

# ИЗМЕРИТЕЛЬ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ЕМКОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ « ESR-micro v3.1»

( *Краткое описание и инструкция по эксплуатации* )

Предлагаемый Вашему вниманию прибор предназначен для измерения эквивалентного последовательного сопротивления (Equivalent Series Resistance-ESR) и емкости электролитических конденсаторов без демонтажа их из печатной платы и является незаменимым помощником в работе каждого уважающего себя телемастера.

Как известно, причиной подавляющего большинства дефектов радиоэлектронной аппаратуры являются неисправные электролитические конденсаторы. Именно они служат причиной таких дефектов, как выход из строя строчного транзистора и TDA3653 в RECOR-ах, прогоревшие насквозь драйверы двигателей в видеоплеерах SAMSUNG SVR и т.п. В большинстве случаев это конденсаторы импульсных блоков питания, в которых они подвергаются значительному нагреву и быстрее выходят из строя (как говорят многие, “высыхают”).

Поиск неисправных конденсаторов с помощью тестера или измерителя емкости порой довольно затруднителен, т.к. емкость неисправного конденсатора может незначительно отличаться от номинальной, а значение ESR может быть довольно большим. И именно ESR является важнейшим параметром для измерения при поиске неисправного конденсатора. Остальные неисправности конденсаторов, такие, как короткое замыкание или низкое DCR (Direct Current Resistance - сопротивление постоянному току), встречаются крайне редко.

Само понятие ESR можно пояснить следующим образом. Как известно, конденсатор состоит из металлических обкладок, к которым крепятся его выводы, диэлектрика, разделяющего обкладки (часто им является оксидный слой на обкладках), и электролита. Все это помещается в алюминиевый корпус. В процессе работы в конденсаторе протекает множество электрохимических процессов, в том числе коррозия в местах соединения обкладок с выводами. Это, в свою очередь, вызывает ухудшение прохождения переменного тока через конденсатор, нагрев его и, как следствие, еще большее ускорение протекания описанных выше процессов.

Все возникающие при этом потери учитываются в так называемом эквивалентном последовательном сопротивлении (ЭПС или ESR) – воображаемом резисторе, включенном последовательно с самим конденсатором.

Принцип измерения ESR аналогичен используемому в известном измерителе, разработанном Бобом Паркером (ESR meter K7214). На тестируемый конденсатор подаются короткие импульсы постоянного тока (в данной версии устройства длительность импульсов равна 2 мкс). Анализируется амплитуда этих импульсов. У идеального конденсатора с нулевым ESR заряд будет начинаться с нулевого уровня напряжения. Чем выше ESR, тем больше начальный «скачок напряжения» в момент подачи тока. Микроконтроллер измеряет амплитуду импульсов и пересчитывает ее в ESR. При использовании данного метода ESR конденсаторов малой емкости (1...10мкф) будет немного выше их реального ESR за счет того, что за время, равное длительности тестового импульса, конденсатор успеет зарядиться до некоторого уровня напряжения, что и дает увеличенную погрешность измерения ESR при малой емкости.

К примеру, конденсатор емкостью 1мкФ при заряде током 30мА за 2 мкс успеет зарядиться до напряжения  $U=t*I/C=60\text{мВ}$ . Что будет соответствовать измеренному  $ESR=U/I=60/30=2\text{ Ом}$ . При том же токе конденсатор емкостью 100 мкФ за 2 мкс зарядится до 0.6мВ. Погрешность измерения ESR в этом случае будет 0.02 Ом.

Измерение емкости производится стандартным методом – измеряется время заряда конденсатора постоянным током до определенного уровня напряжения (в данном случае до 0.2 В) и по формуле  $C=t*I/U$  рассчитывается емкость. *Следует учитывать, что измерение емкости конденсаторов с повышенным ESR*

данным способом дает немного заниженное значение (из-за упомянутого выше начального скачка напряжения).

### Основные технические характеристики:

Диапазон измеряемых значений:	Емкость	1...60 000 мкФ
	ESR	0...150 Ом
Потребляемый ток:	Рабочий режим	3,5 мА
	«Спящий» режим	практически 0
Индикация		ЖКИ
Напряжение питания		6 вольт (2 элемента CR2032)

### Работа с прибором

“ESR-micro v3.1” (рис.1) имеет всего один элемент управления – кнопку “MODE SET” (установка режима).

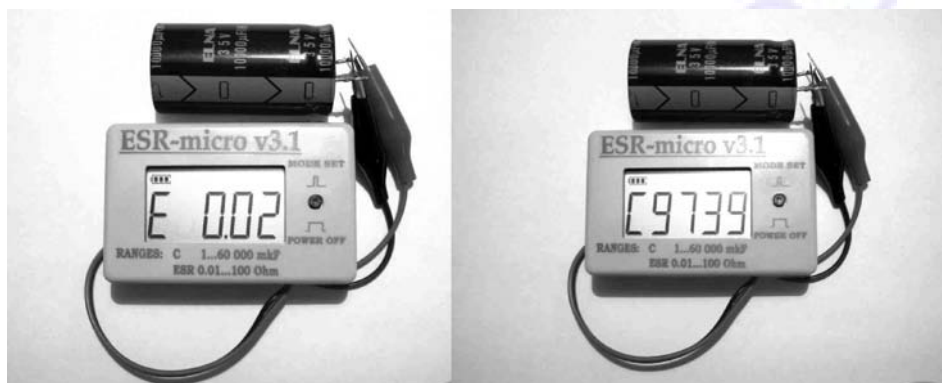


Рис.1

Включение производится кратковременным нажатием на кнопку. После включения на ЖКИ появится приветствие «HELLO» и затем прибор переходит в рабочий режим. Всего существует 3 рабочих режима: режим с индикацией емкости, с индикацией ESR и с поочередной индикацией емкость - ESR. Индикация ESR – в Ом, емкости – в микрофарадах, при индикации емкости больше 9999 мкф вместо символа «С» в левом разряде ЖКИ индицируется старший разряд измеренного значения.

Переключение режимов осуществляется кратковременным нажатием кнопки. Режимы переключаются циклически (ESR, C, C-ESR, ESR...). После следующего включения прибор **останется в том режиме, в котором он выключился**.

Проверяемый конденсатор подключается либо к щупам с зажимами «крокодил» на концах, либо, при проверке конденсатора без демонтажа, щупы прибора подключаются к конденсатору на плате (для удобства к «крокодилам» припаяны короткие иголки), и по показаниям на индикаторе делается вывод о его работоспособности.

Следует отметить, что если несколько конденсаторов соединены параллельно (обычно фильтрующие по питанию), то прибор покажет их **СУММАРНУЮ** емкость.

Максимально возможное значение измеряемой емкости – около 60 000 мкФ (в бытовой аппаратуре практически не встречается конденсаторов с большей емкостью). Если емкость конденсатора больше этого значения, на дисплее будет индицироваться «C---». Аналогично и для ESR – при ESR больше 160 Ом - индикация «ESR---».

## Контроль напряжения питания

Контроль напряжения питания устройства осуществляется при помощи стилизованного значка батареи в левой верхней части дисплея. Если включены все 3 сегмента, то напряжение питания больше 3.9 вольт, 2 сегмента – напряжение в пределах 3.7...3.9 В, 1 сегмент – 3.5...3.7 В и если все сегменты погашены – напряжение питания менее 3.5 вольт. При снижении напряжения питания ниже 3.5 вольт рекомендуется заменить элементы питания.

## Автоотключение

С целью продления срока службы элементов питания автоматическое выключение питания происходит через 40 секунд после окончания последнего измерения. Потребляемый устройством ток в выключенном режиме практически равен нулю (доли микроампер). Выключить устройство можно также удерживая кнопку нажатой более трех секунд.

## Компенсация сопротивления щупов

Чтобы избежать влияния сопротивления щупов на измерение ESR, в приборе присутствует функция калибровки. Для калибровки необходимо перед включением прибора замкнуть щупы («сцепить» крокодилы друг с другом). Затем кратковременным нажатием кнопки производится включение. После «приветствия» на дисплее появится «CALIB» и затем измеренное сопротивление (ESR). Оно должно быть не более 0.01 Ом. После калибровки прибор остается в режиме измерения ESR.

## Примечания

### Предупреждение:

Во избежание выхода прибора из строя перед проверкой **РАЗРЯДИТЕ КОНДЕНСАТОР!** Особенно это касается конденсаторов импульсных блоков питания и цепей питания строчной развертки. Защита устройства по входу стандартная – 2 диода встречно-параллельно. При большом остаточном напряжении на конденсаторе она может оказаться неэффективной.

Питание устройства осуществляется от двух литиевых элементов CR2032. Элементы устанавливаются положительным (+) контактом вверх.

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

	10V	16V	25V	35V	63V	160V	250V
<b>1</b>				14	16	18	20
<b>2.2</b>			6	8	10	10	10
<b>4.7</b>			15	7,5	4,2	2,3	5
<b>10</b>		6	4	3,5	2,4	3	5
<b>22</b>	5,4	3,6	2,1	1,5	1,5	1,5	3
<b>47</b>	2,2	1,6	1,2	0,5	0,5	0,7	0,8
<b>100</b>	1,2	0,7	0,32	0,32	0,3	0,15	0,8
<b>220</b>	0,6	0,33	0,23	0,17	0,16	0,09	0,5
<b>470</b>	0,24	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,3
<b>1000</b>	0,12	0,1	0,08	0,07	0,05	0,06	
<b>4700</b>	0,23	0,2	0,12	0,06	0,06		

Эти значения именно «ориентировочные». Таблица использована Бобом Паркером в его K7214. Принцип измерения аналогичен, **НО** в «ESR-micro 3.1» длительность тестового импульса уменьшена с 5 до 2 мкс, поэтому погрешность измерения ESR конденсаторов малой емкости уменьшена по сравнению с K7214. Максимально допустимым ESR конденсаторов с емкостью до 10 мкФ можно считать приблизительно 4-5 Ом.

На сайте <http://my.execpc.com/~endlr/esr.html> приведены следующие значения допустимых ESR для конденсаторов различных типов:

Table 4 "Typical" ESR Values of Some Capacitors, in Ohms

Capacitor Type:	22 uF part	100 uF part	Freq. measured: Hz	Comments
Std. aluminum	7-30	2-7	120	
Low-ESR aluminum	1-5	0.3-1.6	100k	
Solid aluminum	0.2-0.3		500	MnO <sub>2</sub> electrolyte
Sanyo OS-CON	0.04-0.07	0.03-0.06	100k	TCNQ electrolyte
Std. solid tantalum	1.1-2.5	0.9-1.5	100k	SMD
Low-ESR tantalum	0.2-1	0.08-0.4	100k	SMD, for P.S. filtering
Wet-foil tantalum	2.5-3.5	1.8-3.9	not stated	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> electrolyte
Stacked-foil film	<.015		100k	
Ceramic	<.015		100k	X5R, Y5V

Кроме измерения ESR, прибор удобно использовать для точного измерения сопротивления низкоомных резисторов. В пределе до 1 Ом абсолютная погрешность измерений не превышает 0.02 Ом. В остальных диапазонах измерений (особенно 20-200ом) погрешность может достигать до десятков процентов. Однако это несущественно, так как у **ЛЮБОГО** исправного конденсатора ESR меньше 20 ом.

При проверке конденсаторов емкостью больше 10 000 мкФ значение ESR при измерении в режиме «ESR» и «C-ESR» может незначительно отличаться. Рекомендуется измерять ESR таких конденсаторов в режиме «ESR».

**Заказ приборов:** <http://www.radiodevices.info>

Все замечания и предложения – на E-mail [www@radiodevices.info](mailto:www@radiodevices.info)

**Гарантия** на прибор - 1 год с момента приобретения.

Обо всех новых версиях, а также других устройствах, облегчающих труд телемастера, читайте здесь:

<http://www.radiodevices.info>