

Металлоискатель Терминатор 3 (и аналоги).

Специально для www.cxem.net

REV.1

«не боги горшки обжигают, а простые люди»

В связи с наличием свободных 5 минут и ленью повторять ответы по 10 раз на одни и те же вопросы, решил написать небольшую инструкцию исходя из собственного небольшого опыта.

Ничего нового из данной инструкции Вы не узнаете, но тем не менее ЭТО избавит Вас от просмотра десятков страниц форума и позволит настроить прибор с минимальными затратами энергии, нервов, материалов и не потерять желания участвовать в увлекательном мире КОПа.

За конструктивные решения, пожелания и фото, отдельное спасибо пользователю форума cxem.net – Михаилу ([mih72](#)).

За правильное направление , а также практические наработки и эксперименты спасибо пользователю форума cxem.net – Владимиру ([emetbraun](#)).

.... а также всем начинающим, чьи вопросы были приняты во внимания и позволили воплотить данную инструкцию в жизнь.

... а также всем опытным пользователям форума, без участия которых я не смог бы преодолеть уровень чайника в увлекательном мире создателя и разработчика радиотехнических устройств.

Все материалы инструкции принадлежат их авторам.

Теория взята из открытых источников интернета.

Немного истории.

Автор указанного МД – человек под ником Евгений Терминатор (город Нижний Новгород, РФ).

Первым доступным широкой публике авторским вариантом был – **Терминатор 4** – упрощенный вариант импортного МД - **Tesoro**. Упрощения сделаны в основном для простоты настройки. Далее ввиду изменений фильтра был создан **Терминатор 3**. Эта модификация и стала основоположной в дальнейшем пользовании и усовершенствовании. Для начинающих и не только, этот вариант является самым простым, с необходимою чувствительностью и возможностью селективности и дискриминации.

Дальнейшее развитие пошло по таким путям – один из них **Терминатор Трио** (от разработчика - a2111105 (www.cxem.net)), а второй **Терминатор 3 с двухтональным генератором** (от разработчика – Ятаган (www.md4u.ru)). Эти два варианта имеют существенные различия.

Терминатор Трио – озвучивает высоким тоном цветные цели (медь, серебро, никель, фольга, латунь, свинец) и низким тоном черные цели (железо, сталь). Можно также щелкнуть переключатель режима и сделать из **Трио** обычный **Терминатор 3** (отключить канал определения железа).

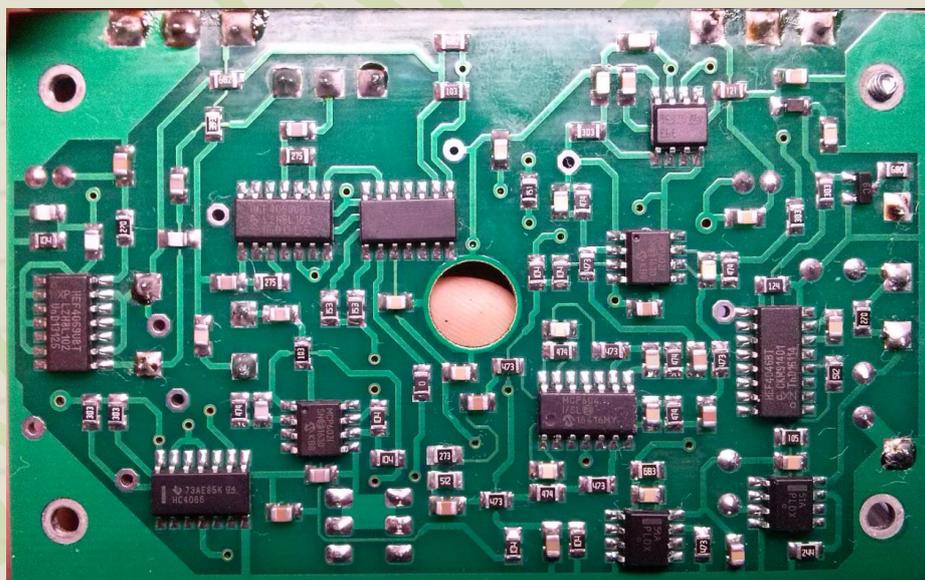
Терминатор 3 с двухтональным генератором не озвучивает черного металла вообще, зато пищит высоким тоном на высокопроводящие цели (медь, серебро) и низким тоном на низкопроводящие цели (никель, фольга).

Судя по статистике, на втором месте в приоритете пользования в свое время был **Терминатор Трио**. Автор же (Евгений) оригинального прибора весьма посредственно выразился о Терминаторе Трио, как о игрушке и просил не придавать себе авторства данного чуда (лучше сделать два **каналу X** , чем по **каналу Y** - цитата автора). Что в принципе и сделал позже, а также добавил к Терминатору 3 амплитудную озвучку цели в зависимости от расстояния к ней, стабилизацию температурного дрейфа микросхем

и назвал сей аппарат – **Терминатор Про**. Лично я считаю амплитудную озвучку излишеством (нужны наушники, так как плохо слышно слабые сигналы) и не приемлемым к практическому копу. Но на вкус и цвет товарищей нет... Стоит сказать что **Терминатор Про** до этого времени остается одним из самых хороших и популярных в узких кругах поисковиков разработок автора.

Дальнейшее развитие шло по стезям усовершенствования канальных усилителей (авторский вариант - **Мегатрон** и т.д.), перевод Терминатора на ОУ (**Терминатора от Корчева**) или коммерческие варианты типа **Терминатор М**, а также вариант с векторной вырезкой – **Проспектор**.

Кому интересно может посмотреть фото **Терминатор М**. Вот такой вид, вот такая сборка. Как по мне достаточно качественная работа. Ничего лишнего, никаких длинных проводов. Минимальное управление. Есть к чему стремиться в процессе сборки.





* Согласно мнению автора (Евгения) идеальным вариантом среди указанных есть - Мегатрон. Наилучшая, новейшая разработка, стабильная и правильно сформированная плата. Наилучшие характеристики.

Много уже было сказано. Но повторюсь еще раз. **Терминатор 3** является индуктивно-балансным металлоискателем с фазовой вырезкой. Имеет возможность разделения металлов по типу черный – цветной и оповещения пользователя согласно включенного режима. Режим **“Цветной-Все металлы”** позволяет пользователю видеть либо **все цветные металлы**, игнорируя **большинство небольших** объектов с черного металла, **либо видеть все металлы**. Стоит сказать что режим работы данного МД – динамический. Кстати в отличие от импульсных приборов (Пират-импад, Tracker PI-2, Clone PI-W, Clone AVR), датчик данного прибора **должен двигаться** и пересекать цель полностью. То есть поднести монетку к датчику и получить сигнал как у вышеописанных МД **не получится**. Нужно обязательно «махать» целью пересекая центр датчика.

Рабочая частота (проверено) – от 6 до 14 кГц. Более широкий диапазон не пробовал. Есть большая вероятность, что на других частотах, выходящих за указанный диапазон, МД работать **не будет** или будет работать **нестабильно**.

Создание устройства.

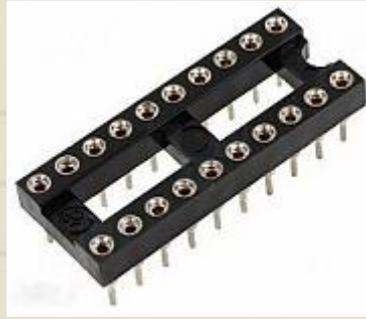
Сначала определимся с некоторыми понятиями.

МД – металлодетектор. Потому что происходит **детектирование** металла в закрытой от человеческих органов чувств, среде. **Не металлоискатель**, так как ищет человек, а не прибор. **Не миноискатель**, так как мины нежелательные находки в процессе.

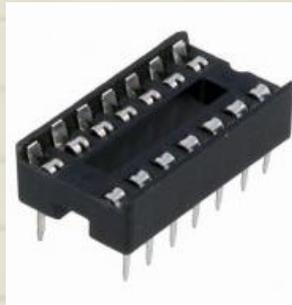
Катушка – это провод намотанный на сердечник или на каркасную основу без сердечника. В данном случае к МД применительно понятие намотки “внавал” или “виток к витку” без сердечника.

Датчик – это система состоящая из одной (импульсные приборы, «биенщики», частотоизмерительные), двух (индуктивно-балансные приборы, глубинники TR-локаторы и.т.д) или больше катушек (TX+RX+CX, различные модификации). Датчик может излучать и принимать переизлученный сигнал от цели, в отличии от **катушки**, которая просто является мотком провода. В рассматриваемом нами приборе датчик в основе своей состоит из приемного (**RX**) и передающего (**TX**) контура.

На форуме есть достаточное количество различных печатных плат. Мои эксперименты показали удовлетворительную работу как печаток под SMD так и под DIP элементы. Экран с фольги “под деталями” – **желателен**, но **не обязателен**. Панельки под микросхемы **не желательны**, ввиду появления глюков в будущем. Но в принципе имеет место быть использование качественных **цанговых** панелек:



А вот такие могут в последствии глючить:



А также обязательно нужно залудить ножки микросхем перед установкой в панельки.

Ниже предоставлена оригинальная принципиальная схема МД Терминатор 3:

R7 - ДИСКРИМИНАЦИЯ
 R8 - БАЛАНС ГРУНТА
 R39 - ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Terminator 3

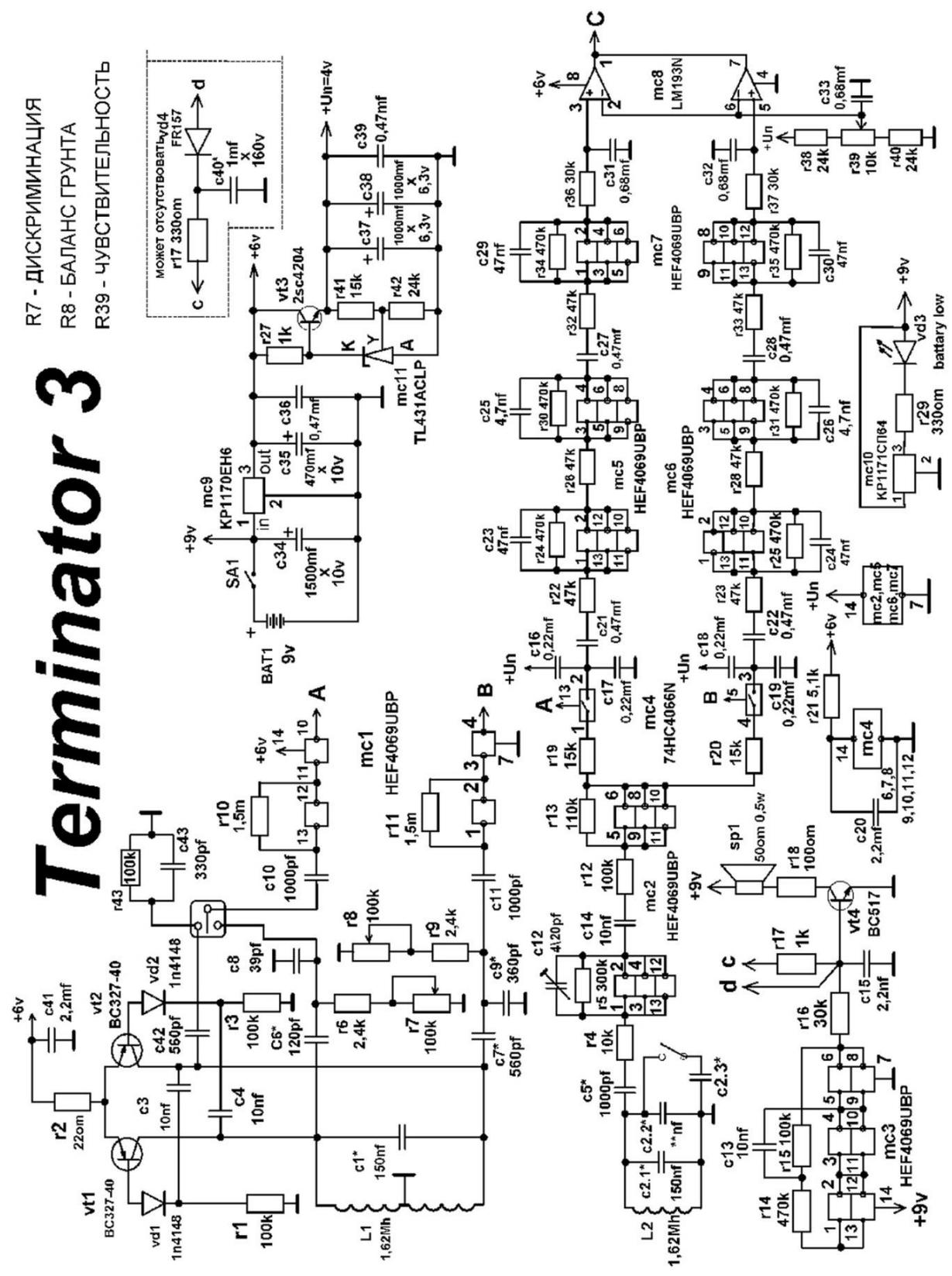


Схема большая и страшная)))

Но «Не так страшен чёрт, как его малюют».

Ниже предоставлен список деталей на **Терминатор 3**:

Конденсаторы металлоплёночные (типа К73-17)

C1.1 – 330nf	c16 – 220nf	c33 – 680nf
C1.2 – 330nf	c17 – 220nf	c34 – 1500mf x 10v
C2.1 – 150nf	c18 – 220nf	c35 – 470mf x 10v
C2.2 – 15nf	c19 – 220nf	c36 – 470nf
C3 – 3,3nf	c20 – 2,2m	c37 – 1000mf x 6,3v
C4 – 3,3nf	c21 – 470nf	c38 – 1000mf x 6,3v
C5 – 1000pf	c22 – 470nf	c39 – 470nf
C6 – 120pf	c23 – 47nf	c40 – 1mf x 160v
C7 – 560pf	c24 – 47nf	c41 – 2,2mf
C8 – 39pf	c25 – 4,7nf	c42 – 560pf
C9 – 360pf	c26 – 4,7nf	c43 – 330pf
C10 – 1000pf	c27 – 470nf	
C11 – 1000pf	c28 – 470nf	
C12 – 4\12pf (подстр.)	c29 – 47nf	
C13 – 10nf	c30 – 47nf	
C14 – 10nf	c31 – 680nf	
C15 – 2,2nf	c32 – 680nf	

SMD резисторы (размер 1206)

R1 – 100k	r16 – 30k	r31 – 470k
R2 – 22om	r17 – 1k	r32 – 47k
R3 – 100k	r18 – 100om	r33 – 47k
R4 – 10k	r19 – 15k	r34 – 470k
R5 – 300k	r20 – 15k	r35 – 470k
R6 – 2,4k	r21 – 5,1k	r36 – 30k
R7 – 100k(перемен)	r22 – 47k	r37 – 30k

R8 – 100k(перемен)	r23 – 47k	r38 – 24k
R9 – 2,4k	r24 – 470k	r39 – 10k(перемен. Сп5-35)
R10 – 1,5m	r25 – 470k	r40 – 24k
R11 – 1,5m	r26 - 47k	r41 – 15k
R12 – 100k	r27 – 1k	r42 – 24k
R13 – 110k	r28 – 47k	r43 – 100k
R14 – 470k	r29 – 330om	
R15 – 100k	r30 – 470k	

Микросхемы	Транзисторы	Диоды
MC1 – HEF4069UBP	VT1 – BC327-40	VD1 – 1N4148
MC2 - HEF4069UBP	VT2 – BC327-40	VD2 – 1N4148
MC3 - HEF4069UBP	VT3 – 2SC4204	VD3 – светодиод (любой)
MC4 – 74HC4066N	VT4 – BC517	VD4 – FR157 – можно не ставить
MC5 - HEF4069UBP		
MC6 - HEF4069UBP		
MC7 - HEF4069UBP		
MC8 – LM193N		
MC9 – KP1170ЕН6		
MC10 – KP1171СП64		
MC11 – TL431ACLP		

Для начала изготавливаете печатку любым доступным способом. Не буду повторяться. Хотите ЛУТ, хотите фоторезист, хотите лаком рисуете, можно на китайском заводе заказать.

Сверлите и устанавливаете детали согласно монтажного чертежа. Сначала перемычки, потом SMD элементы, потом панельки, ну и выводные элементы. Обратите внимание на наличие перемычек. Их устанавливаете первыми.

Далее важные аспекты:

1. Не обязательно устанавливать дефицитную деталь **КР1171СП64 (МС10)**. Это всего лишь индикатор разряда батареи. Зачем оно Вам на начальном варианте изготовления? А ведь практика показывает, что многие начинающие как раз из –за этой микросхемы кидают сборку. Маразм. А значит можно не ставить и светодиод и его обвязку.
2. Если не найдете **LM193** (компаратор МС8), а поверьте Вы его **не найдете**, придется Вам установить **LM393**. Эти две микросхемки абсолютно одинаковые кроме двух различий Первое это температурный диапазон:

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply Voltage (V+) - Single Supply	2.0		36	V
Supply Voltage (V+) - Dual Supply	±1.0		±18	V
Operating Input Voltage on (VIN pin)	0		(V+) -1.5V	V
Operating junction temperature, T _j : LM193/LM193A	-55		125	°C
Operating junction temperature, T _j : LM2903	-40		85	°C
Operating junction temperature, T _j : LM293	-25		85	°C
Operating junction temperature, T _j : LM393	0		70	°C

Но я проверял. **LM393** работает при минус 5 за бортом. Сомневаюсь что Вы будете рыть землю при минусовых температурах. Поэтому проблем нет.

Второе это цена. Если у нас (Украина, 20.03.2018) **LM393** стоит около 5 грн, то **LM193** – около 60 грн. Есть разница? Да, еще и дефицит....

На скорость и качество работы данная замена не влияет!!!))))

3. Вместо **74НС4066N** (высокоскоростная КМОП логика, **МС4**) автор советует замену **HEF4066**, **CD4066**, **HCF4066**, **ТС4066**. В принципе это все одно и тоже. Просто разные производители. Но, скажу Вам честно, если уж покупать или заказывать , то лучше **74НС4066N**. С этой микросхемой проблем нет, но по крайней мере постарайтесь ее не заменять после настройки, так как от нее напрямую зависит положение фазовых окон в каналах. В моей практике было

что **различные микросхемы** показывали различную настройку фазового окна. Это было странно, но надо просто принять как истину.

4. **МС1 и МС3** могут быть любыми **4069**, даже советскими заменами (**к561лн2**). Одна из них (**МС1**) отвечает за наличие прямоугольных импульсов в точках **А** и **В**, а микросхема **МС3** вместе с обвязкой являет собой генератор звука. Эти микросхемы обычно не нуждаются в настройке или корректировке.
5. Остальные микросхемы очень и очень желательно применить **HEF4069UBP**. Почему? В них маленькие внутренние шумы (которые нам не нужны в МД). Шумы маленькие по той причине, что внутри микросхем отсутствуют некоторые детали обвязки полевых транзисторов. А ведь известно: чем меньше деталей, тем лучше.)). Но обострять свое внимание на этом не надо. Что бы Вы не купили, всегда есть шанс брака, даже среди **HEF4069UBP**. Так что рвать ногти и кусать локти нет смысла. Обратите внимание что бы надпись на микросхемах была ровная и четкая, читабельная. И что бы в конце обязательно **UBP**, а не **UB**. Фирма производитель – **NXP**. Вот фото микросхем которые я применял в процессе изготовления Терминатор 3:



☺ и к сожалению без толку. Дальность на них достаточная для КОПа, но недостаточная для удовлетворения своего внутреннего «еврейчика».

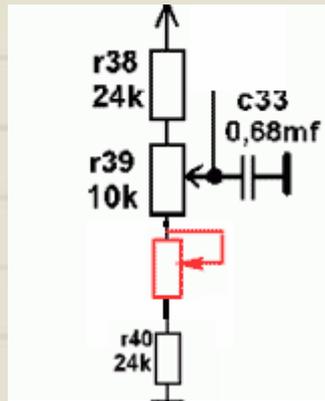
Для интереса промерял между входами наличие диодов. И они там есть)))). А также проверил все имеющиеся у меня в зажигалке микросхемы. Как CD, так и HCF, HEF.... Вывод неутешителен... **Все абсолютно микросхемы не являются оригиналом.** И на всех них, что было проверено опытом, дальность практически одинакова. В пределах диаметра датчика (плюс минус 5 см).

А также обратите внимание на ток потребления всего прибора с теми или иными микросхемами. Мои эксперименты показали что с качественными микросхемами ток потребления равен 18 мА (без звука), с бракованными же достигает уровня 30 и даже 40 мА.

6. Переменные резисторы **линейного (тип "А" для советских и тип "В" для импортных)** типа. Резистор **R39** в авторском варианте – **многооборотный**:

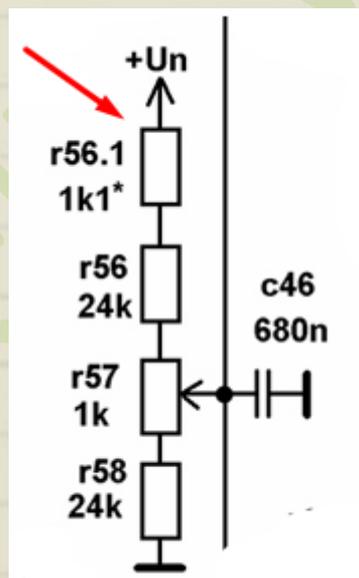


(тоже кстати дефицитная и дорогая вещь), но если Вы не страдаете повышенной чувствительностью рук в результате которой имеете “тик и дергание” рук, то сможете выставить чувствительность на **обычном переменном резисторе 2,4 кОм**, только подобрать для плавной регулировки постоянное сопротивление R40. На крайний случай примените вот такую сборку на основе двух резисторов:



Получится грубая и точная настройка.

Или же установите один обычный переменный резистор сопротивлением 1 кОм и последовательно с ним подберите постоянный резистор. Так сделано, к примеру, в Проспекторе.

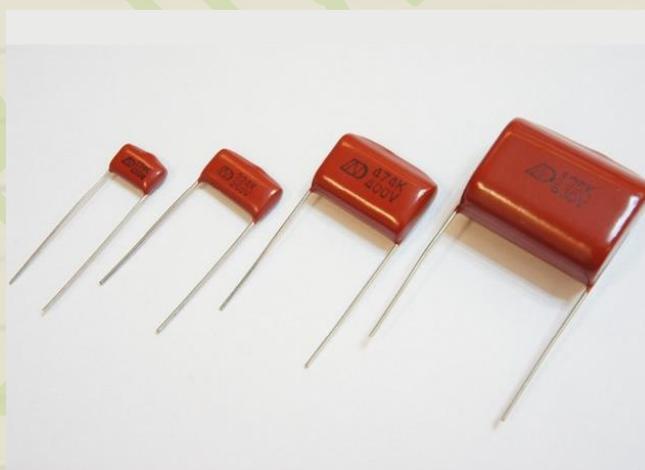


7. Вместо **2sc4204** устанавливал временно **BC547** разницы не заметил.
8. Питание МД и во время настройки, и во время поиска обязательно **аккумулятор!!! Никаких блоков питания, никаких крон и батареек.** Я, к примеру, использую 12 Вольт литий-ион. Дешево, сердито и экономично. Не заметил разницы между 9 Вольт и 12 Вольт!!! Поэтому всем советую

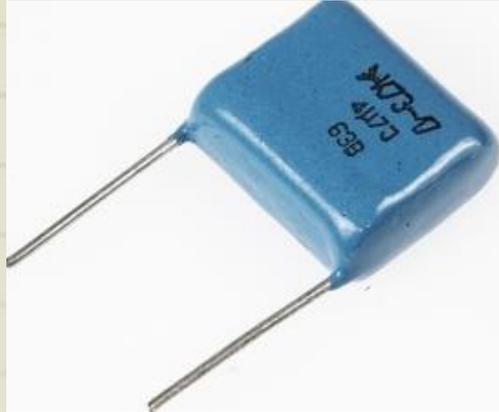
не заниматься фигней, 12 Вольт популярное и доступное напряжение. Если Вы планируете питать прибор от 12 вольт - то конденсатор С34 и С35 замените с 10 Вольт на 16 или даже 25 Вольт.

9. Во время подбора деталей, старайтесь уделить повышенное внимание к каналным конденсаторам. Здесь поясню. Надо подобрать их попарно в каскады с разницей в емкости около 1 %. Кстати может кто-то не знает что такое один процент? Так вот для 100 нФ конденсатора 1 % это плюс-минус 1 нФ. Для 220 нФ это уже плюс-минус 2.2 нФ. Для 470 нФ – плюс-минус 4.7 нФ. А для 680 нФ, вполне подойдут плюс-минус 6.8 нФ. Конечно к идеалу стремиться надо, но окромя гемора, качественной работы платы Вы не получите.

Применить их желательно на напряжение **не больше** чем 63 Вольт (чем меньше напряжение тем меньше размер конденсатора, а значит легче устанавливать его на плату) и **пленочного** типа. Это такие зеленые и красные подушки импортного типа:



или же синие советского типа – **K73-17**:



ИМХО советские работают лучше. И самое главное, попарно, это значит попарно. То есть написано 47 нФ, значит можно два по 42 нФ или два по 52 нФ. **Главное это ТО что бы эти конденсаторы были максимально близкие по номиналу между собой в параллельных каналах, но не обязательно 100 % соответствовали надписям на схеме.**

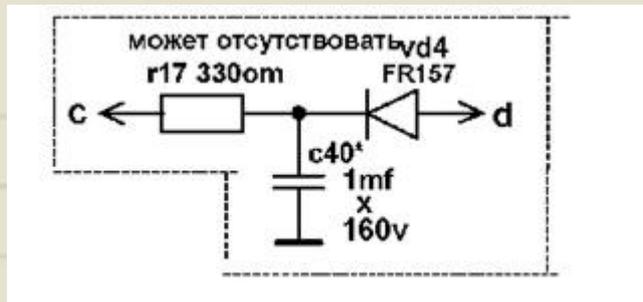
Кстати, если уж говорить о размерах конденсаторов, то можно их поменять на маленькие SMD. Обычно на печатных платах под это есть контактные площадки. Для этого стоит выбирать качественные конденсаторы с параметрами **NP0/X7R**.

Надоело уже повторять. Прогревайте каждую ножку , каждой детали. **Не используйте** активные флюсы и кислоты (всякие там модные китайские безотмывочные флюсы). Это зло! Паяйте чистой канифолью или спиртовым раствором канифоли. Пачкайте плату, откладывайте большие пятна и куски черной канифоли. Не бойтесь запачкать. Делайте из нее свинью. Плата должна быть мокрой от спиртоканифоли После этого берете всю эту парашу и кидаете у ведерко Вигона (для мажоров) , или в литру медицинского спирта (для не просвещенных), или же в бочонок растворителя 646 (для настоящих хард-инженеров). Трете плату зубной щеткой как парашу в армии. Колотите, трёте, после чего вытаскиваете и кидаете в умывальник под горячую воду. 5 минут колотите в горячей воде (или в холодной, но

эффект не тот). Опосля кидаете плату под обычную лампу раскалывания (были такие в СССР). Не светодиодную, а именно раскалывания. Чем ближе к самой лампе тем лучше. И чем мощнее лампа тем больше тепла она даст. Я пользуюсь обычным советским светильником с 150 Вт лампой. 10 минут под лампой и плата сухая, теплая и даже под панельками отсутствует вода и канифоль. Плата в последствии не глючит. Нет проблем. Разве только краска слезает с резисторов))))).

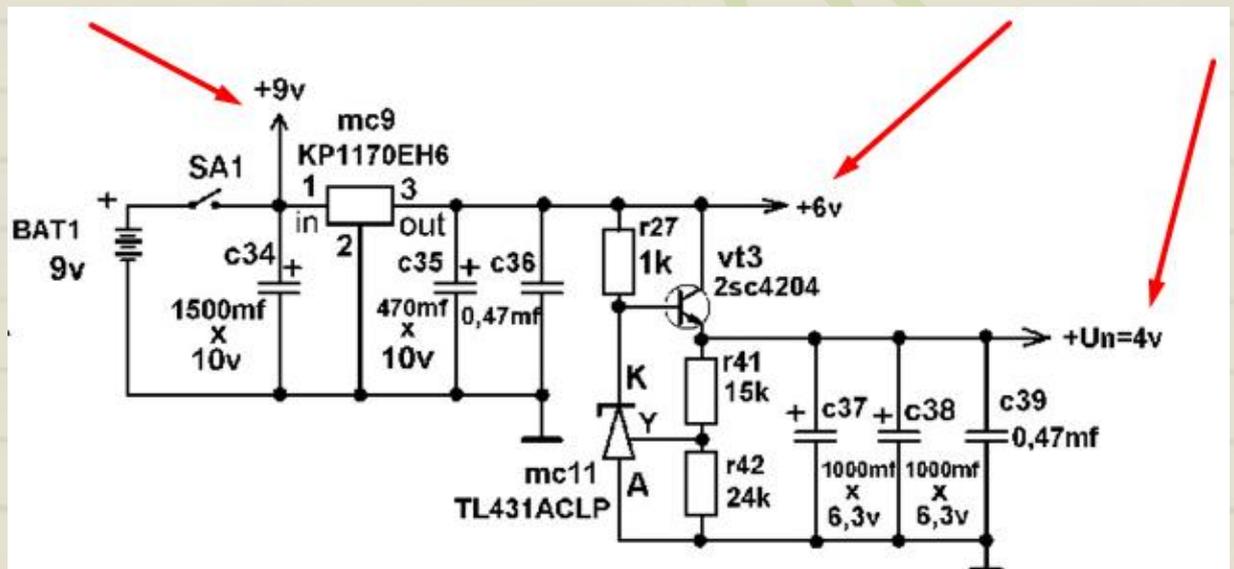
Напаяли и...?.

1. Включаем без датчика. Потребление от 18 до 40мА в зависимости от сборки и выбранных микросхем. Проверяем наличие звука, при кручении резистора чувствительности – **R39**. Если звук есть, то можно выставить его на грани срыва и попробовать пальцем дотронуться до контактов разъема датчика. В этом случае должен появиться короткий «пик». Или же накрутить что бы МД пищал и дотронуться пальцем. Писк должен пропасть. Если так и есть, то приемная часть работает и это очень и очень хорошо.
2. Если есть осциллограф (а он нужен) и мультиметр (желателен) то можно и нужно потыкать по схеме и посмотреть напряжения. Там где по схеме должно **4, 6 и напряжение питания** – ТАК и должно быть. Особенно проверьте есть ли напряжение на **всех** ножках питания микросхем.
3. Для понимания структуры этого МД выделил все каскады с описанием:



Фильтр.

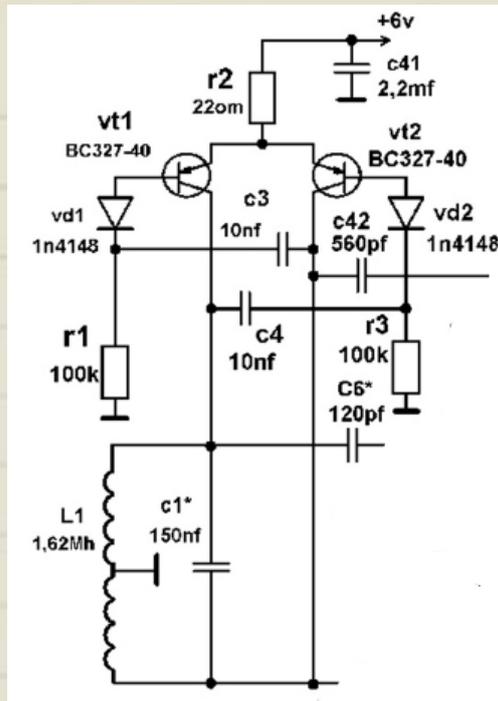
По отзывам убирает ложные срабатывания. Согласно моему опыту результата не давал. Можно не устанавливать.



Блок питания.

Формирует два напряжения – 4 и 6 Вольт.

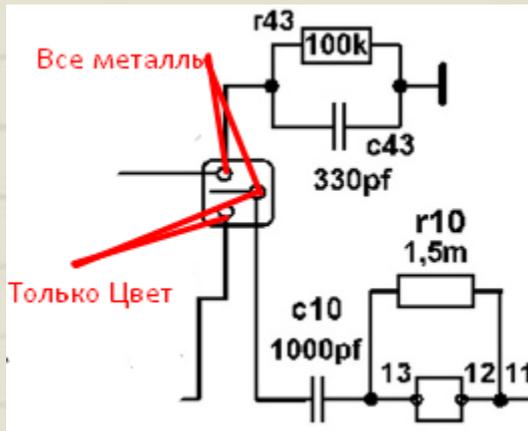
Проверить их наличие обязательно!



Автогенератор.

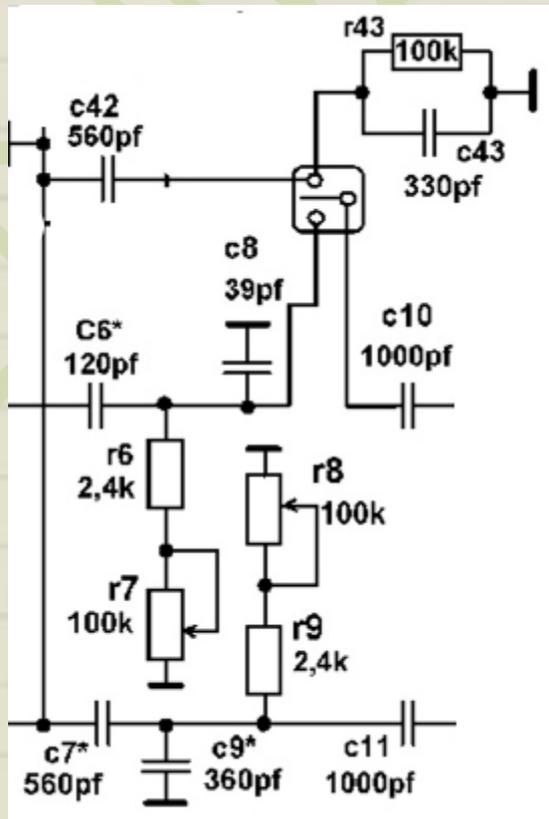
Питание от 6 Вольт. Не забываем о средней точке катушки индуктивности (передающей катушки). Используется параллельный резонансный контур настроенный на частоту в пределах диапазона 4-16 кГц. **На концах** передающей катушки должна быть чистая красивая синусоида размахом 20 – 30 Вольт:





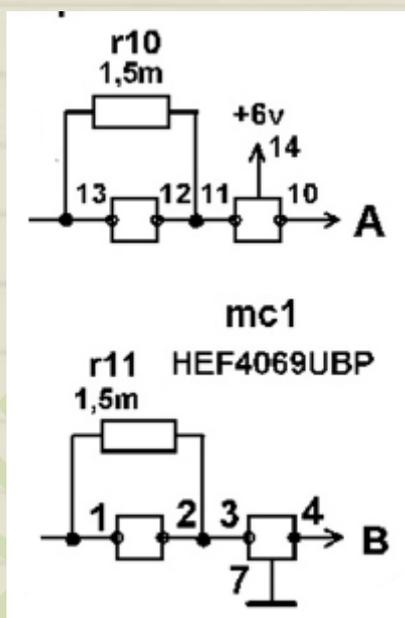
Тот пресловутый переключатель
Цветной металл – Все металлы.

Нарисовал как подключать. А то поток вопросов не иссякает
)))



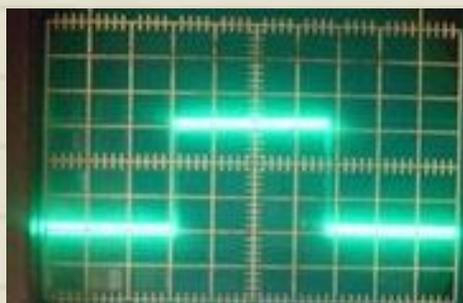
Фазосдвигающие цепочки.

Именно с помощью этих элементов происходит разделение сигнала автогенератора на некоторый фазовый сдвиг. Играют важную роль в правильной настройке. Детали обозначенные звездочкой предполагается подбирать в процессе настройки.

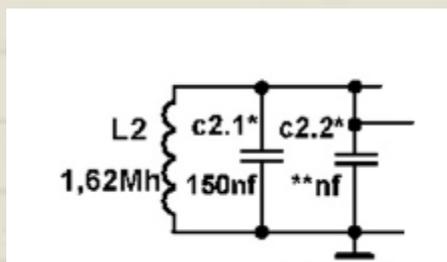


Микросхема формирующая прямоугольные импульсы по двум каналам А и В .

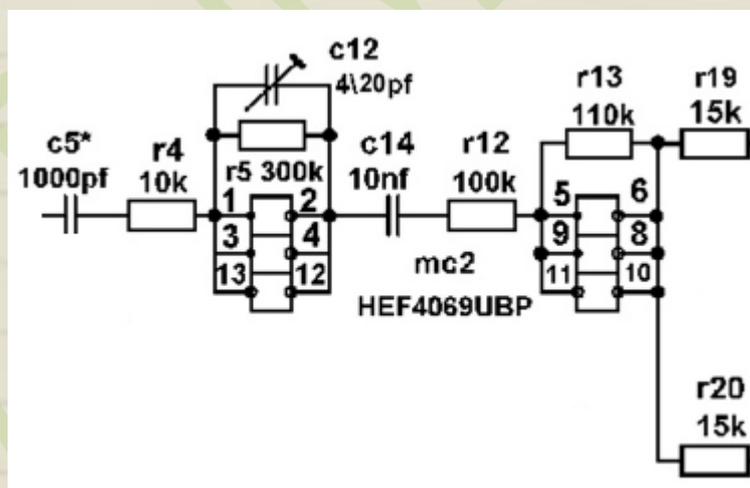
Обычно проблем с ней нет. Управляется от сигнала автогенератора. В точках А и В проверить наличие меандра как на фото (с подключенной катушкой ТХ или целым датчиком).



Сигнал с нее управляет микросхемой ключей , так званым синхродетектором, который как раз и является сердцем МД.



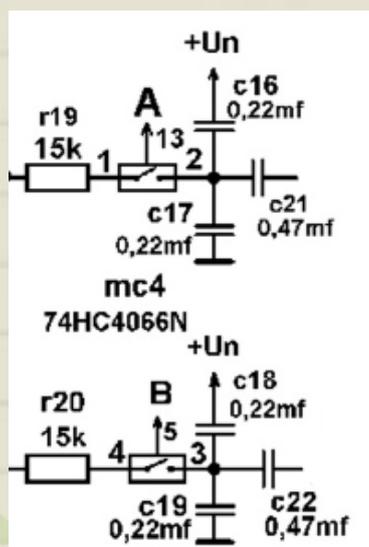
Параллельный резонансный контур приемного каскада.



Предварительный усилитель.

Первый каскад усиливает в 30 раз, а второй каскад в 1.1 раз. Соответственно усиление на резисторах R19 (R20) должно быть 33. Это проверяется при подключенном и отбалансированном датчике (катушка TX + RX). Проверяется

осциллографом по известной методике. Размах сигнала на выходе предварительного усилителя должен быть в приблизительно 33 раза больше чем на входе.

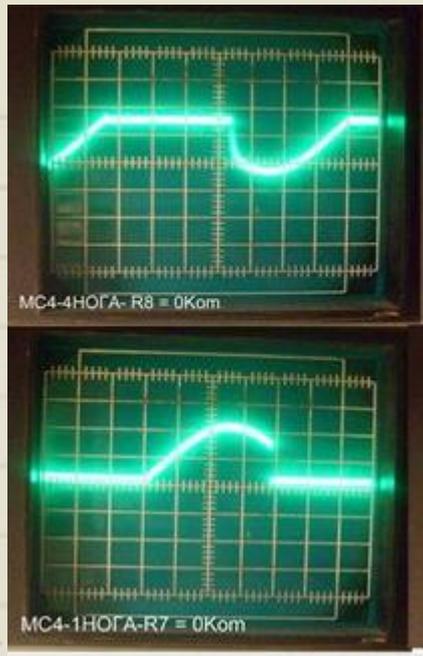


Микросхема ключей. Синхродетектор.

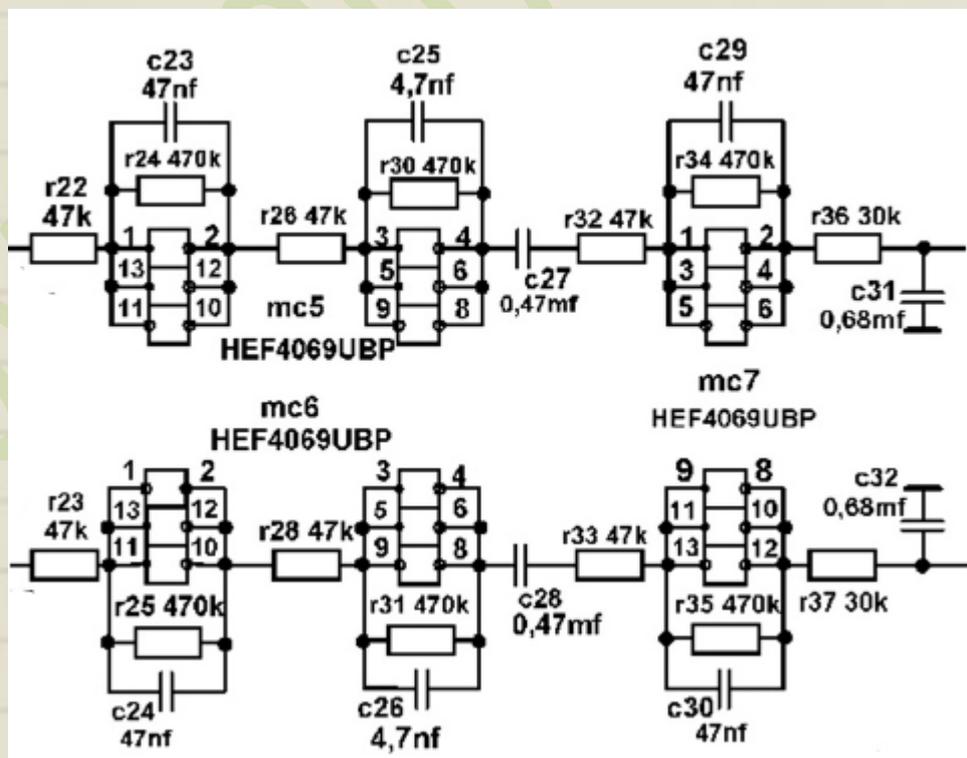
Чисто физически - “отрезает” от входного сигнала часть необходимую для сравнения в каналах. Математически происходит разделения входного сигнала на синусоидальную и косинусоидальную составляющую, что является собою активную (R) и реактивную (L) составляющую принятого сигнала. А вот как раз сравнение их между собой и является “показометром” черного или цветного сигнала.

На ножке микросхемы №1 и №4 должны быть полусинусоиды принятого сигнала.

Как на рисунке:

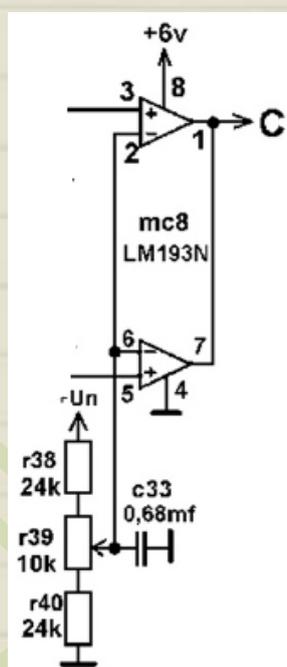


Меняются в зависимости от положений регулятора дискриминации и баланса грунта.



Канальные усилители.

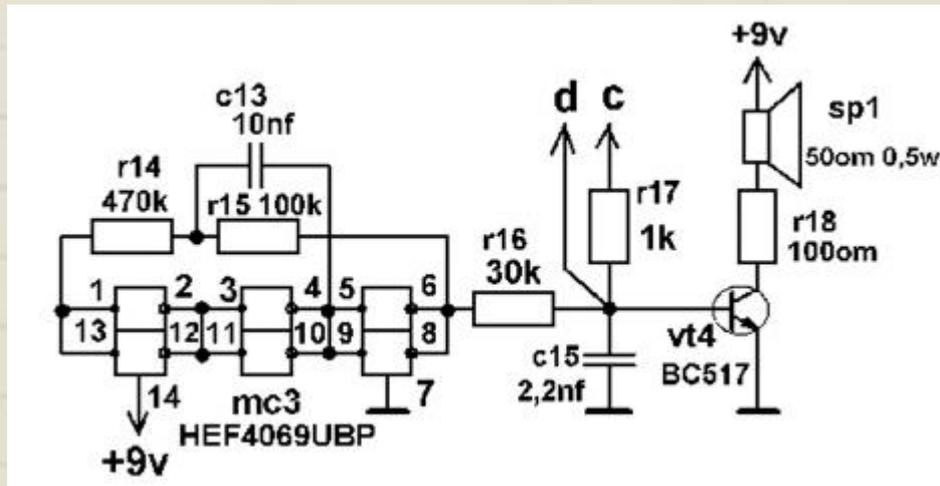
Коэффициент усиления каждого из каналов около 10. На выходе канальных усилителей должно быть постоянное напряжение приблизительно в пределах 1.7 – 2.2 Вольт. И отличаться в каналах между собой оно должно минимально!



Компаратор.

Обычное включение компаратора с задающим опорное напряжение переменным резистором – **R39**. Но включение к генератору звука имеет свою “хитрость”. С выхода компаратора (точка C) постоянно идет постоянная составляющая, которая **закрывает** транзистор звукового каскада. И как только постоянное напряжение пропадает, как тут же транзистор выходного звукового каскада открывается и пропускает сигнал звука до динамической головки. А пропадает это постоянное напряжение тогда когда фазы сигналов после синхродетектора перекрещиваются в некой последовательности. Ничего

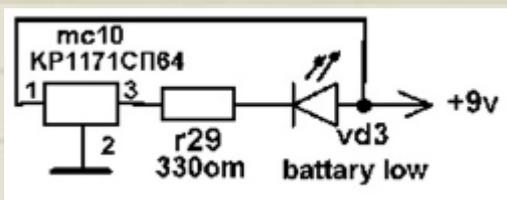
сложного в этом нет. Достаточно нарисовать временные диаграммы сигналов и фазовых сдвигов. Тогда все окажется очень просто!



Генератор звука.

Конденсатор С13 задает тональность звука.

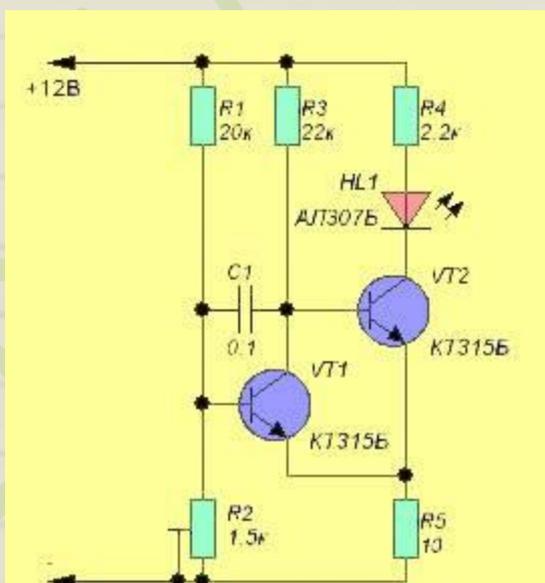
Обращаю Ваше внимание на то что транзистор BC517, не просто N-P-N транзистор... он **составной**, то есть состоит из двух транзисторов в одном корпусе и любым транзистором его не заменишь. А также обратите внимание что этот каскад питается от **напряжения питания**. Если ткнуть осциллографом на 6-8 ножку микросхемы то увидите постоянную генерацию звукового сигнала. А если ткнуть наушником в эту точку ,то услышите звук. Если звука нет, **ищите косяк с цоколевкой транзистора**. А также желательно устанавливать динамик с указанными параметрами (50 Ом – 0.5 Вт). Тогда звук сочный, потребление тока оптимальное и будут всяческие хорошие ништяки.



Индикатор разряда батареи.

Как было сказано выше можно не устанавливать вообще. Не задумывайтесь над приобретением этой микросхемы! Лучше собрать отдельный блок индикатора разряда. Их есть на вкус и цвет ого-го!

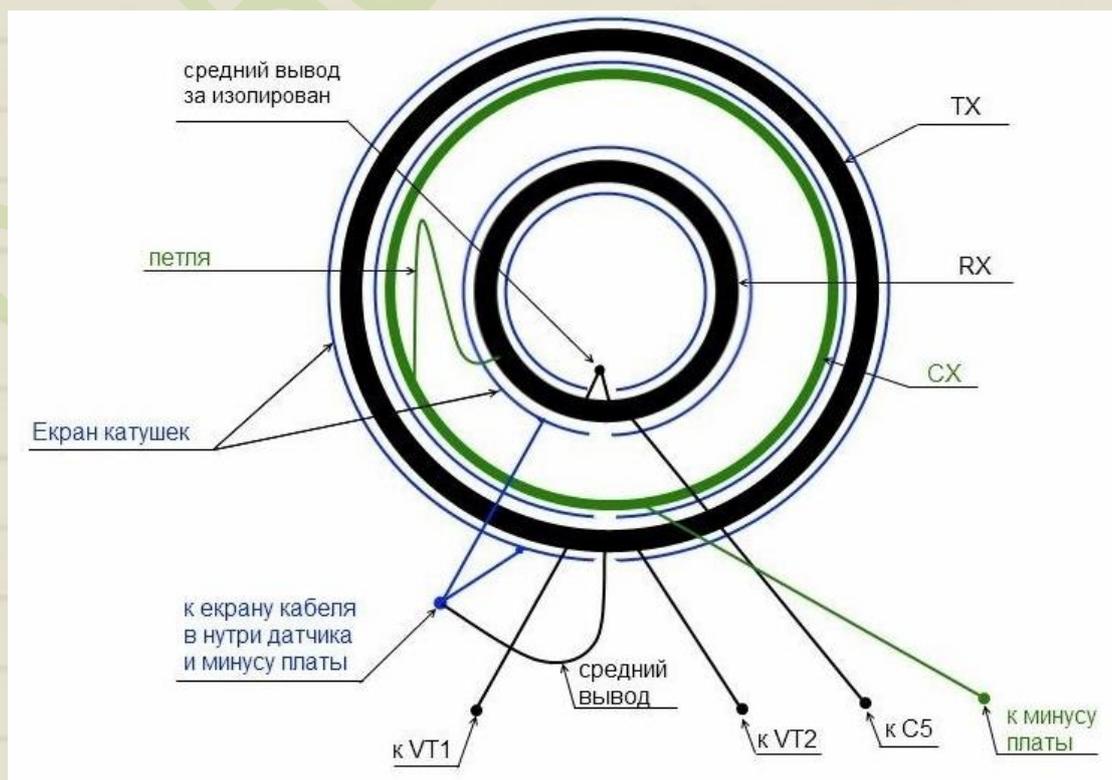
Например:



Спаяли плату... Делаем датчик

Датчики бывают нескольких типов - DD, монокольцо, Omega и Super D. И это абсолютно не конец. При желании можно придумать еще что нибуть – лучше или хуже))). Все они имеют одинаковую специфику работы – передающая и приемная катушка размещенные таким образом что бы в приемной было минимум сигнала от передающей. Этого можно достичь **несколькими способами**, но наиболее доступными и популярными есть принцип **компенсационной катушки** (в датчике типа монокольцо) и **пространственного размещения катушек** (датчик типа DD).

На поиск влияет также **частота** работы прибора и **размер** датчика, **тип** датчика, **форма** датчика. В общем это отдельная тема. В процессе рассмотрения **можно написать книгу и экспериментировать пол жизни**. К примеру **кольцо** - точнее определяет местоположение цели.



Им удобно пользоваться на "замусоренных" местах, типа свалок, разрушенных хуторов, пляжей, где много всяких гвоздей, крышек, банок и прочего мусора.

Датчик **DD** - обладает более широким захватом , но у него хуже дискриминация, и он чаще видит "ложные цели":



Им удобнее вести поиск в более чистых от железного мусора местах. Каждый выбирает себе датчик в зависимости от **предполагаемых условий поиска**.

Сразу сделаю замечание, что если Вы хотите использовать в своей модели терминатора **сменные датчики** - то Вам необходимо устанавливать контурные конденсаторы в **корпусе датчика**, а не в корпусе МД!

Чем **больше** диаметр датчика - **тем глубже** он определяет цель, но чем он **меньше** - тем **точнее** он определяет её местоположение и имеет большую чувствительность к мелочи.

Оптимальным размером датчика исходя из практики тех кто копает, считается датчик с внешним диаметром 20 см.

Для изготовления датчика нам понадобится любой медный обмоточный провод в эмаливой изоляции. Диаметр провода желательно от 0.4 мм до 0.5 мм.

Поехали)))

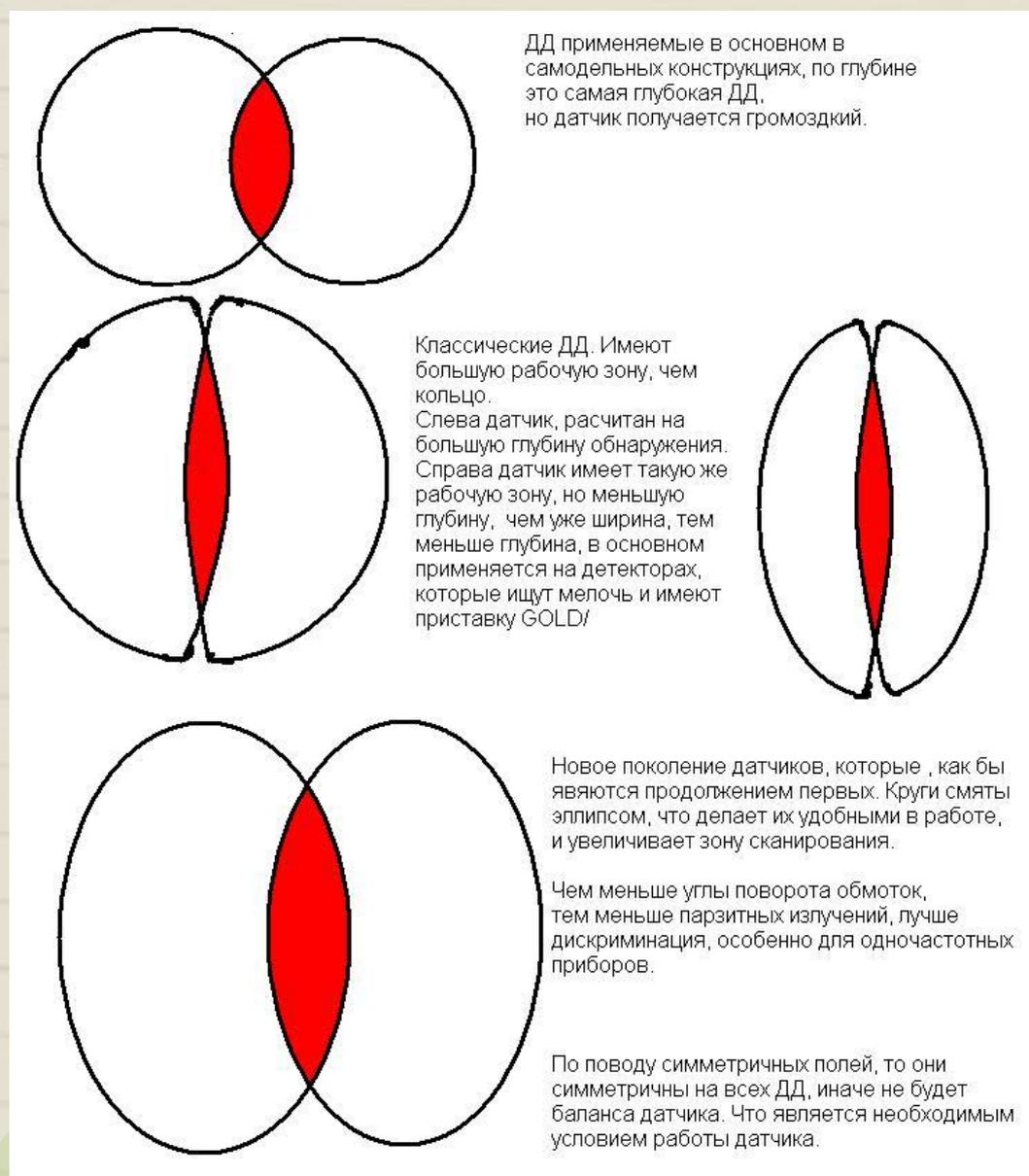
Разберем принцип изготовления датчика **типа DD**.

На первый взгляд создания такого датчика сложное и архинепонятное занятие, но уверяю Вас точности здесь никакой. От качества изготовления датчика зависит 75 процентов правильной и изысканной работы МД. Но вот как раз накосячить в процессе создания датчика, по сравнению с платой, достаточно тяжело. Если не делать **грубых** ошибок, то результат будет достаточно терпимым. Что это значит?

А то, что дальность в МД **Терминатор 3** на цель в **10 раз меньше диаметра датчика** равна **диаметру** датчика в стандартном случае и **полтора-два диаметра** в идеале. Отнимаем 30 процентов дальности в тяжелом грунте и получаем реальные характеристики.

Делаем шаблон для намотки. Можно взять пенопласт, можно плотный картон, фанеру, кусок ровной доски или ДВП-ДСП плиту. Чертим на выбранной основе контур будущей катушки. Для этого приблизительно **прикидываем в уме** форму будущей половинки DD катушки относительно **размера и формы имеющегося корпуса**.

Возможно кому то это покажется непонятным , но форма катушек зависит от корпуса и размышлений создателя, может быть похожа на букву D или наоборот на овал:

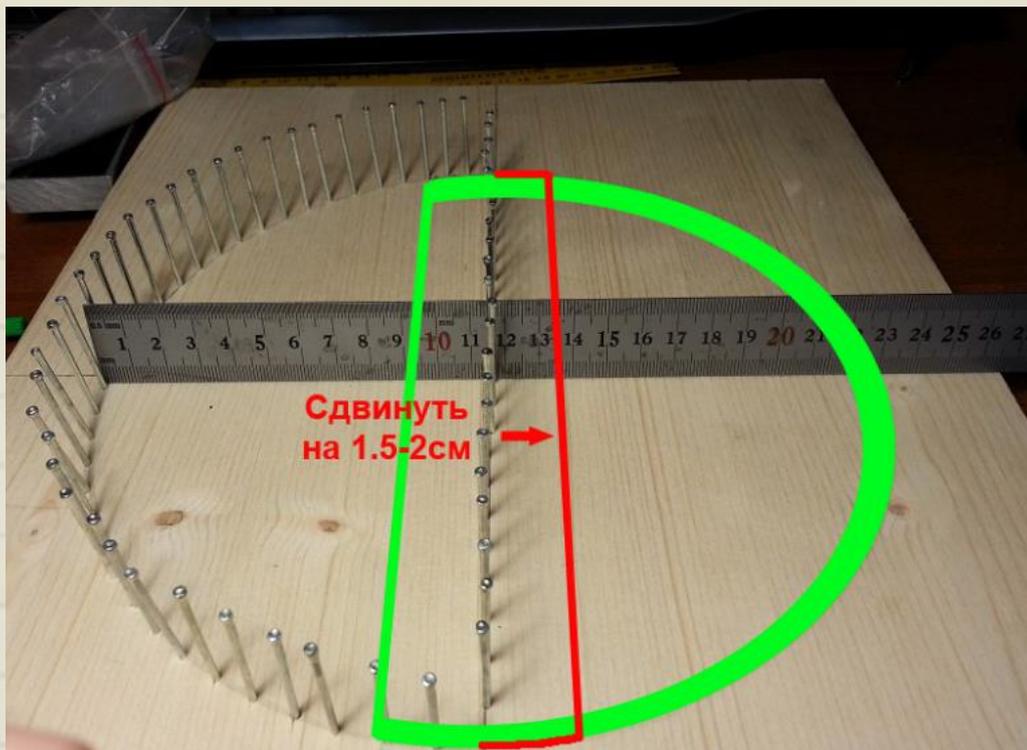


Если делаем в корпусе, то сначала (!) покупаем корпус, а потом мотаем под него катушки. А если наоборот, то катушки могут не влезть в предназначенный для этого корпус.

Для стандартной DD можно начертить ровный круг. Далее разделить его пополам и к ровной стороне добавить + 1 см. Если заливаем в готовом корпусе (а там места не так много), то 1 см вполне достаточно.



Далее отступаем от края контура внутрь на сантиметр (подбираем эмпирическим путем) и забиваем по внутреннему контуру обычные гвозди с откушенными шляпками. Частота забивки прямо пропорциональна величине катушки и обратно пропорциональна жадности создателя.



Нет. Конечно можно сделать спец. станок. Но нужен ли он Вам для одного датчика?



Следующим шагом, производим намотку нашей будущей катушки на имеющийся шаблон. Мотаем бифилярно, то есть сложенным вдвое проводом. И не дай Вам Бог задавать глупые вопросы, почему нельзя мотать одинарным и делать отвод от середины, после 30 витка. Включите мозги. Вы намотали 30 витков и длина витка увеличилась за счет толщины намотки предыдущих витков. И следующие 30 витков будут длиннее чем предыдущие. А значит не будет симметричности обмоток!



Как уже говорилось выше, эмалированный провод должен быть не менее 0,35мм (будет маленькая добротность) и желательно не более 0,5мм (получиться тяжелый датчик). В идеале 0.4-0.45 мм. Мотаем ровно 30 витков (хотя и здесь есть нюансы...будущим экспериментаторам посвящается). У нас получилось 4 конца... соединяем начало одного конца с концом другого... получается катушка 60 витков со средним выводом. Снимаем аккуратно с шаблона, припаиваем к концам гибкие провода, плотно увязываем тонкой нитью, выравниваем, без

фанатизма пропитываем лаком, клеим или эпоксидной смолой... Главное что бы эта пропитка не “съела” лак провода. Таким же образом мотаем идентичную вторую половинку...

Для быстрого просыхания пропитанных катушек можно на минут 10 поместить их в разогретую духовку. Но без фанатизма! А то получим угольки.

У кого есть измеритель индуктивности может измерить и убедиться что индуктивность около 1,6 – 1.7 мГн (авторский вариант).



Экранируем обе половинки. Можно фольгой оставляя зазор в 1 см, а можно экранировать весь корпус датчика с помощью графита разведенного лаком. Если честно то разницы не заметил. Но в наше то время, когда космические корабли бороздят поля Марса.... Короче по феншую будет правильным использовать **графит** и **НЦ лак**. Покрываем корпус датчика изнутри. Не, не, не... не так.

Едем на рынок и в очередной раз убеждаемся что **порошка графита нет**. ~~Берем графитовую смазку, дома с женой пригодится для экспериментов.~~

Далее покупаем графитовый стержень или щетки от любого коллекторного двигателя или накладки от троллейбуса, трамвая или любой другой бадяги. Главное что бы это был матовый черный графитовый предмет без примесей красного цвета (медь в качестве добавки нам не подходит).

Приезжаем домой и пока жены нет, крутим наши графитовые стержни на мукомолку или кофемолку, или обычную "мрию". Делаем отличного качества ~~же~~ порошок. ~~Далее приходит жена, смотрит на кофемолку и тут Вам как раз пригодиться графитовая смазка, во избежания ущерба для организма.~~

Накрутив или натерев пакетик графита (старайтесь не вдыхать порошок и не тереть руками, работайте в резиновых перчатках) насыпьте его в посуду и добавьте НЦ лак. Приблизительно на глаз, где то 1:1. Делаем консистенцию сметаны. Вкладываем в датчик небольшой кусочек (сантиметров 10-15 хватит) луженого провода, можно даже многожильного, распушенного, оставив его кончик наверху в удобном месте. Хватаем кисточку и покрываем датчик этим ужасно пахнущим препаратом, покрывая в том числе и вложенный провод. Покрыли все внутренности. Подождали сутки, померяли сопротивление в разных точках датчика. Оно должно быть в пределах 1 кОм. Чуть больше – меньше (800-1500 Ом) не играет роли. Если сопротивление меньше (от короткого замыкания до 200-300 Ом) значит Вы не пожалели графита и **наложили его от души**. В этом случае хватаем наждачную бумажку и трем поверхность покрытую графитом до того времени пока сопротивление не станет в пределах нормы.

Если же сопротивление намного больше чем нужно, тогда покрываем еще раз. И снова ждем пока высохнет. И снова меряем. И снова... Логика понятна?

Пока корпус сохнет займемся катушками. Поочередно подсоединяем катушки к разъему TX на плате и осциллографом или частотомером меряем частоту. Подбирая конденсаторы для каждой катушки нам нужно добиться того чтобы частота катушки RX была на 100Гц ниже чем TX. **Но это пофиг**, точности абсолютно не надо.

Если кто то не понял, объясню на пальцах. Отключили все контурные конденсаторы и с приемной, и с передающей катушки. Взяли в руки катушку TX подключили к своему месту. То есть к транзисторам (крайние выводы) и центральный вывод к минусу платы. Между крайними выводами катушки подключили конденсатора выбранной емкости (согласно с выбранной частотой) и осциллографом или частотомером замеры частоту. Если надо подобрали конденсатор. Чем его емкость **больше** тем частота **ниже**, чем емкость **меньше** тем частота **выше**. После удовлетворения своих пожеланий, отпаиваем катушку и конденсатор и откладываем их в отдельную коробку с надписью – **“не трогать”**. Частоту записываем на листочек бумаги и откладываем тоже в эту коробку.

Далее берем приемную катушку RX и аналогично подключаем к тем самым выводам что и 5 минут назад передающая. То есть к транзисторам (крайние выводы) и центральный вывод к минусу платы. Между крайними выводами катушки подключили конденсатора выбранной емкости (согласно с выбранной частотой) и осциллографом или частотомером замеры частоту. Теперь частота **должна** быть на 100 Гц ниже чем записанная на той бумажке, что лежит в коробке. То есть ниже чем предыдущая частота TX. Этого можно

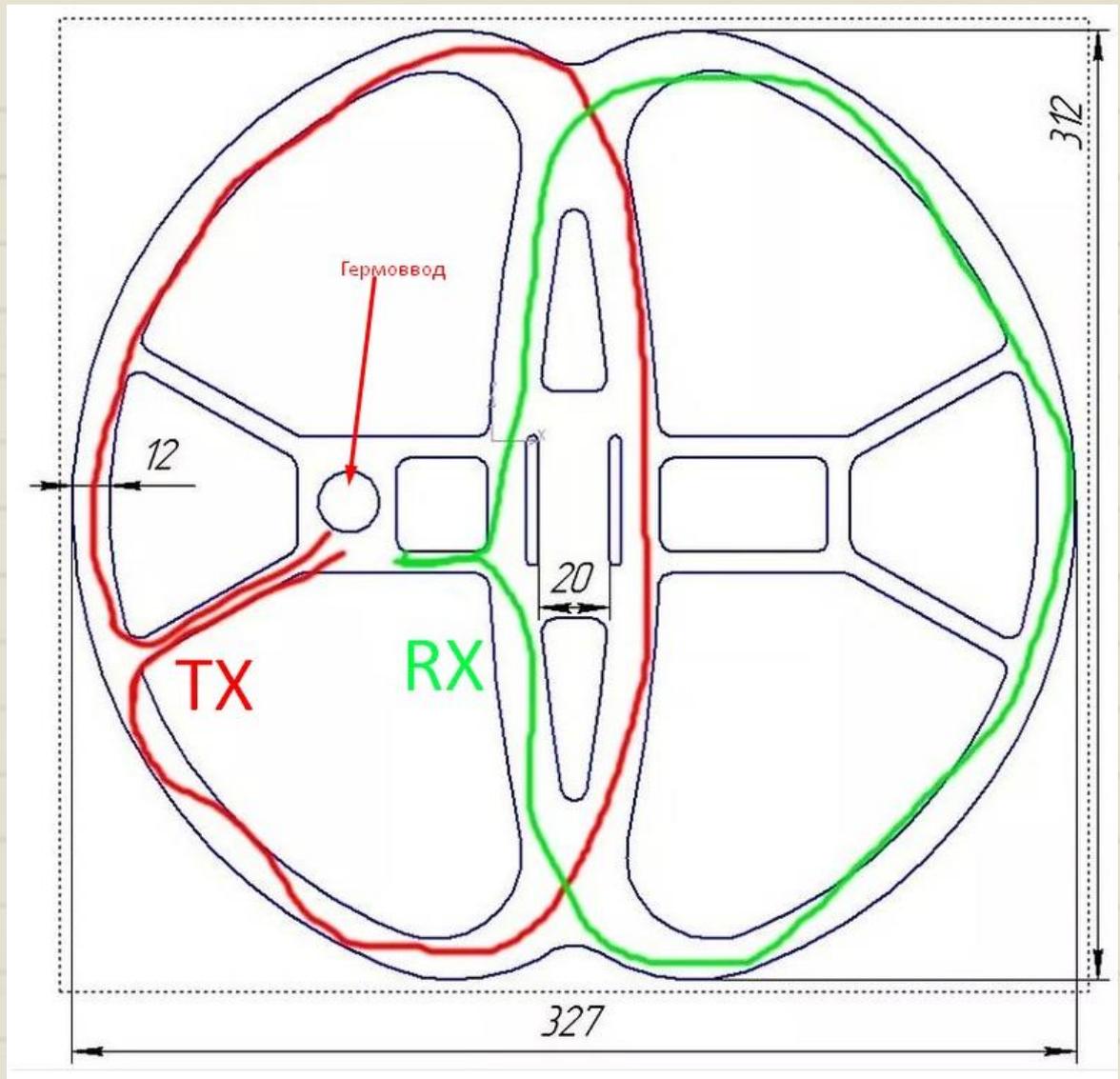
достичь подбором конденсатора или подпайкой параллельных конденсаторов по 500 пф – 1 нФ.

Напомню, что частота при этом может быть любая, в пределах от 6 до 14 килогерц. Чем **ниже частота** - тем лучше будет чувствительность прибора на реальном грунте, лучше селективность, а чем **выше частота** - тем хуже селективность, хуже отстройка от грунта и больше ложных срабатываний, а также лучше чувствительность к мелким целям. Оптимум = 10 кГц. Обязательно подключать и настраивать через кабель, который будете использовать в процессе поиска. Изменять его длину при последующих настройках запрещено!

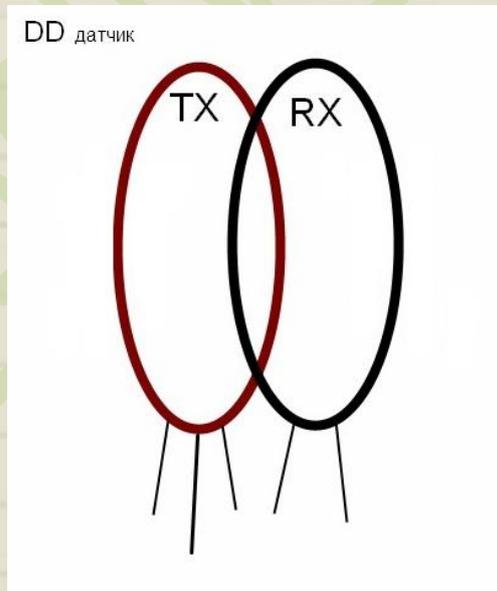
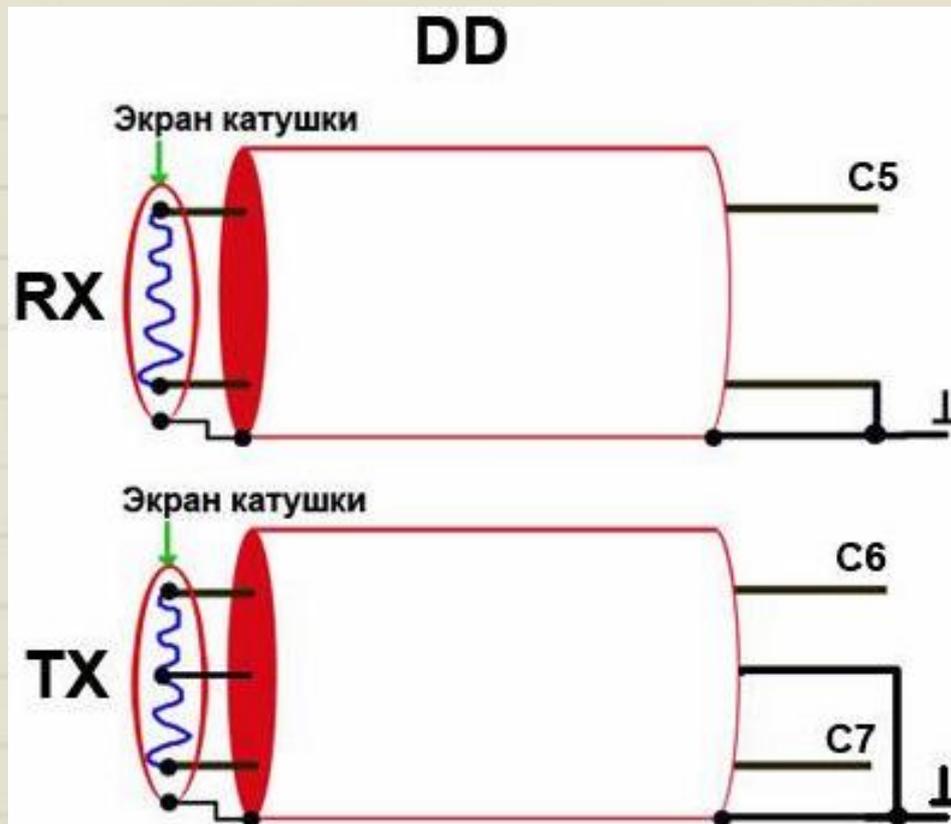
Далее отключаем приемную катушку со своим конденсатором и спаиваем ее на свое место, то есть на вход предварительного усилителя. Центральный вывод просто изолируем, **он больше не нужен**. Конденсатор тоже подпаиваем параллельно.

А передающую катушку со своим конденсатором достаем из коробки и подключаем к генератору. То есть к транзисторам (крайние выводы) и центральный вывод к минусу платы.

К этому моменту подсохнет экран корпуса датчика. Сверлим отверстие под необходимый кабельный гермоввод в той половине где будет лежать катушка ТХ(!), вставляем кабель и катушки в корпус и подключаем согласно схеме подключения. Один из вариантов изображен на картинке:



BY-BC



Как видно из рисунка в теории нам надо 5 жильный кабель. Можно даже в общем экране. **Вообще выбор кабеля это отдельный разговор и так просто здесь не разобраться.** Каждый придумает и использует то что есть под рукой. Можно исхитриться и применить даже четырех жильный кабель.

Соединив минус приемной RX и центральный вывод TX. Вариаций куча. Единственного мнения нет. Кабель экранируют, чтобы ёмкость кабеля (ёмкостная связь) не изменялась, и не модулировала фазу сигнала.

Лучшее что есть из импортных кабелей:

[LiY-TPC-Y](#)

[TRONIC 2-CY](#)

[Cordial CMK 422](#)

На катушке RX центральный провод нам нужен только для настройки катушки, и в дальнейшем он не используется, просто изолируется.

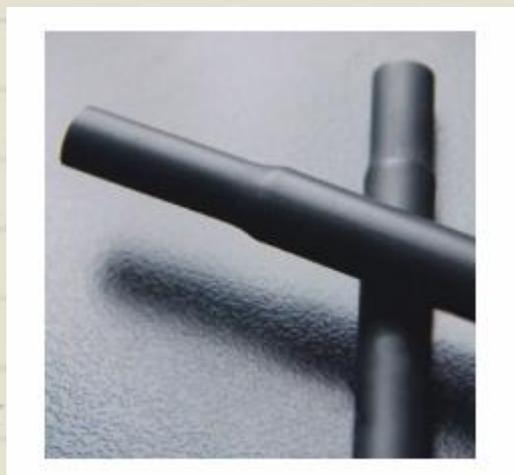
Можно сделать самодельный кабель. Относительно цены он получится дешевым, а относительно качества не уступит заводскому. К примеру один из вариантов, который я успешно применял в Терминаторе. Берем двухжильный экранированный кабель МГТФэ. Это обычный МГТФ только в красивом серебристом плотном экране.



Диаметр одной жилы желательно чем больше, но не менее 0,35 мм. Откусываем два куска необходимой длиной (около 1 – 1.5 м. Стандарт – 1.2 м). Протягиваем этот бутерброд в резиновую или силиконовую трубку подходящего диаметра. Далее два вывода цепляем конкретно на приемную катушку RX, а другие два вместе с экраном на передающую катушку TX. Такой вариант уже второй год работает на моем Терминаторе, без глюков и без обрывов. Единственная подсказка, не брать в

качестве внешней изоляции обычную термоусадку. Она потом становится жесткой, переламывается и вообще плохо подходит для использования.

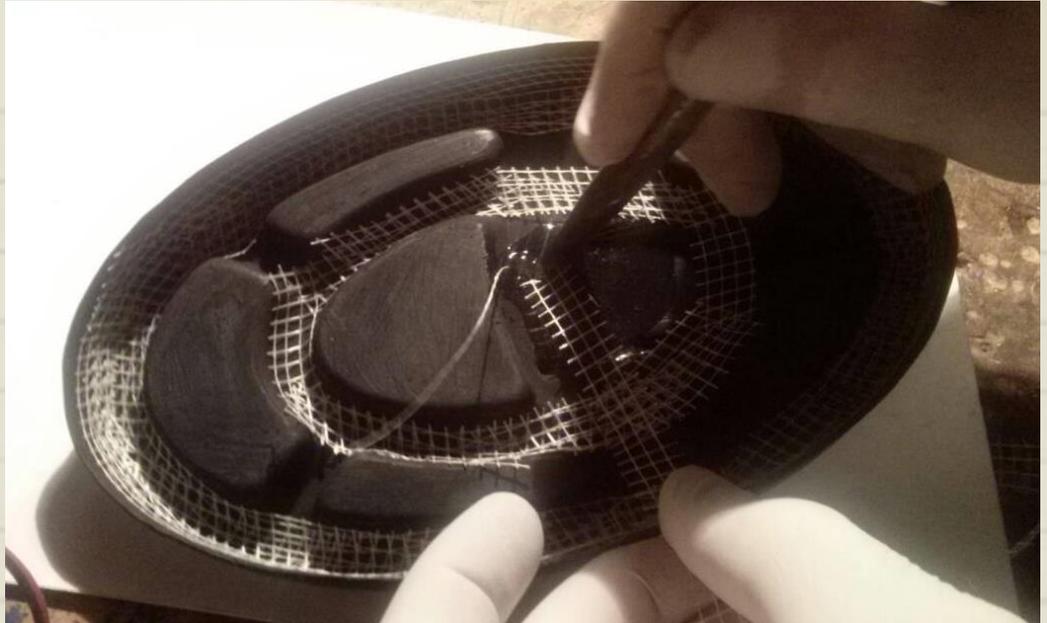
Разве только Вы достанете силиконовую термоусадку:



Силиконовые термоусадочные трубки сохраняют диэлектрические свойства и эластичность при экстремальных и быстроменяющихся температурах и повышенной влажности. Это обуславливает их высокую востребованность в разных областях.

Такая подойдет. Но цена соответствующая.

Разобравшись с частотами и еще раз проверив сопротивление корпуса датчика вкладываем внутрь его полоски стекловолокна. Оно обеспечит термостабильность датчика в процессе поиска. На фото показано размещение полосок в овальном монодатчике. То же самое для DD.



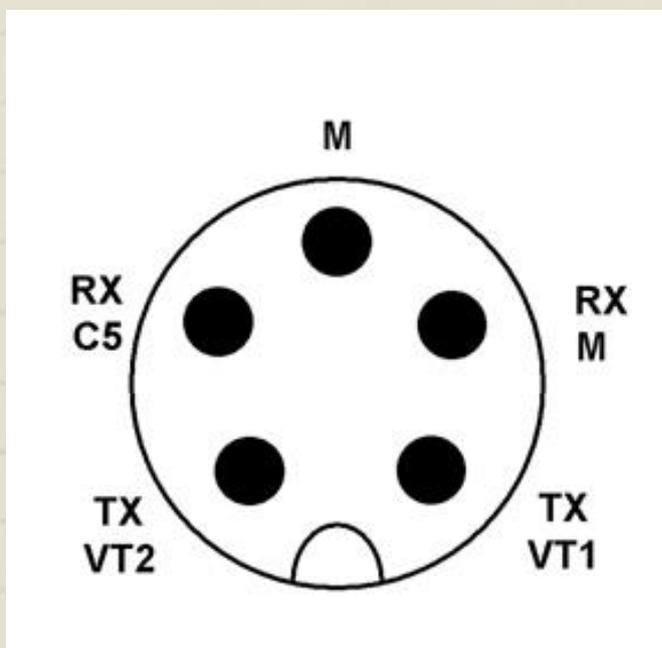
После того, как вы настроили катушки по частоте можно начинать процедуру сведения. Вложите катушки одна на другую, **ТХ – ближе к земле** с нахлестом в пару сантиметров, прикрепите катушку ТХ к корпусу например термосоплями, **полностью правильно подключите кабель**. В качестве разъемов примените что-либо из такого:



Это стандартный разъем папа-мама. Его номерное название MIC335 (мама) – MIC325 (папа). Применяется в паяльных станциях.

Кстати бывает на два, три, четыре, пять, шесть выводов.
Последняя цифра указывает на количество пинов.

Один из вариантов разводки подключения кабеля:



Кстати был случай когда установил провода идущие от разъёма к плате не в экране и на C5 синус получился с шумами. Запихнул провода в экран, экраном посадил разъём на минус и шумы исчезли)))

Подключите осциллограф, и осторожно передвигая незакрепленную катушку RX, добейтесь того чтобы амплитуда на выходе конденсатора C5 была минимальной, в пределах 10-40 мВ.



Двигать половинку катушки надо очень аккуратно, буквально по пол миллиметра, потому что амплитуда растёт и падает очень резко и вам надо поймать то положение половинок друг относительно друга, при котором будет минимальная амплитуда, и в этом положении зафиксировать вторую половинку. Оставьте один из концов катушки в корпусе чуть длиннее. Это будет настроечная петля. С ее помощью Вы потом сможете подогнать разбаланс между катушками.

Далее можно приступать к настройкам самого прибора.

Настройка прибора в принципе заключается в том, чтобы настроить так называемую "**шкалу металлов**". Для этого, надо подготовить "**цели**" из разных металлов по которым вы будете настраивать прибор. Главное это кусочек феррита размером 1 см кубический (**не колечко, не импортный, не пол килограмма!!!**), алюминиевый радиатор без элементов из железа или вместо радиатора медную вещицу. Можно монету царскую или жало паяльника или транзистор КТ819 (П213) без

внутренностей (но не медная проволока, не текстолит, не фольга!!!).

Подсоединяем катушку к плате терминатора. Устанавливаем регулятор дискриминации на ноль Ом (то есть перемычка между выводами), а регулятор баланса грунта в центральное положение. Переключатель S2 устанавливаем в положение **"все металлы"** (верхнее по схеме положение). Включаем питание. Регулятор **"чувствительность"** устанавливаем на грани срыва сигнала. Берём любую цветную цель, машем над датчиком, потом берём феррит, и тоже машем над датчиком. Потом берём любую чёрную цель - и тоже машем над датчиком. Махания над датчиком не нужно производить вплотную, делается это на расстоянии не менее 10 см от датчика. На цветные цели должен быть одинарный сигнал, на феррит и на чёрные цели (гайка, болт, плоскогубцы) - должен быть двойной сигнал. Если у Вас так - то всё правильно. Если наоборот - поменяйте местами на плате концы катушки ТХ (те что идут к транзисторам). Если на феррит нет сигнала не расстраивайтесь. Сейчас настроим.

Далее, переводим наш прибор в режим **"только цветные металлы"** (нижнее по схеме положение), и **все дальнейшие настройки проводим только в этом режиме**. Можете для интереса помахать над датчиком болтом или плоскогубцами из черного металла, ваш прибор должен игнорировать черные цели (допускаются нечёткие короткие щелчки). Включаем осциллограф и меряем амплитуду сигнала на второй ножке **МС2**. Подстроечным конденсатором С12 добиваемся **максимальной** амплитуды сигнала. Кстати максимальная амплитуда будет при минимальном значении этого конденсатора. Поэтому я, к примеру, свой первый МД Терминатор сделал без этого конденсатора. Все работало. Но все же в последующих версиях устанавливал и подстраивал с

помощью его фазовое окно , для достижения чувствительности на ту или иную цель.



Берём кусочек феррита, и машем над датчиком. При этом крутим регулятор БГ (баланса грунта). Здесь может быть три варианта:

- 1 - Никакой реакции
- 2 - Феррит вырезается при положении ручки БГ от 100 кОм до 0 Ом.
- 3 - Феррит отсекается скажем при 15 кОм БГ.

Теперь - по порядку:

1. Мы взяли кусочек феррита помахали на расстоянии 10 см над датчиком, а в ответ тишина, тогда мы вооружаемся паяльником и кучей конденсаторов по 500пФ – 1нФ. Берем конденсатор 1 нФ припаиваем его параллельно контурному конденсатору TX (по схеме это C1) и машем ферритом снова над датчиком. Если реакции нет, значит припаиваем еще, добиваясь появления сигнала на феррит когда у нас R8 стоит примерно на 40-50 кОм.
2. Второй случай, мы взяли кусочек феррита, помахали над датчиком, есть сигнал, передвинули ручку на 50кОм, снова

помахали и снова есть сигнал, передвинули ручку на 0кОм и так есть сигнал. В таком случае берем в руки паяльник и напаиваем конденсаторы параллельно контурному конденсатору RX катушки (по схеме это C2) добиваясь того чтобы при положении R8 в районе 40-50кОм сигнал пропадал.

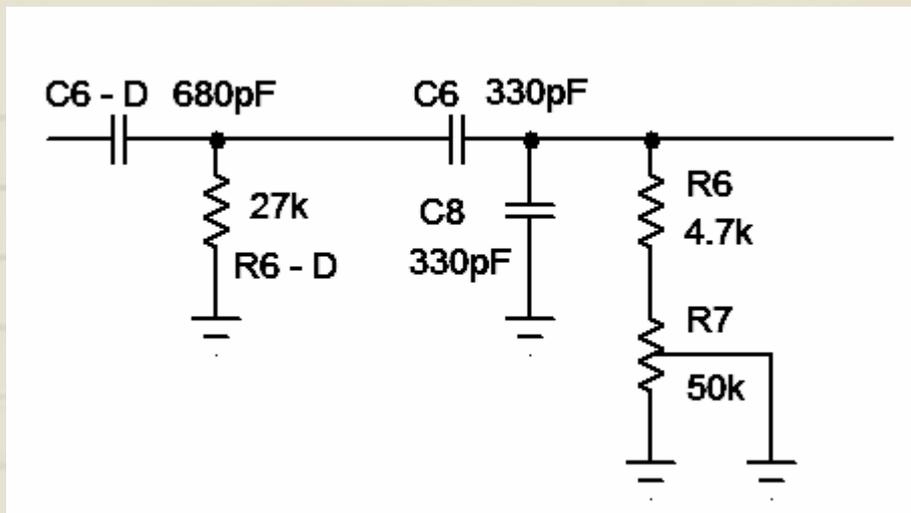
3. Третий вариант, это когда феррит вырезается не в том положении R8 которое нам надо. Если феррит вырезается скажем при 15кОм, тогда нам надо проводить действия, аналогичные описанию под номером 1, а если феррит вырезается скажем при положении R8 в 80 кОм, то аналогично описанию под номером 2.

Все эти манипуляции с ферритом нам необходимы для того, чтобы найти точку отстройки прибора от грунта. Феррит в лабораторных условиях условно заменяет грунт. По сути точка отстройки от феррита может быть в любом положении регулятора. И мы настраиваем ее в центре регулятора R8 что бы иметь возможность отступить от центра влево или вправо при копе на реальном грунте. После настройки шкалы, поставьте точку на шкале где происходит отсечение феррита, дальше этой точки крутить нельзя. Так как начнут вырезаться металлы (сначала медь). А это неправильно!! А вот до этой точки крутить как раз можно и нужно, при выходе на реальный грунт надо будет произвести настройку. Это я опишу **позже**.

Теперь вам нужно проверить все ли металлы влезли у вас в промежуток шкалы металлов. Смотрим таблицу.

№	порядок дискриминации
1	Сигаретная фольга
2	Золото
3	Современная ходячка(рубли)
4	20 коп СССР
5	3 коп СССР
6	Свинец
7	Гильзы
8	Серебро
9	5 коп СССР
10	Алюминиевые пробки
11	Аллюминий
Медь вырезаться не должна !!!	

Все из указанных металлов должны быть видны! Особенно обратите внимание на фольгу (а фольга это то же что и цепочки и мелкие сережки). Для проверки можно использовать сигаретную фольгу. Если фольга видна и видна медь, значит шкала на месте. Если же фольги нет, тогда надо уменьшить емкость конденсатора С5 или установить дополнительный фозовращатель. Вот такой:



Всё. Теперь катушку можно заливать, только не полностью. Разбавляем эпоксидную смолу в нужной пропорции и заливаем где-то процентов 20 корпуса. Обязательно оставляем сверху заливки кусочек провода от экрана корпуса (тот что в графите законсервирован) и настроечную петлю. Через 24 часа, проверяем баланс, если он сильно убежал, то гнем и изгибаем эту петлю что бы уменьшить разбаланс. Если ноль ушел сильно, то аккуратно деформируя не залитую часть катушек подкорректируйте ноль окончательно, после чего датчик можно заливать уже на 40 процентов. Через сутки снова проверяем разбаланс и снова корректируем. Чем по меньше Вы будете заливать датчик и чем дольше посвятите времени заливке, тем более качественным в плане термостабилизации получится прибор.



После 80 процентов заливки, по дну заливки, то есть по эпоксидной смоле снова проходим графитом и стараемся выдержать сопротивление в пределах 500 – 1000 Ом. Тот кончик провода что мы вывели из внутренностей корпуса датчика следует законсервировать в это графитовое покрытие. После полной усушки и проверки сверху графитового слоя датчик снова покрываем слоем эпоксидной смолы. Особенно смешно если Вы не оставили на это места. Будьте внимательны! А дальше можно пройтись антигравием или еще чем то интересным. Либо оставить как есть.



Самое плохое что могут сделать новички это использовать тонер с лазерного принтера вместо графитового порошка. А еще покрывают датчик серебрянкой, после чего он перестает работать.

Если включить смекалку, то можно в процессе заливки сделать типа импровизированной коробочки, в которой будут конденсаторы (если они в датчике) и эту коробочку залить позже, например через месяц или через год. В таком случае у Вас будет постоянный доступ до контурных конденсаторов. Как результат возможность оперативной подстройки. А если уж залили намертво... Все, тогда. Все пропало, шеф.

И запомните золотое правило. Если Вам скажут что прибор видит золото, при этом показывая реакцию на кольцо, попросите товарища раскусить кольцо кусачками в одном месте. После этого попросите демонстрацию работы.

Некоторые моменты настройки.

1. Если слишком большой ток потребления смотрите отзеркалили ли Вы плату? Той ли стороной стоят микросхемы? И самое главное это наличие короткого замыкания между дорожками.
2. Если чувствительности нет вообще или она очень маленькая, меняйте микросхемы в канальных усилителях. Желательно на другую партию и из другого магазина. Можно даже на CD или HCF. Главное проверить работоспособность самой платы.
3. Если есть наводки, непонятные глюки и «трели» замените советские переменные резисторы на импортные линейного типа (В – характеристика) , а также уменьшите длину проводов идущие к ним и переключателям на минимально возможную.
4. Все собрали и в процессе настройки вылезла такая интересная бяка как невозможность выставить максимальную чувствительность. При попытке выставить максимальную чувствительность в широком диапазоне регулятора «лезут» трели в динамике. В каналах МД где-то лезет дребезг.
Надо: с максимально возможной точностью подобрать пары С16 и С17, С18 и С19.
Возможно, что причина слишком широкой зоны «дребезга» – обратная связь, по проводам питания, идущим к цепям коммутации динамика. Отключите динамик и посмотрите осциллографом , есть ли дребезг, на выходах компаратора.
А еще причина неисправности может быть в «грязной» не помытой плате.

5. Если не работает автогенератор (нет размаха напряжения между крайними выводами ТХ), то смотрите подключен ли центральный вывод ТХ к минусу платы и правильной ли стороной стоят транзисторы (проверить цоколевку).

6. Всем всегда хочется глубины. И многие начинающие (как и Ваш покорный слуга) по глупости своей увеличивали сопротивления обратной связи в предварительном каскаде усилителя. Это приводило к увеличению коэффициента усиления. Должен Вас разочаровать. Автор не зря задал КУ в пределах 30. Это есть оптимум. И добавления 2-3 см не нечем Вам не поможет, зато дестабилизирует остальные параметры. Если уж бороться за дальность, то только качественным датчиком и качественными микросхемами. А еще борьбой с шумами.

Выход в поле.

Настроили на столе. Залили датчик. Вкинули плату в корпус. Примотали синей изолентой к палке деревянной и ВЙО, бо дощ!



Пришли на место где лежат несметные сокровища. Дискриминацию выставили на ноль. Переключатель режимов в положение – **Только цвет**. Регулятор чувствительности на начало звука и чуть назад что бы не было глюков (максимальная чувствительность). Регулятор баланса грунта **НЕдокрутили** до точки отсечения феррита (ТОФ). И опустили датчик к грунту. Обязательно в

чистом месте. Где нет ни цветных , ни черных объектов в грунте. При опускании датчика появится такой протяжный красивый цветной звук. Начинаем подкручивать регулятор к ТОФ. Чуть подкрутили и снова опускаем к грунту. Надо найти такое положение регулятора, при котором отклик на грунт пропадет. Это положение должно быть **не доходя** до ТОФ или на крайний случай **на точке ТОФ** , но **не далее нее**. После такой нехитрой настройки Вы готовы искать. Начинаем махать датчиком влево-вправо перед собой.

Маленькие нюансы.

1. Водите датчиком параллельно грунту на минимально возможном расстоянии. От этого зависит качество дискриминации и глубина поиска. Не спешите. Слушайте звук.
2. Не надевайте ботинок с металлическими подошвами или медными (латунными) заклепками. На них есть реакция в процессе поиска.
3. Плотнo обматывайте кабель вокруг штанги. Желательно применить для этого изоленту или пластиковые затяжки.
4. Лопату держите за спиной или на плече. Аппарат отлично реагирует на лопату цветным сигналом.
5. Если есть рваный сигнал то переключитесь в режим – **Все металлы**. Если сигнал не поменялся, значит в грунте цветной объект. Если же поменялся на чистый, то там 100 % объект из черного металла.
6. Имейте ввиду что плоские железки величиной от 10-15 см звучат цветным сигналом. А также цветным сигналом звучат

кольца из черного металла. С этим ничего не поделать. Такова физика процесса.

7. Режим «пляж» не даст Вам возможности копать лишь золото. Есть большая вероятность что Ваш аппарат вообще не увидит ни цепочек , ни сережек. А если и увидит то разве только на 2-3 см. Так что не обольщайтесь.
8. В процессе поиска время от времени проверяйте чувствительность. На максимуме ли она?
9. Носите с собой тот самый кусочек феррита и медную монетку для оперативной проверки **правильной** работоспособности в полевых условиях.

.... и да поможет Вам лопата.

Ваш [Beliy_voron](#).

Дополнения приветствуются.

beliyvorrone@gmail.com