

# Измеритель емкости и последовательного эквивалентного сопротивления электролитических конденсаторов - C/ESR-meter.

Прибор предназначен для определения исправности электролитических конденсаторов путем измерения емкости (C) и последовательного эквивалентного сопротивления (ESR) и вывода измеренных значений в цифровом формате на ЖКИ.

Прибор не является точным инструментом, однако его точности достаточно для радиолюбительской практики и ремонта радиоэлектронных устройств.

Напряжение на тестируемом элементе около 100 мВ, что позволяет проводить измерения внутрисхемно.

## Пределы измерения:

C .....1 - 150000 мкФ

ESR .... 0 - 10 Ом с разрешением 0.001 Ом

Принцип измерения ESR основан на измерении величины падения напряжения на конденсаторе при отключении его от источника тока. Емкость определяется путем измерения времени заряда конденсатора стабильным током 10 мА.

Практически это выглядит так - конденсатор предварительно разряжается, включается источник тока 10 мА, оба входа измерительного усилителя подключаются на **Cx**, делается задержка порядка 3.6 мкс для устранения влияния звона в проводах. Одновременно через ключи **U1:A, U1:B** заряжается конденсатор **C1**, который собственно и запоминает самое большое напряжение, которое было на **Cx**. Следующим шагом размыкаются ключи **U1:A, U1:B** и выключается источник тока. Инвертирующий вход ДУ (дифференциального усилителя) **U2:B, U2:B** остается подключенным к **Cx**, на котором после выключения тока напряжение падает на величину  $10\text{mA} \cdot \text{ESR}$ . Далее измеряется напряжение на выходе ДУ - там два канала, один с коэффициентом усиления (КУ) =330 для предела 1 Ом и КУ=33 для 10 Ом. Эти же аналоговые цепи используются и для измерения емкости.

## Назначение кнопок.

Включение прибора при нажатой кнопке «Set» переводит его в режим установки корректирующих коэффициентов. Их всего три - для каналов 1 Ом, 10 Ом и для емкости. Изменение коэффициентов кнопками «+» и «-», запись в EEPROM (энергонезависимую память микроконтроллера) и перебор - кнопкой «Set».

Имеется так же отладочный режим. В этом режиме на индикатор выводятся измеренные значения без обработки: для емкости - состояние таймера (примерно 15 отсчетов на 1 мкФ) и оба канала измерения ESR (1 шаг АЦП=5V/1024). Переход в отладочный режим - при нажатой кнопке «+»

## Настройка.

При первом включении - проверить наличие +5V после 78L05 и -5V (4.7V) на выходе U7.

Дать прибору прогреться несколько минут.

## Установка нуля.

Замкнуть накоротко входные клеммы, или щупы. Удерживая нажатой кнопку "+", с помощью R4 добиваемся минимальных, но не нулевых показаний (!) одновременно по обоим каналам 1Ω и 10Ω.

Cx --- 1Ω=0006 10Ω=0004
----------------------------

Не отпуская кнопку «+», нажать кнопку «Set» - на индикатор выведется сообщение о сохранении U0 в EEPROM.

## Калибровка.

Для калибровки потребуются образцовые резисторы, с допуском не хуже 1%, сопротивлением 1 Ом, или меньше и 10 Ом, или около того, и электролитический конденсатор с известной емкостью. Так же понадобится конденсатор с нулевым ESR, например K73-17B емкостью от 1 мкФ и больше.

## Определяем поправочные коэффициенты.

Включить питание, измерить известную емкость и запомнить показания прибора, выключить питание. Удерживая нажатой кнопку «Set» включить питание, повторным нажатием кнопки «Set» выбрать последовательно один из трех каналов: **1Ω**, **10Ω**, **Cx**. В данном случае выбрать канал **Cx**.

Coeff . for Cx  
1.055

Рассчитать новый поправочный коэффициент для емкости. Для этого емкость конденсатора разделить на показания прибора и умножить на значение старого коэффициента. Кнопками «+» и «-» установить новый поправочный коэффициент.

**Пример:** берем конденсатор с известной емкостью, пусть это будет 1150 мкФ, измеряем и получаем показания 1300 мкФ. Делим емкость на измеренное значение -  $1150/1300=0.8846$ . Умножаем полученное число на коэфф. , который сейчас записан в EEPROM, в нашем примере  $0.8846*1.055=0.933253$ . Округляем до 0.933 и вводим это значение для канала Cx.

Аналогично определяются коэффициенты для каналов **1Ω** и **10Ω**, только последовательно с резистором нужно включить конденсатор с нулевым ESR например K73-17В емкостью от 1 мкФ и больше. Для канала **1Ω** взять резистор сопротивлением **1 Ом**, или меньше. Соответственно для канала **10Ω** взять резистор **10 Ом**, или около того. После установки коэффициентов выключить питание, их значения сохранятся в энергонезависимой памяти (EEPROM) микроконтроллера..

**На этом калибровка закончена.**

Нормально работающий прибор при свободных щупах должен показывать следующее:

Cx ---  
ESR>12.047 Ω

Значение ESR в конкретном экземпляре может отличаться на несколько Ом. При закороченных щупах показания должны быть нулевыми. В первые несколько минут после включения прибора может наблюдаться незначительный «уход нуля».

**Надпись Cx ----** выводится в след. случаях:

1. При измерении емкости срабатывает тайм-аут, т.е. за отведенное время измерения прибор не дождался переключения обоих компараторов. Это происходит при измерении резисторов, закороченных щупах, либо когда измеряемая емкость  $>150000$  мкФ и т.п.
2. Когда напряжение, измеренное на выходе DA2.2 превысит 0x300 (это показания АЦП в 16-ричном коде), процедура измерения емкости не выполняется и на индикатор также выводится Cx ----. При разомкнутых щупах (или  $R>10$  Ом) так и должно быть.

Знак ">" в строке ESR появляется при превышении напряжения на выходе DA2.2 0x300 (в единицах АЦП).

Защита входных цепей традиционна - два встречно-параллельных диода и малоэффективна. Лучше эту задачу решить механически - с помощью специальных щупов, которые в обычном состоянии замкнуты между собой через сопротивление порядка 5 Ом, а при нажатии на щуп, или кнопку эта цепь размыкалась бы.

**Выносные щупы.**

Выносные щупы подключаются по четырех проводной схеме для уменьшения влияния сопротивления проводов на результат измерения. Провода, идущие на массу и транзистор Q2 нужно взять по толщине (1 - 1,5 мм<sup>2</sup>). Два других могут быть сечением 0.25 мм<sup>2</sup>.

Разумеется, что при изготовлении таких щупов необходимо принять меры по изоляции любых токопроводящих цепей, что бы избежать случайного прикосновения к оголенным проводникам.

Возможная конструкция щупов показана на **рисунке 1**

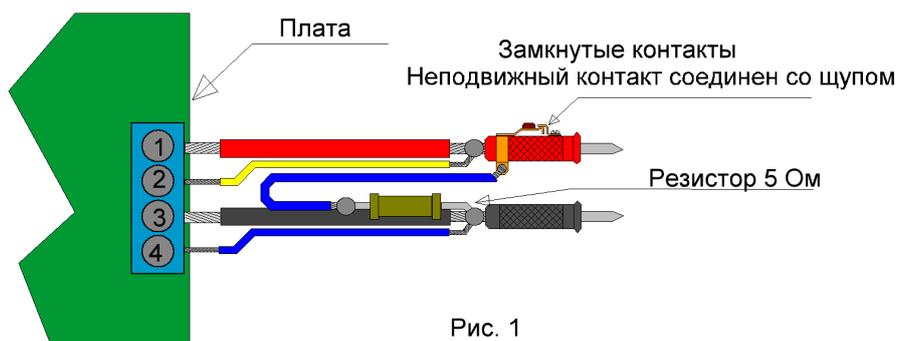


Рис. 1

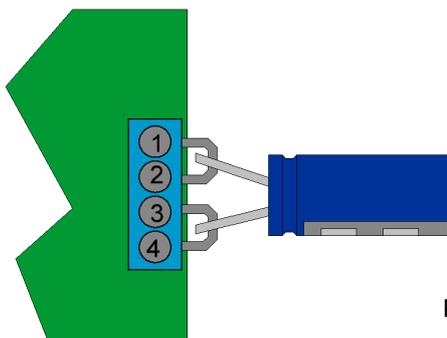


Рис. 2

Если щупы не используются, то нужно закоротить контакты 1-2 и 3-4 (рис. 2).

#### Работа с прибором.

После включения прибор готов к работе. Замкнуть щупы накоротко, показания должны стать нулевыми. Иногда может потребоваться несколько минут для прогрева и установки нуля.

**Перед подключением измеряемого конденсатора его необходимо разрядить!!!** В противном случае прибор может выйти из строя. При использовании специальных щупов вероятность повреждения прибора минимальна.

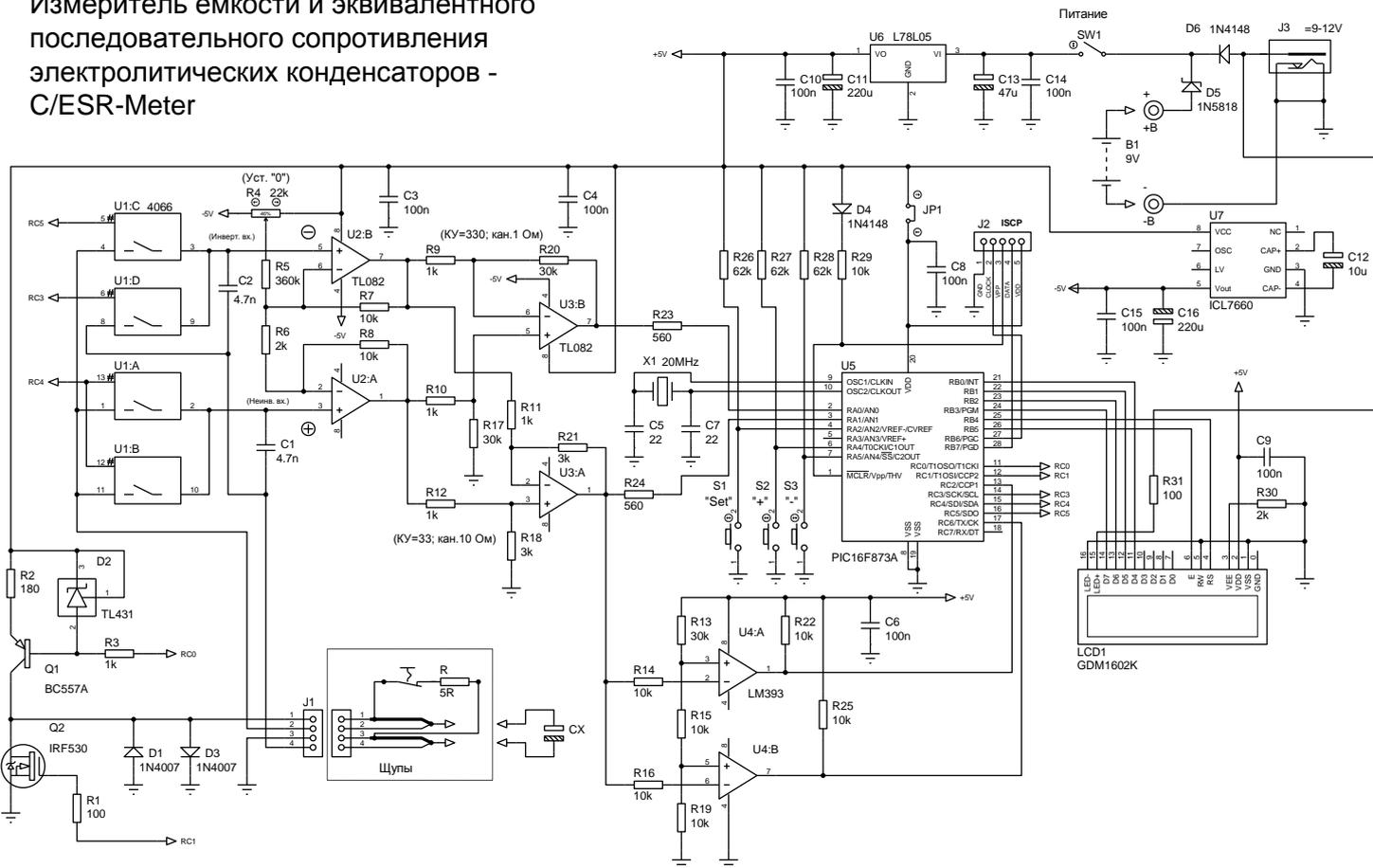
Пользоваться щупами следует так: убедиться, что контакты кнопки замкнуты (прибор должен показывать сопротивление разрядного резистора), подключить щупы к измеряемому конденсатору, соблюдая полярность (минус конденсатора на землю), нажать кнопку на щупе, считать показания.

Следует принимать в расчет, что внутрисхемные измерения не всегда бывают объективными. Это обусловливается схематехническими особенностями тестируемого устройства. Так, если в схеме имеются параллельно включенные конденсаторы, например, фильтрующие питание, то их емкость будет суммироваться, а значение ESR будет соответствовать конденсатору с наименьшим сопротивлением.

Ориентировочные значения допустимых ESR для конденсаторов различных емкостей и допустимых напряжений можно взять из приведенной ниже таблицы.

	10V	16V	25V	35V	63V	160V	250V
1 мкФ				14	16	18	20
2.2 мкФ			6	8	10	10	10
4.7 мкФ			15	7.5	4.2	2.3	5
10 мкФ		6	4	3.5	21.4	3	5
22 мкФ	5.4	3.6	2.1	1.5	1.5	1.5	3
47 мкФ	2.2	1.6	1.2	0.5	0.6	0.7	0.8
100 мкФ	1.2	0.7	0.32	0.32	0.3	0.15	0.8
220 мкФ	0.6	0.33	0.23	0.17	0.16	0.09	0.5
470 мкФ	0.24	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.3
1000 мкФ	0.12	0.1	0.08	0.07	0.05	0.06	
4700 мкФ	0.23	0.2	0.12	0.06	0.06		

# Измеритель емкости и эквивалентного последовательного сопротивления электролитических конденсаторов - C/ESR-Meter



Автором данного прибора является Гинц Олег.

Ссылка на первоисточник: <http://pro-radio.ru/measure/3288/>

