

Инструкция от DesAlex

по сборке и настройке **Tweezer Rcl Meter** (автор [Neekeetos](#))

информацию собрал и систематизировал [Beliy voron](#)

Технические характеристики

Диапазон измерения сопротивлений: Сотые доли ома - большие мегаомы; конденсаторов: десятые доли пикофарада - где-то до фарада; индуктивностей: от очень маленькой и до невообразимо большой). Точнее определить не могу из-за отсутствия образцовых элементов номиналами на границах диапазонов и желания всё это выяснять). Пока что в практике не нашлось такой деталюшки, номинал которой не смог бы измерить - вот и все "диапазоны". Кроме основных параметров, для каждого элемента выводится на дисплей дополнительный: для конденсаторов - ЭПС, для индуктивностей - сопротивление постоянному току, для резисторов - ...увидите сами) Но и это ещё не всё. При желании, для любого элемента можно самому определить, какие ещё параметры выводить. Например - добротность и тангенс угла потерь.

Полный автомат, никаких переключений поддиапазонов, даже сам тип проверяемого элемента приборчик определяет сам. Измерения можно проводить на любой из пяти частот: 1кГц, 9кГц, 25кГц, 49 кГц и 97кГц. Точность измерений высокая, в процентах выразить не могу по тем же причинам, но однозначно - очень достаточная для радиолюбительской практики. Скорость измерения нормальная - в районе секунды.

Питание

Любой литий-ион или литий-полимер 3,7в. Потребляемый ток в рабочем режиме - около 20 мА, в дежурном - ниже тока саморазряда аккумулятора. Заряжать можно (нужно) от USB-порта любого устройства (предусмотрено схемой) или другого источника напряжением около 5в. Индикация состояния аккумулятора - в рабочем режиме на дисплее; автоотключение питания, если забыл выключить.

Недостатки

Мелкий smd-монтаж (в принципе - обычное дело для середины 21-го века), что усложняет самостоятельное изготовление печатной платы. Ещё мне не очень нравится, как отображается число ЭПС и малые сопротивления - в МИЛЛИОмах, - поначалу путается с МЕГАомами, - отличаешь тем, что буква "М" большая или маленькая; аналогично для этого прибора существует и такой непривычный порядок, как МИЛЛИфарад.

Сборка прибора

В прикреплённом архиве имеются чертежи двух наиболее популярных вариантов. Так как в конструкции применяется МК с "мелким" шагом между выводами и другие элементы, которые не получится заменить на DIP или smd, но более крупных типоразмеров - это может стать камнем преткновения. Кроме этого, щупы Кельвина также лучше изготовить методом травления. Тут на выручку могут придти коммерческие предложения по продаже готовых комплектов плат, изготовленных в заводских условиях. Мне, как бонус "за хорошую покупку", при приобретении совсем других технических товаров, как раз достался такой комплект плат.

Детали, которые, скорее всего, придётся купить - это МК и три корпуса ОУ, - т.к. такие трудно найти в "бытовом электронном мусоре". Цена на ОУ - ниже не придумать, на МК примерно равна стоимости на порядок послабее МК от Atmel. Проц можно брать **STM32F100C(4,6,8,B)**. Дальше - проще. Дисплей применяется от популярных устаревших мобильных, да и на новый такой индикатор цена - смешная. Нашёл от Nokia 1202. Но не нашёл "в мусоре" разъёма - шлейф жёстко и цинично запааял в плату. Биполярный транзистор - первый, что попался под руку и подходил по цоколёвке - взял **BC846B**. Полевик поставил **AO3401** - при выборе типа нужно руководствоваться возможностью полевого полностью открываться при питании от напряжения 3 вольта, сопротивление открытого канала маловажно. Малогабаритный кварц на 12 МГц легко вытаскивается с любой старой флешки или mp3-плеера. С последнего же беру miniUSB-гнездо, микросхему зарядки и стабилизатор напряжения 65Z5. О стабилизаторе - желательно взять не 3.3-вольтовый, а 3.0-вольтовый, разумеется - ещё и Low Drop. С аккумулятором, думаю, не сегодняшний день проблем ни у кого и никаких - литий-полимерные или литий-ионные на 3.7 вольта у каждого в избытке - от мобильных и других современных карманных гаджетов, выбор только в его размере, - чтобы влез в необходимый корпус. Осталась пассивная мелочь.

Для обвязки операционников желательно взять резисторы и конденсаторы с как можно близкими параметрами. Если покупные - достаточно просто "с одной ленты", если "сдувать" с плат - то подобрать, чтобы имели близкие сопротивления или ёмкости. На схеме указано, что блокировочными по питанию применяются керамические конденсаторы 4.7 мкФ, но автор рекомендует сразу установить вместо них танталовые на БОльшую ёмкость. Так и сделал - "жёлтых танталов" полно на платах старых HDD, мобильных и т.п. Тут можно совершить одну ошибку: мы привыкли, что полоской на корпусе диодов или электролитов обозначен "минус", у "жёлтых танталов" же это - "плюс". Не забудьте впаять три штырька для прошивки МК и два - для перевода его в режим прошивки. Готовую конструкцию поместил в корпус **Gainta1906** - печатки были под него; т.к. всё остальное обошлось "почти на халяву", корпус - самое дорогое по цене, что пришлось купить)))

После сборки

Прошивать МК удобней без подключенного дисплея. Подключаем переходник, замыкаем контакты boot на плате и подаём питание. Шьём STM32, как обычно (кто делает это впервые - следует инструкциям с руководства в архиве). Отключаем питание, снимаем перемычку с boot – не забываем.

Снова подаём питание. Прошивка организована таким образом, что, при первой подаче напряжения на плату, измеритель автоматически переводится в рабочий режим. Дальше включаем-отключаем прибор длительным (пару секунд) нажатием на кнопку **PWR**. Если отсоединить аккумулятор и потом снова подсоединить - прибор снова начнёт работу с вхождения в рабочий режим, дальше вкл-откл. кнопкой. После включения смотрим на дисплей. Если заставка отображается правильно - ждём две секунды, пока прибор перейдёт в режим измерения и работаем дальше.

Если изображение на дисплее будет "вверх ногами" или "зеркальное" - во время отображения заставки жмём кнопку **REL**. Появится сообщение, что можно всё это исправить. Кнопками SER и REL вращаем изображение, а кнопкой **PWR** выходим в рабочий режим.

Если с включенным прибором ничего не делать на протяжении более 4 минут - он автоматически перейдёт в дежурный режим (выключится). О том, что функция автовыключения в приборе задействована - на дисплее индицирует аббревиатура **АРО**. Ниже, короткое нажатие на кнопку **REL** активирует режим относительных измерений, что отображается, как ">.<"

Короткое нажатие на кнопку **SER** переключает рабочую частоту измерения.

Длительное удержание кнопки **PWR** на заставке переключит режим автоотключения прибора с 4 минут на полчаса бездействия, **АРО** на дисплее исчезнет.

Самодиагностика прибора

Включить - включили, убедились, что цифровая часть прибора функционирует нормально. А как проверить аналоговую? Тут на помощь придёт самодиагностика прибора. На заставке делаем короткое нажатие кнопки **SER**. Появится меню самодиагностики. Эта же кнопка, как и в рабочем режиме, переключает частоты. Кнопка **REL** (длительное нажатие; короткое нажатие) меняет режим самодиагностики.

Выставляем **MEAN** и без **REL** (режим замера средних абсолютных величин). Видим информацию об идентичности трёх каналов. Тут же указано, к какому порту МК подключен тот или другой канал, что помогает в локализации возможной неисправности. Напротив них - амплитуда в милливольтках и фаза в градусах. Так вот - числа во всех трёх каналах должны быть максимально одинаковы, у меня вышло: амплитуда - около 465 мВ, фаза - около 136 градусов.

Как уверяет автор прибора, автокалибровка справляется, даже если показания по каналам будут различаться вдвое!

Но хорошо - когда лучше, конечно))) Кнопкой **PWR** возвращаемся в рабочий режим.

Некоторые пояснения "для самых любознательных":

MEAN - режим среднего отклонения;

SIGMA - режим среднеквадратичного отклонения;

REL - значения каналов PA2 и PA7 выводятся, как отклонение от канала PA1.

Калибровка и балансировка

В рабочем режиме жмём две секунды кнопку **SER**. Видим меню. Сначала делаем балансировку (жмём **PWR** на этой строке меню), следуем инструкциям на экране: прибор определит, что щупы разомкнуты, попросит их замкнуть, определит, что замкнутые, отбалансирует систему и выйдет в рабочий режим. Снова заходим и производим таким же способом калибровку - вторая строка меню.

Третья строка меню - сбросить настройки. Повторить на всех частотах. Когда прибор неотбалансирован-неоткалиброван, в рабочем режиме на дисплее вместо аббревиатур **BAL** и **CAL** светятся "---" - для каждой частоты отдельно.

В архиве есть видео этого процесса, если кто не понял из описания. Думаю, понятно,

что при балансировке-калибровке важен как можно более надёжный контакт между щупами, когда они замкнуты - для последующего измерения малых величин. Всячески приветствуется серебрение-золочение-платинирование окончаний щупов))).

Настройка прибора по своему вкусу

Осталось настроить прибор по своему вкусу с помощью меню. В рабочем режиме кратковременное нажатие на **PWR** повлечёт входение в меню прибора, где можно настроить выводимую на экран информацию и другие сервисные "фишки". Кратковременное нажатие **PWR** позволяет остановиться в строке для изменения параметра и потом снова продолжить работу в меню, кнопки **SER** и **REL** - движение по пунктам меню и настройка там выбранного параметра. Длительное нажатие **PWR** - возвращаемся в рабочий режим; если ничего не делать в меню - также прибор сам вернётся в рабочий режим.

Первая строка - настройка контрастности изображения на дисплее.

Вторая строка - выставляем тип дисплея и его ориентацию.

Третья строка - подсветка дисплея включена или отключена.

Четвёртая строка - задержка между выводом результатов измерения ("мельтешение цифр").

Пятая строка - точное значение сопротивления шунта R7 (по умолчанию - 150.0 ом) - для любителей самых точно-дотошных измерений)))

Шестая строка - выбираем режим замещения: SER (последовательный - "стандартный") или PAR (параллельный).

Седьмая строка - выводить ли OUT OF RANGE, если сопротивление между щупами больше 1 (10) МОм.

Восьмая-десятая строки - выводить ли на дисплей дополнительные сведения о проверяемом элементе и питании прибора, и какие именно:

VBAT - напряжение источника питания;

VDD - напряжение после стабилизатора (наверное, полезно для изучения свойства low drop установленного в прибор стабилизатора));

Q - добротность проверяемой детали;

D - тангенс угла потерь;

Z - активное сопротивление переменному току на данной частоте;

ANGL - самый "загадочный" параметр - угол сдвига фазы между током и напряжением на измеряемой детали (круто, ага)))

Из этих шести параметров можно выбрать не более трёх для их отображения в трёх дополнительных строках на экране.

Одинадцатая строка - передавать ли измеряемую информацию на USB-порт прибора.

Двенадцатая строка - выставить минимальное напряжение разряда аккумулятора.

Некие нюансы.

1. Измеритель позволяет мерять методами параллельного и последовательного замещения, делать относительные измерения, мерять активное сопротивление элемента переменному току на выбранной частоте.
2. Можно сделать, чтобы индикация обновлялась раз в пару секунд - "мельтешения" не будет никакого вообще, можно сделать, чтобы глаза не успевали рассмотреть, как меняются тысячные доли пикофарада от дыхания мухи за пару метров от конденсатора)))
3. Можно померить им добротность катушки металлоискателя, причём, "рабочая частота металлоискателя" на выбор - 1кГц, 9 кГц, 25 кГц ...)))
4. **Заряженный высоким напряжением электролит сожжёт прибор.**
5. Конденсаторы включённые параллельно(C16-C19; C21-C23; C2,C5,C9; C1,C4.)
ЭТО:

Стандартная ситуация для современной радиоэлектроники. Блокировочные конденсаторы в цепи питания. Если смотреть просто "электрически" - то, как бы, - какая "дурастика" - неужели нельзя эту гирлянду заменить одним конденсатором; на самом же деле - эти конденсаторы - да, они соединены в параллель электрически, но.. не в одном месте, а разнесены по всей плате, защищая по питанию каждый узел по отдельности. Т.е. возле каждого корпуса ОУ расположено по паре электролит+керамика, так же сделано в цепях питания МК и пр. Дело в том, что печатная дорожка на плате - это, на самом деле, не совсем идеальный проводник. Это - сопротивление постоянному току и "антенна" для ловли электромагнитных помех. Вот электролитический

конденсатор возле каждого узла накапливает энергию для питания этого узла, чтобы "оно там не прыгало", теряясь на дорожке-"резисторе", а керамический конденсатор - заземляет на "массу" помехи от дорожки-"антенны", чтобы они не попали внутрь самого узла; кроме этого, этот же конденсатор также стабилизирует питание узла, так как успевает взять заряд быстрее "большого" электролитического конденсатора. На электрической же схеме они нарисованы все в одном месте, чтобы не загромождать схему (сейчас практически принято выводы питания микросхем не отображать на схемах вообще) и чтобы собирающему было легче считать, "сколько и каких деталей мне надо на сборку".

6. Стабилизатор Low Drop на 3В. Где взять и почему?

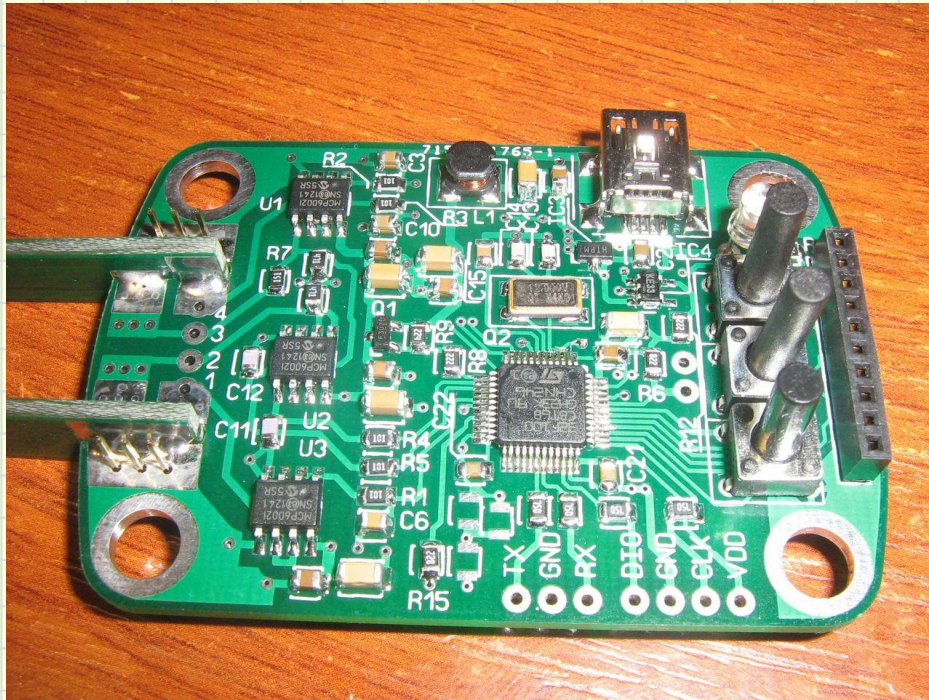
Стабилизаторов на 3.0 вольт выпускается множество, но они имеют разные корпуса и размеры. Я собирал на плате, где устанавливается стабилизатор "трёхногий", похож на транзистор, тип его указал в первом посте, второй распространённый тип указан на схеме. А кто-то может будет собирать с применением "пятиноного" и т.п. Почему 3 вольта. Мы питаем прибор от источника с номинальным напряжением 3,7 вольт. У Low Drop стабилизаторов падение напряжения, ну, 0,6-0,7 вольт. 3,7 минус 0,7 - до узлов прибора дойдёт реально 3 вольта, а не стандартных 3,3 вольта. Спасает только то, что реально аккумуляторы заряжаются до напряжения 4,2 вольта, благодаря чему у нас целых (ого-го))) 0,5 вольта для длительной и качественной работы))) Если же применить стабилизатор на 3,3 вольта - у нас останется "рамка" 0,2 вольта - придётся подзаряжать измеритель чаще, чем сейчас заряжаешь свой мобильник))) А если аккумулятор уже подношенный...

Другими словами - можно, конечно, поставить и на 3,3 вольта, но аккумулятор нужен свежий, "сильный" и заряжать его будешь раз за разом, контролируя, чтобы напряжение на нём не падало ниже 4 вольт. P.S. Прикольно, да. "Старички-ламповички" собирают какие-то там показометры в "фанерных посылочных ящиках", питая их от многокиллограммовых блоков питания, где пяток вольт туда-сюда - что есть, что нету. Транжируют ресурсы налево-направо))) А мы можем работать на несчастных трёх (!) вольтах, радуясь, что есть в запасе целых 0,5 вольт; а, если приспичит - обойдёмся и 0,2 вольтами))) .

ПКИ на RLC Neekeetos

Наименование	Поз.	Колич на 1		Колич на 2
STM32F100C4T6B (STM32F100C8T6B)	IC1	1		2
MCP1702T-3302E/CB	IC3	1		2
MCP73831T	IC4	1		2
MCP6002-I/SN	U1-U3	3		6
LCD Nokia 1202/1280	-	1		2
IRLML6401 (AO3401, IRLML5103 и др.)	Q1	1		2
Quartz 12MHz SMD 4,5x8,0 mm	Q2	1		2
2N2222 SMD	Q3	1		2
RED LED 3mm	LED1	1		2
MiniUSB conn	-	1		2
<u>Резисторы 0805</u>				
75 Ом - 100 Ом	- опция	4		8
100 Ом±1%	R1-R5	5		10
150 Ом±1%	R7 (+ доработка под 6.10)	2		4
180 Ом	R11	1		2
2,2 кОм	R8, R10, R12, R13	4		8
10 кОм	R6, R15	2		4
200 кОм	R9	1		2
<u>Конденсаторы 0805</u>				
15 pF (17 pF) NP0	C13, C14	2		4
200 pF (500 pF) NP0	C11, C12	2		4
3300 pF NP0/X7R	C3, C6, C10	3		6
0,01 мкФ X7R	C15	1		2
0,1 мкФ X7R (Y5V)	C2, C4, C5, C7, C9, C20-C23	9		18
4,7 мкФ-10B – case B	C1, C8, C17-C19	6		12
CD47NP-470KC (47uH)	L1	1		2
Кнопка тактовая 6x6мм	S1-S3	3		6

Внешний вид платы



Структурная схема сборочного чертежа

