдущей статье, понадобилось использовать симметричную линию. Напомню, что я не стал ни ставить автоматический тюнер, ни настраивать звенья согласования, а просто запитал антенну симметричной линией, не создающей потерь при высоком КСВ в ней. Обзор всех любительских конструкций симметричных линий не обрадовал: или излишне трудоемко, или достаточно дорого, причем часто первое сочетается со вторым. Потому пришлось в очередной раз пойти своим путем.

Недолго подумав, решил использовать проводниками линии расплетенную полевку – провод П274м, поскольку он весьма дешев, легок, очень прочен и малозаметен. Поразмыслив еще, я решил использовать в качестве материала для изолятора полиэтилентерефталат – именно из него изготавливаются пластиковые бутылки для прохладительных напитков и пива. Этот материал легок, достаточно прочен, не боится солнечной радиации и не разлагается на открытом воздухе, кроме того, он, по сути, дармовой.

Сразу скажу после своих экспериментов – лучше всего использовать пластик от дорогих напитков от разных торговых марок, принадлежащих coca-cola и pepsi (coca-cola, pepsi, fanta, sprite, 7up, mountain-dew и т. д.) объемом полтора и два литра. Пластик в этих бутылках отличается большей толщиной и потому лучше держится. Да и надо то на всю линию несколько бутылок.

Бутылки нарезаются на прямоугольники размерами 50...55 x 30...35 мм, я резал на глаз, без разметки. Затем нарезанные элементы складываются пополам (получается прямоугольник 50...55 x 15...18 мм). Из одной бутылки получается от 30 до 40 будущих изоляторов, что соответствует 2...3 метрам готовой симметричной линии.

Полученные заготовки складываются по несколько штук, и в них просверливаются два отверстия сверлом диаметром 2,5 мм, межосевое расстояние между отверстиями 40 мм.

Затем по комнате раскладывается два отрезка расплетенной полевки, на нее нанизывается необходимое число изоляторов (изоляторы надеваются сразу все, чтобы полевку не резать), затем они распределяются по линии на расстоянии примерно 70 мм между загибами и оный загиб распрямляют руками, тем самым расклинивая изолятор на полевке. Полученный отрезок линии сворачивается и изготавливается следующий. При этом линия сгиба выполняет функцию ребра жесткости, согнуть такой изолятор во время эксплуатации маловероятно.

Нужные мне 25 метров линии были неспешно изготовлены за два вечера. Фотографию части линии вы можете посмотреть на **рис. 1**. Поскольку

используемая мной антенна несимметрична, я не мог подключить линию к ней напрямую. Необходим был запорный дроссель.

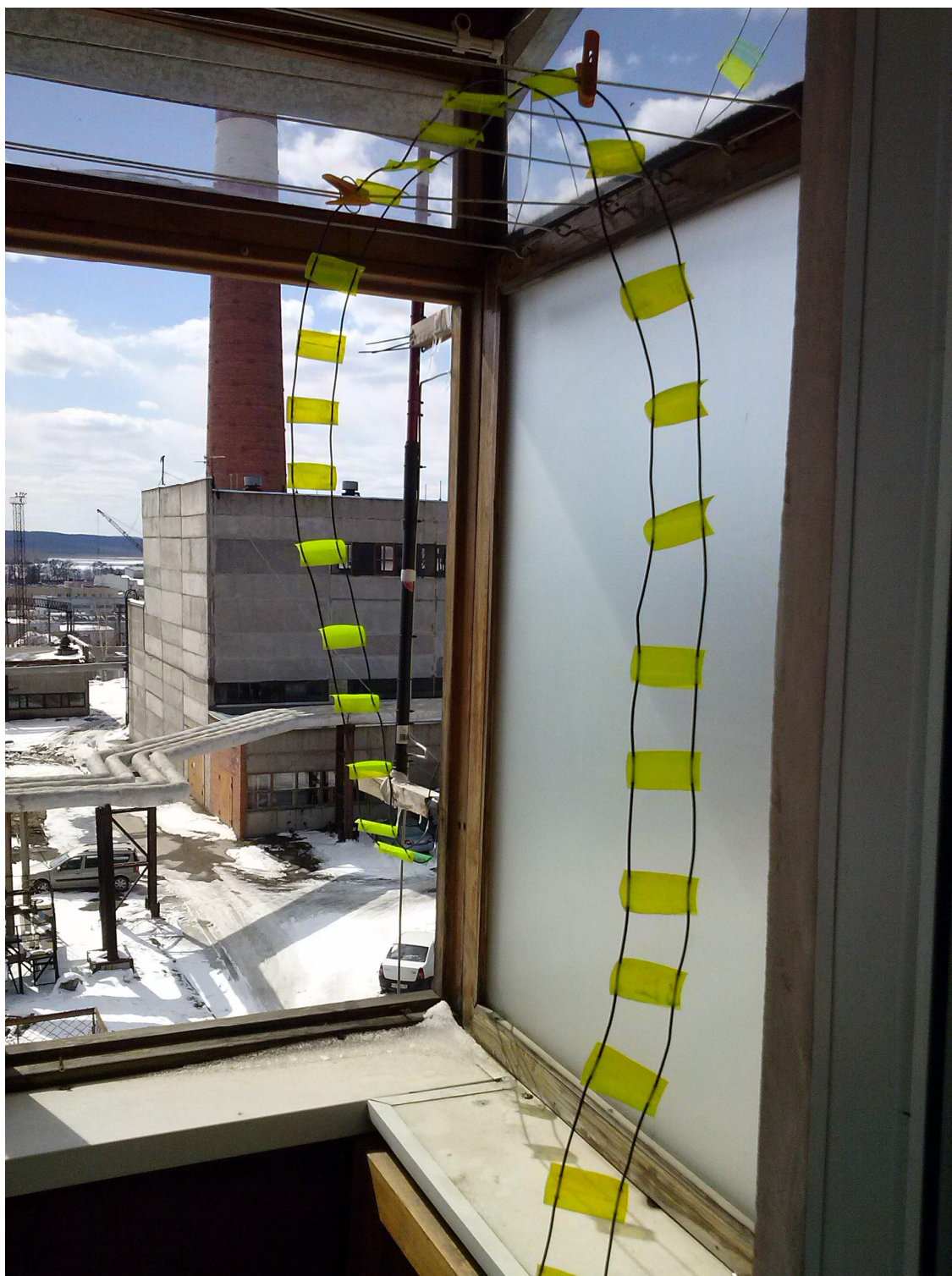


Рис. 1

Я использовал многократно проверенный мной вариант по совету Игоря Гончаренко DL2KQ: я взял ту же двухлитровую пластиковую бутылку, сделал несколько отверстий возле дна и горлышка, где пластик толще, и намотал на ней виток к витку сколько влезло нерасплетенной полевки. С одной стороны подключил ее прямо к антенне, а с другой – к симметричной линии.

Да, потери в нерасплетенной полевке выше, но на бутылке ее всего несколько метров, вполне приемлемо и незаметно. Необходимо учесть, что эта бутылка не должна касаться никаких предметов. Под нее было положено еще две бутылки в качестве изоляторов, и все это дело было обмотано изоляционной лентой.

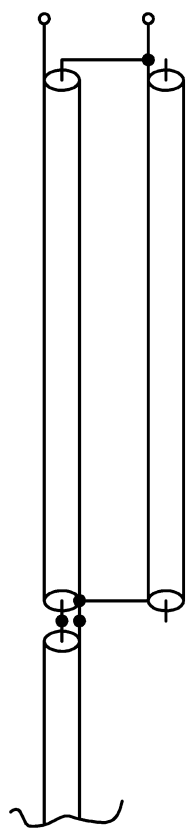


Рис. 2

Вот с нижним переходом на коаксиальный кабель оказалось все сложнее. В течение зимы 2014 года я испробовал множество вариантов, начиная от ферритовых трансформаторов с громадными потерями (провал сигналов даже на прием до нескольких баллов по S-метру, не следует применять ни в коем случае) и заканчивая громоздкими и сложными воздушными трансформаторами. Самым оптимальным оказалось использование обычного балансного симметрирующего устройства в широкополосном варианте, схема и конструкция которого описаны в [1].

На **рис. 2** показана схема устройства, а на **рис. 3** – его конструкция. Центральная жила второго отрезка кабеля не используется, линия подключается к центральной части образовавшейся катушки, а коаксиальный кабель – к точке распайки ее концов.

Согласно рекомендациям, чтобы перекрыть все любительские КВ диапазоны, длина кабелей в катушке должна быть от 4 до 10 метров, диаметр катушки 100...200 мм, число витков от 2x5 до 2x12. Я для эксперимента применил кабель РК50-2-11, и размеры сделал меньше рекомендуемых (рис. 4), даже при этом

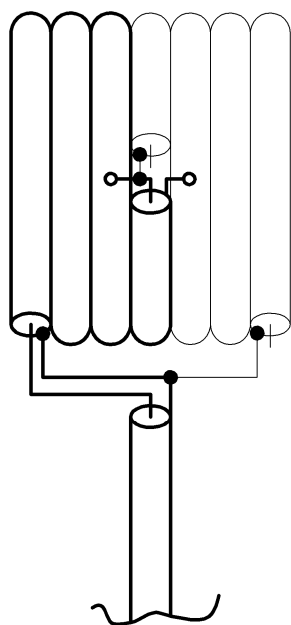


Рис. 3

потери получились несущественными. Рекомендовал бы использовать 75-омные кабели со вспененным диэлектриком вроде SAT-50, SAT-703, SAT-752. Требования к монтажу такого симметрирующего устройства такие же, как к обычной ВЧ катушке. Специально подавления синфазного тока в линии не измерялось, однако ВЧ вольтметр показывает одинаковые ВЧ напряжения на каждом из проводников линии, а уровень помех на ВЧ диапазонах позволяет в условиях Екатеринбурга использовать предусилитель. При этом если умышленно закоротить линию и подключить ее ко входу приёмника, то уровень шума зашкаливает за 9 баллов (рядом подстанция), что также говорит о приемлемом симметрировании.



Рис. 4

Из недостатков стоит отметить заметное изменение входного импеданса антенны по диапазонам, однако КСВ в линии и так достаточно большой и требует согласования в любом случае.

Ну и последнее. Необходимо стремиться сделать коаксиальную часть фидера как можно короче, буквально лишь бы подключится к трансиверу, и ни как не более 3...4-х метров.

Литература:

1. Гончаренко И. Антенны КВ и УКВ. Часть II. Основы и практика. – М.: Радиософт, журнал «Радио». 2006.

CQ-QRP # 48

Опыты R3PIN с антеннами UA6AGW

Александр Грачёв UA6AGW

В этой статье я расскажу о двух антеннах, изготовленных Сергеем Ивановичем Тетюхиным R3PIN. В обоих случаях предпринималась попытка реализовать антенны на диапазон 144 МГц. Поскольку Сергей первым попытался изготовить антенну на этот диапазон, то готовых рецептов у него не было. Ему пришлось решать задачу методом проб и ошибок. И, хотя описанные здесь попытки не привели к поставленной цели, метод проб и ошибок дал весьма неожиданные результаты. Электрические схемы обеих антенн одинаковы (рис. 1)

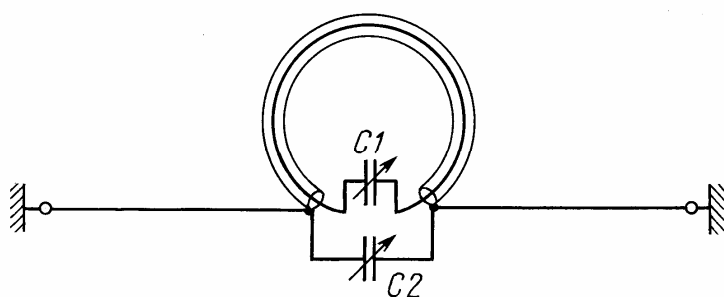


Рис. 1. Схема антенны

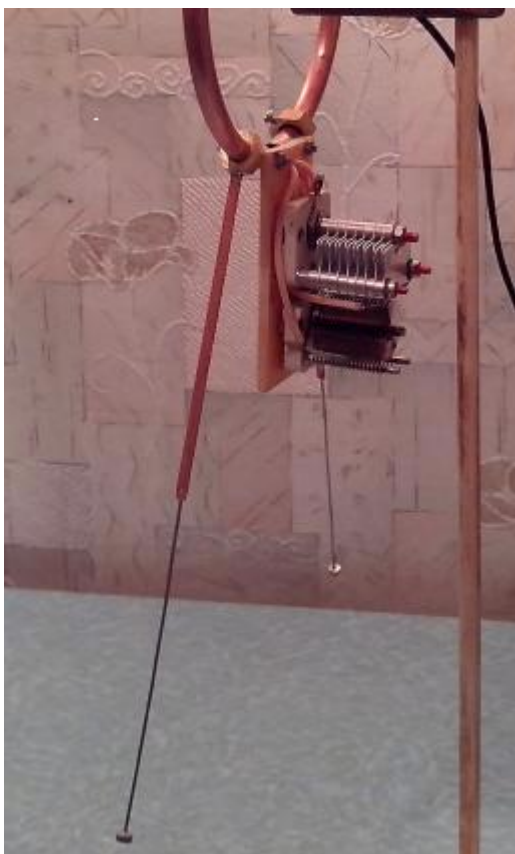


же медной трубки, как и излучающая рамка и имеет диаметр 7 см.

Петля связи выполнена по классической схеме, не имеет устройств симметрирования и гальванического контакта с самой рамкой. Питающий кабель припаян непосредственно к петле связи.



Опыт № 1. Первая антенна была изготовленная Сергеем, в виде настольной конструкции и имела общую высоту около 45 см. Излучающая рамка антенны диаметром 13 см., выполнена из медной трубки диаметром 8 мм. Для реализации коаксиальной пары, внутрь трубки вставлена, вместе с её изоляцией диаметром 2,5 мм, внутренняя жила кабеля марки РК-50. Петля связи выполнена из такой



Лучевая часть антенны состоит из двух лучей длиной по 22 см, которые выполнены телескопическими, каждый из них состоит из двух колен. С помощью винтового зажима они могут быть установлены в любой части рамки.

Конденсатор С1 марки КПВ, емкостью 8-140 пФ. Конденсатор С2 тоже с воздушным диэлектриком и имеет максимальную ёмкость.

Результаты. Размеры основных элементов антенны оказались слишком велики для двухметрового диапазона. Как выяснилось позже, с помощью переменных конденсаторов антенна перестраивается в диапазоне 18...56 МГц, поэтому её натурные испытания проводились на диапазоне 28 МГц.

Испытания антенны проводились в положении лучей, имеющих максимальную длину и расположенных так же как на фотографии с общим видом.

$KCB = 1,0$ на частоте 28550 кГц антенна показала при максимальной емкости конденсатора С2 и настройке на рабочую частоту с помощью конденсатора С1. Рабочая полоса по уровню $KCB = 2,0$ составила 500 кГц.

Диаграмма направленности оказалась вполне предсказуемой. Она имеет вид вытянутого в плоскости лучей и рамки эллипса, с соотношением «вперед – вбок» не менее 15 дБ. Антенна, находясь на столе, либо на подоконнике, позволяет уверенно проводить местные связи на диапазоне 10 метров.

При этом хорошо виден высокий КПД антенны. К примеру, корреспондент подает на свою наружную антенну типа «Inverted V» 80 Вт, Сергей подает 5 Вт и использует эту антенну, стоящую на подоконнике, при этом уровень сигнала в обоих случаях равен 5 баллам.

Все о чем здесь написано, можно увидеть на хорошо снятом Сергеем ролике: http://www.youtube.com/watch?v=-uNrlRNcLu4&feature=em-upload_owner

Впоследствии Сергей любезно согласился предоставить эту антенну мне, для более широких испытаний, но это уже другая история.

Опыт №2. Электрическая схема этой антенны ни чем не отличается от предыдущей. Размеры основных элементов у этой конструкции Сергей значительно уменьшил. Излучающая рамка антенны имела диаметр 5,5 см и была выполнена из медной трубки диаметром 4,7 мм. Внутренняя коаксиальная жила излучающей рамки выполнена из провода марки МГТФ диаметром 0,27 мм. Конденсаторы С1 и С2 применены типа КПК, ёмкостью 6...25 пФ. Лучевая часть антенны состоит из двух лучей длиной 10 см, изготовленных, в этом случае, из луженой медной проволоки.



Катушка связи в этой антенне, выполнена проводом ПЭВ 1,2 мм, в виде двухвитковой катушки диаметром 8 мм, с шагом между витками около 5 мм. Но расположена она, в отличие от привычной петли связи, не параллельно излучающей рамке а перпендикулярно.



Кроме того, эта катушка, с помощью устройства, слегка напоминающего

стрелку часов, имеет возможность перемещаться по периметру излучающей рамки.

Кабель питания припаян непосредственно к катушке связи. Для исключения наводок, на оплетку кабеля надето ферритовое кольцо поблизости от катушки связи и такое же кольцо на конце кабеля.



Результаты. Так же как и в предыдущем случае, размеры основных элементов антенны,

оказались слишком велики для диапазона 2 метра. Но антенна прекрасно настраивается на вещательный диапазон 88...108 МГц, поэтому испытания проводились на этом диапазоне и пока только на прием.

Проверка диаграммы направленности антенны сразу же преподнесла приятный сюрприз. Антенна обладает односторонней диаграммой направленности! Ширина основного лепестка в горизонтальной плоскости, по уровню сигнала -3 дБ, оценивается приблизительно в 30...40 градусов, подавление сзади и сбоку явно превышает 20 дБ. Что интересно: перемещение катушки связи по периметру

излучающей рамки в одном направлении



заметно увеличивает уровень принимаемых сигналов, а в другом направлении – полностью исключает прием.

Если изменить направление намотки катушки и полярность подключения кабеля, то эти направления меняются местами. Очевидно, что имеющаяся диаграмма направленности возникла в результате применения именно такой катушки связи.

Все эти опыты можно увидеть в интернете, по адресу: <http://www.youtube.com/watch?v=gPBTSM-uFKI>

Выводы. На данный момент у меня нет рационального объяснения обнаруженного R3PIN эффекта. Единственное, как мне кажется, разумное объяснение может быть дано только, если принять во внимание возникновение в этом месте антенны вращающихся магнитных полей, образующихся в результате взаимодействия поля падающей волны и собственного поля антенны [1].

Вместе с тем, переоценить значение обнаруженного Сергеем эффекта сложно. Конечно, следует внимательно изучить все возможности применения этого эффекта, но уже сейчас просматривается возможность создания очень простых направленных антенн.

Литература:

1. В. Т. Поляков. О ближнем поле приемной антенны. *Схемотехника*, 2006, №3, №4. <http://grp.ru/cqgrp-magazine/458-cq-grp-8>

Редакционный комментарий. После прочтения этой статьи вспоминаются слова Альберта Эйнштейна: – «Все знают, что этого сделать нельзя, но находится один, который этого не знает. Он-то это и делает!».

На наш взгляд, пока еще рано давать какие-либо комментарии, поскольку фактов собрано ещё очень немного. Но мы поспешили с публикацией, поскольку, во-первых, эффект направленного излучения в этой конструкции, несомненно, имеется, во-вторых, чтобы привлечь как можно больше радиолюбителей к экспериментам в этом направлении, для набора фактического материала.

Собственно, эффект направленного излучения малых антенн известен давно, и чаще всего, он получается в комбинациях электрической и магнитной антенн. Вспомните антенны приёмников для «охоты на лис», рамочно-лучевую антенну RA3AAE, направленную антенну UA6AGW. Моделирование в программе MMANA эту направленность подтверждает. Нужны дальнейшие опыты!

CQ-QRP # 48

Усилитель ЗЧ для приёмника прямого преобразования

Виктор Беседин UA9LAQ

Для приёмника прямого преобразования (ППП) необходим усилитель звуковых частот (УЗЧ) с очень большим коэффициентом усиления. Объясняется это требованием усиливать очень слабые сигналы, уровень которых после смесителя не превышает, в лучшем случае, нескольких милливольт. (В супергетеродинном приёмнике часть усиления берёт на себя УПЧ). Усилитель должен обладать низким уровнем собственных шумов, питаться от источника с малыми пульсациями и иметь защиту (развязку и экранировку) от внешних наводок. Поскольку уровень шумов зависит и от полосы пропускания УЗЧ – широкополосный усилитель больше шумит и менее устойчив к самовозбуждению – полоса пропускания описываемого УЗЧ искусственно сужена: сверху за счёт частотно-зависимой отрицательной обратной связи (ООС) в первых двух каскадах, снизу – за счёт относительно малых переходных межкаскадных емкостей.

Обратимся к блок-схеме УЗЧ (рис. 1):

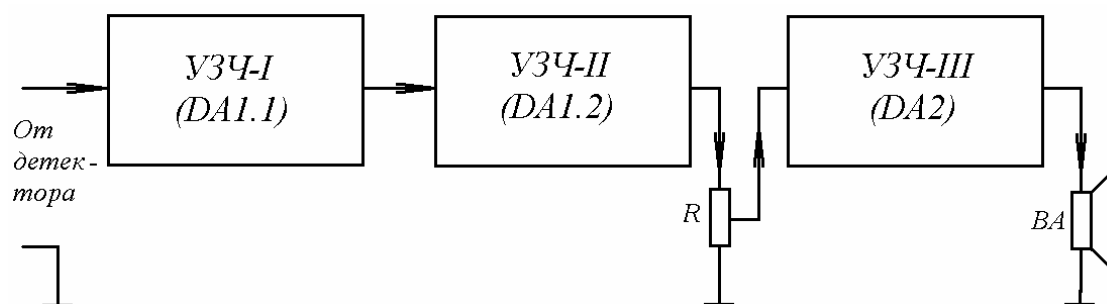


Рис. 1. УЗЧ для ППП. Блок-схема

Входной сигнал со смесителя приёмника прямого преобразования поступает на вход операционного усилителя DA1.1, усиливается им и поступает на вход второго ОУ DA1.2, идентичного первому. Усиленный сигнал ЗЧ подаётся на регулятор громкости, с движка которого поступает на вход оконечного усилителя мощности (УМЗЧ), к которому подключена динамическая головка.

Коэффициент усиления УЗЧ по напряжению составляет 80 дБ и распределён так: 20 дБ (DA1.1) + 20 дБ (DA1.2) + 40 дБ (DA2) = 80 дБ (10000 раз). При выходном напряжении 0,5 В, входное напряжение составит всего 50 мкВ. Номинальное напряжение питания усилителя $U_{пит} = 9$ В, но может снижаться до 7,5 В или повышаться до 12 В.

Принципиальная схема УЗЧ приведена на рис. 2. Рисунок допускает увеличение. Сигнал (отфильтрованный от РЧ составляющих) с фильтра (после детектора) детекторного приёмника или приёмника прямого преобразования поступает на вход УЗЧ и через разделительный конденсатор С1 на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) – вывод 3 DA1.1.

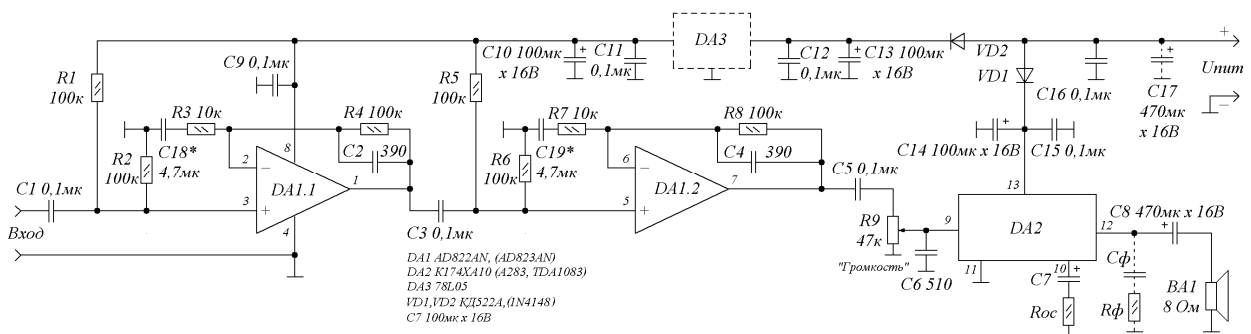


Рис. 2. Усилитель ЗЧ для приёмника прямого преобразования.

С вывода 1 этого ОУ усиленный сигнал поступает через разделительный конденсатор С3 на неинвертирующий вход второго ОУ идентичного первому – вывод 5 DA1.2, усиливается им и с выхода – вывод 7, через разделительный конденсатор С5 поступает на переменный резистор R9, служащий регулятором громкости. С движка этого резистора сигнал поступает на вход ИМС DA2 (вывод 9), усиливается её УЗЧ и, через разделительный конденсатор С8 (вывод 12) проходит на динамическую головку ВА1 или головные телефоны, где преобразуется в звук.

Резисторы R1 и R2 обеспечивают режим работы DA1.1, а R5 и R6 – DA1.2 по постоянному току. Соотношением сопротивлений резисторов R3, R4 и R7, R8 определяется коэффициент усиления ОУ по переменному току, конденсаторы C2, C4, являясь звеньями частотно-зависимой отрицательной обратной связи (ООС), ограничивают полосу пропускания УЗЧ со стороны верхних частот, C18, C19 – со стороны нижних частот ЗЧ диапазона. Конденсатор С6 блокирует проникновение напряжений верхних частот ЗЧ диапазона и РЧ наводок на вход DA2.

Конденсаторы С1, С3, С5 и С8 разделительные и дополнительно ограничивают полосу пропускания со стороны нижних частот. Остальные конденсаторы (кроме С7) служат для развязки по цепи питания ИМС УЗЧ. Конденсатор С7 устраняет 100%-ную ООС в DA2, существующую без него. Резистор R_{ос} позволяет регулировать степень и частотную характеристику обратной связи по переменному току. Он может быть заменён проволочной перемычкой. Чем больше его сопротивление, тем меньше устраняется отрицательная обратная связь по ЗЧ, ниже усиление и выше верхняя граничная частота УМЗЧ.

Микросхема DA3 – интегральный стабилизатор с выходным напряжением 5 В служит для поддержания постоянным питающего напряжения предварительных каскадов УЗЧ, собранных на ИМС DA1 и, одновременно, дополнительным звеном, сглаживающим пульсации питающего напряжения и развязывающим по питанию предварительные каскады УЗЧ от окончного. При отсутствии негативных явлений (повышенного коэффициента пульсаций питающего напряжения, достаточной развязки по питанию предварительных каскадов от окончного при предустановленном низком коэффициенте усиления УЗЧ и при желании иметь УЗЧ с низким напряжением питания – от 3 В), стабилизатор DA3 может быть упразднён. Диоды VD1 и VD2 также служат звеньями развязки между предварительными и окончными каскадами УЗЧ.

При необходимости обеспечить питание УЗЧ минимальным напряжением, смирившись с некоторым увеличением уровня шумов и спадом устойчивого усиления УЗЧ, можно упростить цепи его питания, удалив стабилизатор, часть развязывающих конденсаторов и диоды. Однако, в зависимости от применённых компонентов и монтажа, это может привести к нестабильности УЗЧ, его склонности к самовозбуждению, тем более, если УЗЧ будет применяться на любительской радиостанции, а, значит, при наличии близко расположенного передатчика (при РЧ наводках). Исходя из последнего фактора, необходимо поместить УЗЧ (вместе с приёмником) в экранирующий корпус (металлический или металлизированный), исключающий также и наводки на УЗЧ со стороны гетеродина приёмника прямого преобразования.

Очень часто пренебрегают экранировкой динамических головок и подводящих проводов, а они являются “хорошими антеннами” для подвода РЧ к цепям УЗЧ, который при этом меняет режим работы и возбуждается. В тяжёлых случаях необходимо установить в цепь “фазного” провода головки небольшой дроссель с индуктивностью до 10 мкГн (намотанного проводом достаточно большого сечения (0,5...1,0 мм), установив его или на плате, или в провод от платы к динамической головке, или намотать на ферритовом колечке несколько витков проводами, идущими к динамической головке ВА1 и разместив колечко непосредственно у платы УЗЧ. Непосредственно с вывода 12 ИМС DA2 на общий провод устанавливается цепочка из конденсатора ёмкостью до 0,1 мкФ (Сф) и резистора сопротивлением в несколько Ом (Rф). С одной стороны, резистор Rф (Рис. 2) служит нагрузкой для высокочастотных составляющих ЗЧ сигнала, которые конденсатор Сф способен пропустить, с другой стороны резистор Rф является демпфером, включенным в параллельный контур СфL, (где L – индуктивность катушки динамической головки ВА1), служащим для устранения резонансных явлений. Rф является и нагрузкой для ВЧ составляющих, наведённых на катушку динамической головки ВА1 и соединительные провода.

DA1 можно применить AD822 или AD823, тип корпуса ИМС (AN или AR) влияет лишь на конфигурацию печатных проводников на монтажной плате, DA2 – отечественная ИМС K174XA10 или импортные A283, TDA1083. Годятся и другие распространённые УМЗЧ, например, LM386. При желании сделать конструкцию миниатюрной, следует применить ИМС в соответствующих корпусах. В качестве DA2 можно применить, например, TBA820M или другой оконечный УЗЧ, обеспечивающий выходную мощность 100...500 мВт на нагрузке 8 Ом (или меньшую мощность, если УЗЧ будет применяться только с головными телефонами, например, с сопротивлением 32 Ом). ИМС DA3 можно заменить любым маломощным стабилизатором с выходным напряжением 5 вольт отечественного производства (серии K142, например). Резисторы и конденсаторы можно применить в чип-исполнении (SMD), исключение составляют электролитические конденсаторы, поскольку их ёмкости значительны, - такие в чип-исполнении не встречаются. При изменениях в типах применяемых деталей, придётся переработать монтажную плату. Монтаж с применением чип-компонентов не только позволяет уменьшить габариты устройства, но и

значительно сокращает паразитные ёмкости между выводами деталей и индуктивности выводов. Малые размеры позволяют очень легко экранировать устройство.

Изменением номиналов резисторов R3, R4 и R7, R8 изменяют коэффициент усиления DA1.1 и DA1.2 по переменному току, соответственно. Резисторами R1, R2 и R5, R6 “вывешивают” середину напряжения источника питания на выводах 1 и 7 (выходах ОУ) для обеспечения линейного режима их работы (и одинакового усиления, как отрицательных, так и положительных полуволн напряжения ЗЧ). Резисторы R4 и R8 обеспечивают 100% ООС по постоянному току и способствуют поддержанию половины напряжения источника питания на выходах ОУ. Конденсаторы C2 и C4 служат для уменьшения усиления ОУ, в зависимости от частоты (увеличивают ООС с ростом частоты в DA1.1 и DA1.2, соответственно), обеспечивая функцию двухкаскадного ФНЧ. Конденсаторы C18 и C19 обеспечивают частотно-зависимую работу цепи ООС по переменному току в области нижних частот ЗЧ диапазона (чем меньше ёмкость этих конденсаторов, тем с больших частот будет начинаться диапазон усиливаемых частот). Уменьшая ёмкости этих конденсаторов и увеличивая ёмкости конденсаторов C2 и C4, можно сужать диапазон усиливаемых УЗЧ частот и, если поступать наоборот, – расширять. Конденсатор C6 защищает вход ИМС DA2 от РЧ наводок, C7 устраняет отрицательную обратную связь по току ЗЧ, C8 – разделительный по постоянному току. Диод VD1, при питании усилителя напряжением 9...10 В, может отсутствовать, хотя, в отдельных случаях, он помогает избежать завязок по питанию (служит звеном фильтра C16C17VD1C14C15) в полной конфигурации высокочувствительного УЗЧ. Так же средством развязки по питанию служат элементы C9, C10, C11, DA3, C12, C13, VD2, C16, C17. Номинальное напряжение питания УЗЧ составляет 9 В и может изменяться от 6,7...7,6 В (зависит от экземпляра и типа DA3) до 12 В, при отказе от DA3 (см. выше) – от 3 до 12 В.

Поскольку разброс номиналов активных элементов от типовых табличных в наше время может составлять до 20...50%, при необходимости и желании, можно подкорректировать как усиление УЗЧ, так и его частотную характеристику. Номинальная полоса пропускания УЗЧ должна быть в пределах 300...2700 (3000) Гц с неравномерностью не более 3 дБ.

Конденсаторы C11 и C12 применены в чип-исполнении и располагаются со стороны печатных проводников, остальные – обычные для навесного монтажа, отечественные или импортные с расстоянием между выводами 5 мм (K10-17, например). Для применения в составе радиостанции, лучше всего плату выполнить из стеклотекстолита фольгированного с двух сторон: фольга со стороны расположения деталей служит экраном и соединяется с “общим проводом” со стороны печатных проводников посредством металлизации отверстий, пистонами или отрезками одножильного монтажного провода, которые вставляются в отверстия в плате, обозначенные на эскизе монтажной платы (рис. 3 и 4), как отверстия большего диаметра, помеченные крестиками, пропайкой выводов деталей, идущих на общий провод, с обеих сторон платы. Несмотря на

экран-фольгу на плате со стороны деталей, металлический или металлизированный корпус для УЗЧ (приёмника) крайне желателен.

Поскольку выводы деталей припаяны со стороны печатных проводников, а сами детали расположены с противоположной стороны платы, под каждый их вывод предусмотрено сквозное отверстие, раззенкованное со стороны установки деталей сверлом большего, чем отверстие диаметра: так, например, под выводы микросхем, обычно требуется сверло диаметром 0,6 мм, под большинство других деталей 0,7...0,8 мм. Зенковку отверстий, в зависимости от их диаметра, выполняют остро заточенным сверлом диаметром 3...7 мм.

В узлах, стоящих на входе чувствительной аппаратуры (с большим коэффициентом усиления), желательно зенковать и отверстия для выводов деталей, соединённых с общим проводом, причём, это тем более актуально, чем больше толщина фольгированного материала. Дело в том, что вывод детали, припаянный к “земляному” проводнику со стороны “печати”, на высоте земляной фольги со стороны деталей уже имеет некоторый потенциал, относительно “земли”, если отверстие не раззенковать, то появится непостоянный контакт, который будет создавать шорохи и трески, которые, усиленные УЗЧ многократно, снизят соотношение сигнал-шум в приёмнике. Одним словом, нужной реальной чувствительности приёмника, в этом случае, мы не получим и самые слабые сигналы просто “утонут” в шумах. На практике с этим борются, применяя металлизацию отверстий, пропаивая “земляные” выводы деталей с обеих сторон платы или применяя перемычки между экранирующей фольгой и фольгой общего провода платы, как можно чаще “пропущенные” через плату. Конденсатор С17, (обычно является выходным у стабилизаторов питания аппаратуры), при необходимости, может быть установлен вне печатной платы. Диоды VD1 и VD2, кроме полезной функции, описанной выше, могут детектировать напряжение РЧ наводок, поэтому необходимо обеспечить минимальную площадь проводников, подводящих питание и (или) развязать их по РЧ, экранировать. Провод питания надо экранировать и/или установить у платы ферритовое колечко, на котором проводами питания (+ и - одновременно) сделать несколько витков.

На рис. 3, 4 приведены эскизы монтажной платы УЗЧ и расположения деталей.

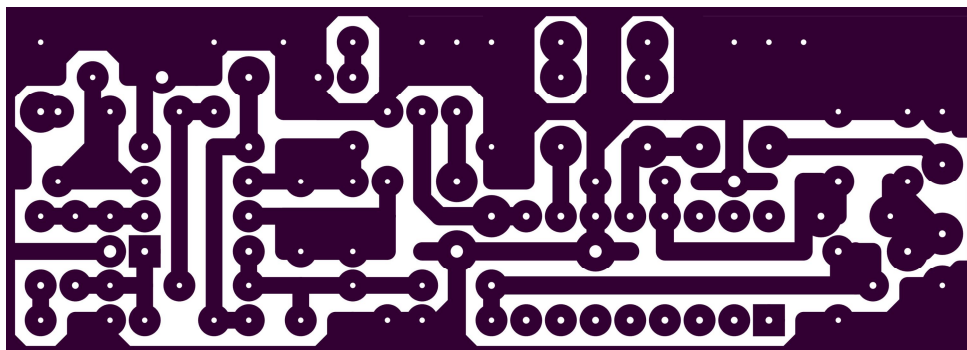


Рис. 3. Эскиз монтажной платы усилителя. Вид со стороны печатных проводников. Размер 70 x 25 x 1,0...1,5 мм. Отверстия большего диаметра предназначены для установки пустотелых заклёпок-пистонов (или проволочных перемычек), соединяющих фольгу с обеих сторон платы.

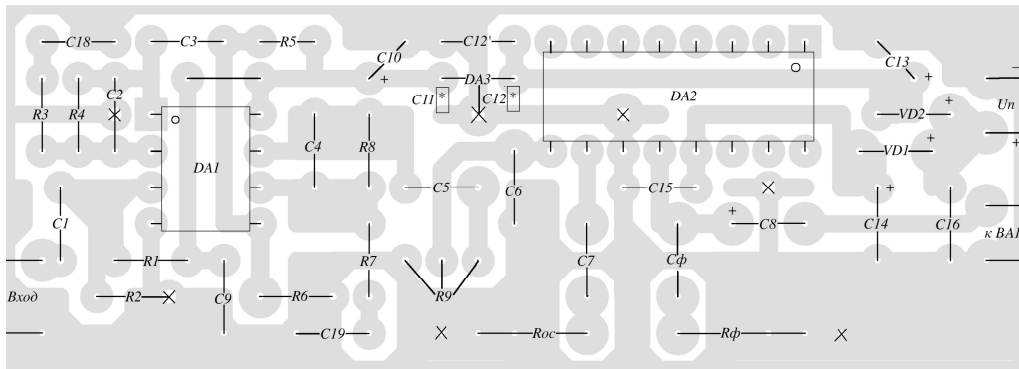


Рис. 4. Эскиз расположения деталей на плате усилителя.

Знаком * отмечены элементы, устанавливаемые со стороны печатных проводников. Это – чип-конденсаторы C11 и C12 типоразмера 0805 (плюс-минус один типоразмер), которые впаиваются между печатными проводниками общего провода и “плюсом”, непосредственно у выводов ИМС DA3. На плате предусмотрены отверстия под дополнительный конденсатор C12’ 1 мкФ для случая сильных РЧ наводок и под цепочку из последовательно соединённых конденсатора Cф и резистора Rф, соединяющих выход ИМС (вывод 12) DA2 с общим проводом. Крестиками обозначены места соединения фольги с нижней и верхней стороны платы.

Для сравнения: в [1] приведено описание УЗЧ с усилением до 74 дБ на микросхеме LM386, он проще, содержит всего одну микросхему, но больше шумит, чем предлагаемый здесь, и вблизи максимума усиления неустойчив, т. е., срывается в генерацию, если поднять напряжение питания.

* * *

Теперь поговорим о технологии изготовления усилителя. Вырезаем плату по размерам (70x25 мм) из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,0...1,5 мм. Отверстия под выводы деталей можно просверлить сразу, после кернения по шаблону, если рисунок платы будет наноситься обычным способом – рисованием, и после травления, если применяется ЛУТ (лазерно-утюжная технология). Вырезанную заготовку обрабатываем, убираем заусенцы, могущие повредить руки, очищаем от окислов и грязи (лучше всего с этим справляется “чернильный” ластик, в материале которого присутствуют абразивные вкрапления). Затем поверхность заготовки обезжиривают, например, чистым ацетоном или спиртом (после этого к поверхности фольги не прикасаться руками), и с помощью разогретого утюга прикатывают “зеркальный” отпечаток рисунка проводников, выполненный на лощёной бумаге на лазерном принтере с использованием максимального количества тонера. Время прикатывания отпечатка к фольге заготовки зависит от температуры подошвы утюга, толщины бумажной прокладки, через которую прикатывается отпечаток и от усилия (прижима утюга) при прикатывании и определяется экспериментально так, чтобы, с одной стороны, тонер приклеился намертво по всей площади отпечатка к заготовке, с другой – чтобы он не “поплыл”, размазывая рисунок. После прикатывания, под стружкой холодной или чуть тёплой воды или, просто, периодически смачивая, бумажный слой прикатанного отпечатка “катышками” удаляется, причём, чем ближе к тонеру, тем аккуратнее нужно проводить эту

операцию. Удалив остатки бумажной подложки, осматриваем нанесённый на фольгу рисунок, дефекты устраняем, подкрашивая, например, лаком для ногтей, нанося его с помощью заострённой спички, маленькой кисточки (без прижима) или медицинским шприцем с иглой, после высыхания лака, оставшиеся огрехи подравниваем острым ножом или чертилкой по краям изображения проводников.

Фольга с противоположной стороны платы защищается скотчем, приклеивая его к заготовке платы, нужно удалить под ним все воздушные пузырьки. Травление медного покрытия заготовки производится в холодном или чуть тёплом растворе хлорного железа, покачивая ванночку, в которой производится травление, для более быстрого и равномерного вытравливания меди между дорожками – печатными проводниками. После окончания травления, плата промывается проточной водой, затем, тонер смывается растворителем (ацетоном). Проводники с хорошо смытым тонером оказываются обезжиренными и к ним не нужно прикасаться руками. Плату берут за края, равномерно покрывают жидким флюсом (например, R41i) с помощью кисточки, затем облуживают, прижимая к печатным проводникам жалом разогретого паяльника (не перегревая) и протаскивая вдоль них кусочек экранной оплётки проводов, предварительно смоченный флюсом с расплавленным на оплётке кусочком легкоплавкого припоя, например ПОС-61. Паять и лудить лучше припоем, вытянутым в нитку диаметром 0,8...1,5 мм с флюсом внутри. После окончания лужения (покрытия с помощью припоя) проводников на плате, необходимо облудить и противоположную сторону платы – экран (зачищенную и обезжиренную), затем смыть флюс растворителем и насухо вытереть плату.

Произвести кернение и сверление всех необходимых отверстий по месту на плате. Сверлить отверстия необходимо под углом 90° к плате, с помощью остро заточенного сверла, во избежание подъёма фольги проводников у отверстий, и на большой скорости. Под выводы микросхем отверстия сверлятся сверлом диаметром 0,6 мм, под выводы большинства других деталей 0,7 мм. Для устранения замыкания выводов деталей на общий провод, со стороны установки деталей производится зенковка отверстий (удаление фольги вокруг отверстий) с помощью сверла диаметром 3...4 мм, не зенкуются лишь отверстия под выводы, соединённые с общим проводом: эти выводы пропаиваются с обеих сторон платы.

В первую очередь на плату устанавливаются проволочные перемычки, затем, неактивные детали – диоды, резисторы, конденсаторы и, наконец, ИМС. В последнюю очередь устанавливают детали, номиналы которых нужно подобрать, эти детали впаиваются полными выводами (выводы не укорачиваются), чтобы потом их можно было использовать в другой аппаратуре. ИМС стабилизатора напряжения DA3 необходимо впаивать только после того, когда работа усилителя на ИМС DA2 будет отлаженной и безупречной: будет отсутствовать самовозбуждение, при работе на динамическую головку с сопротивлением 8 Ом.

* * *

Налаживание усилителя. Впаяв ИМС стабилизатора DA3, замыкаем вход УЗЧ на общий провод и, с помощью подбора соотношения сопротивлений резисторов R1/R2 и R5/R6 устанавливаем напряжения на выходах DA1.1 и DA1.2,

соответственно, точно равными половине напряжения их питания (при $U_{пит} = 5 \text{ В}$ эти напряжения будут равны по $2,5 \text{ В}$). Соотношением сопротивлений резисторов $R3/R4$ и $R7/R8$ устанавливаем коэффициент усиления каждого ОУ (DA1.1 и DA1.2, соответственно) равный 20 дБ (десять раз по напряжению (здесь: 11)). Конденсаторы C2 и C4 определяют завал АЧХ УЗЧ на верхних частотах; C1 и C3 – завал на нижних частотах звукового диапазона. Сигнал с выхода детектора приёмника (входной для УЗЧ) амплитудой $0,1 \text{ мВ}$ (частотой, например, 1 кГц) в полосе $300 \dots 2700 \text{ Гц}$ должен давать на выходе ОУ DA1.1 - 1 мВ , на выходе DA1.2 – 10 мВ , на выходе УЗЧ – 1 В , при движении потенциометра R9 в верхнем (по схеме) положении. То есть усиление каскадов УЗЧ распределяется следующим образом: $20 \text{ дБ} + 20 \text{ дБ} + 40 \text{ дБ} = 80 \text{ дБ} = 10000 \text{ раз}$. Для некоторой стабилизации этого коэффициента усиления и коэффициента вносимого шума (соотношения сигнал/шум), питание предварительных каскадов производится через стабилизатор (DA3), который развязан по РЧ, непосредственно у выводов DA3, с помощью конденсаторов C11 и C12 в чип-исполнении (таким образом, уменьшена индуктивность выводов конденсаторов). На вход стабилизатора необходимо подавать минимально: напряжение стабилизации плюс напряжение перепада между входом и выходом стабилизатора, минимально необходимое для его работы, что, согласно паспортным данным на стабилизатор 78L05, составит $5 \text{ В} + 2 \text{ В} = 7 \text{ В}$, прибавим сюда падение напряжения на диоде VD2 – $0,6 \text{ В}$ и получим минимальное напряжение питания УЗЧ - $7,6 \text{ В}$ (обычно: $7,5 \text{ В}$ и менее). Если нет риска переплюсовки питающего УЗЧ напряжения, то, немного уменьшая степень развязки каскадов по питанию, диод VD2 можно упразднить и применить, вместо DA3 стабилизатор с меньшим рабочим перепадом напряжений на нём, так называемые “LowDrop“, тогда минимальное питающее напряжение для УЗЧ сократится с $7,6 \text{ В}$ до 7 В и 6 В , соответственно. Максимальным входным напряжением для DA3 считается напряжение 20 В , а для DA2 – 12 В , поэтому для питания УЗЧ таким напряжением ($12 \text{ В} \dots 15 \text{ В}$) один или последовательно включенная цепочка диодов (на месте VD1) являются обязательными и осуществляют защитную функцию, уменьшая напряжение питания микросхемы, примерно, на $0,6 \text{ В}$, в расчёте на один диод. При питании УЗЧ, например, от аккумулятора автомобиля, напряжение на котором в полностью заряженном состоянии составляет $14,2 \text{ В}$, в такую цепочку нужно последовательно включить не менее 5 диодов. Номинальное напряжение питания УЗЧ составляет 9 В . Усилитель ИМС DA2 начинает работать при напряжении питания менее 3 В , при таком же напряжении уже работает и ИМС DA1, поэтому, если не предъявлять к УЗЧ высоких требований, то можно отказаться от стабилизации напряжения, упразднив ИМС DA3 и оставить низковольтный вариант усилителя с питанием $3 \dots 4,5 \text{ В}$. Для сохранения стабильности его работы, возможно, потребуется включение ещё одной П-образной цепочки фильтра питания, последовательную часть которой составляет диод, а параллельные – конденсаторы. УЗЧ с комбинированным способом питания (высоковольтным и низковольтным) можно осуществить, продумав коммутацию, при этом, вход и выход ИМС DA3 можно (для осуществления низковольтного режима работы) просто замыкать накоротко (например, с помощью выключателя), не удаляя DA3 с платы. Главное, в этом

случае, быть внимательным и не подать высокое напряжение питания (можно предусмотреть блокировку), хотя DA1 имеет максимальное допустимое напряжение до 36 В и вынесет такое включение с улыбкой (Hi!). Если конденсатор С17 не подключен (а его наличие может быть необязательным, например, при питании от блока питания, т.к. он уже есть в БП на выходе), то усилителю, из-за наличия диодов VD1 и VD2 не страшна переполюсовка источника питания (тем более что конденсаторы развязки “за диодами” уже есть). С17 может оказаться необходимым, пожалуй, только, при питании УЗЧ от батареи с высоким внутренним сопротивлением (полуразряженной, старой), поэтому, для исключения переполюсовки следует предусмотреть либо механические меры (разные по размерам гнезда подключения) или включать ещё один диод последовательно в цепь питания.

Литература:

1. Kazuhiro Sunamura, JF1OZL. How to get 74 dB gain from LM386 IC
<http://www.intio.or.jp/jf10zl/LM386.htm>

О прохождении на СВ и ДВ

Виталий Тюрин UA3AJO

3 ноября. Продолжаю наблюдать за эфиром. Изменение температуры воздуха от плюса к минусу и наоборот в осенний период приводит к синхронным изменениям уровней сигналов от радиовещательных (РВ) станций и маяков (РМ). Причём наибольшим изменениям по уровню сигнала подвержены, в настоящее время, станции с удалением 30...50 км (до 2-х баллов). Уровни сигналов станций с удалением 80...100 км изменяются меньше (на 1 балл). Полагаю, что понятие «стабильный уровень сигнала в ближней зоне» имеет чисто условное значение.

Например: с 9-ти до 12-ти часов местного времени РВ из Куркино на частоте 1134 кГц сегодня федингует в пределах балла, на частоте 738 кГц – уровень стабильный, а завтра всё наоборот (удаление 85 км). Или, РМ 1005 кГц «ЛО»: с 9-ти до 12-ти часов проходит стабильно с уровнем 9 баллов, после 13-ти часов стабильно с уровнем 8 баллов (удаление 30 км), а завтра может быть всё наоборот.

За дальним прохождением наблюдаю: в 13 часов Трабзон 954 кГц и Киев 549 кГц проходят слабо или очень слабо. Краснодар 1089 кГц проходит с медленным увеличением сигнала до 9-ти баллов, а затем с медленным спадом сигнала до нуля. Третьего ноября впервые услышал на 9 баллов Мордовию 1080 кГц – уровень сигнала стабильный.

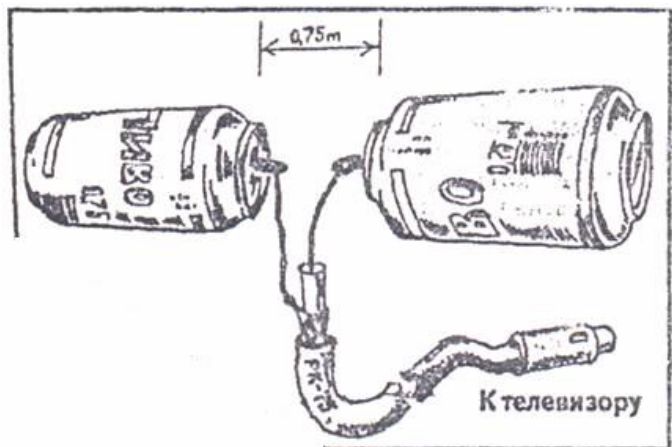
73! Виталий.

CQ-QRP # 48

Антенный юмор



Несокрушимая и легендарная... (польская ТВ антенна)



Логовилочная Оригинальная... и Баночная Классическая... Tnx to UA4CGR

Самое смешное здесь, что всё это работает!

CQ-QRP # 48