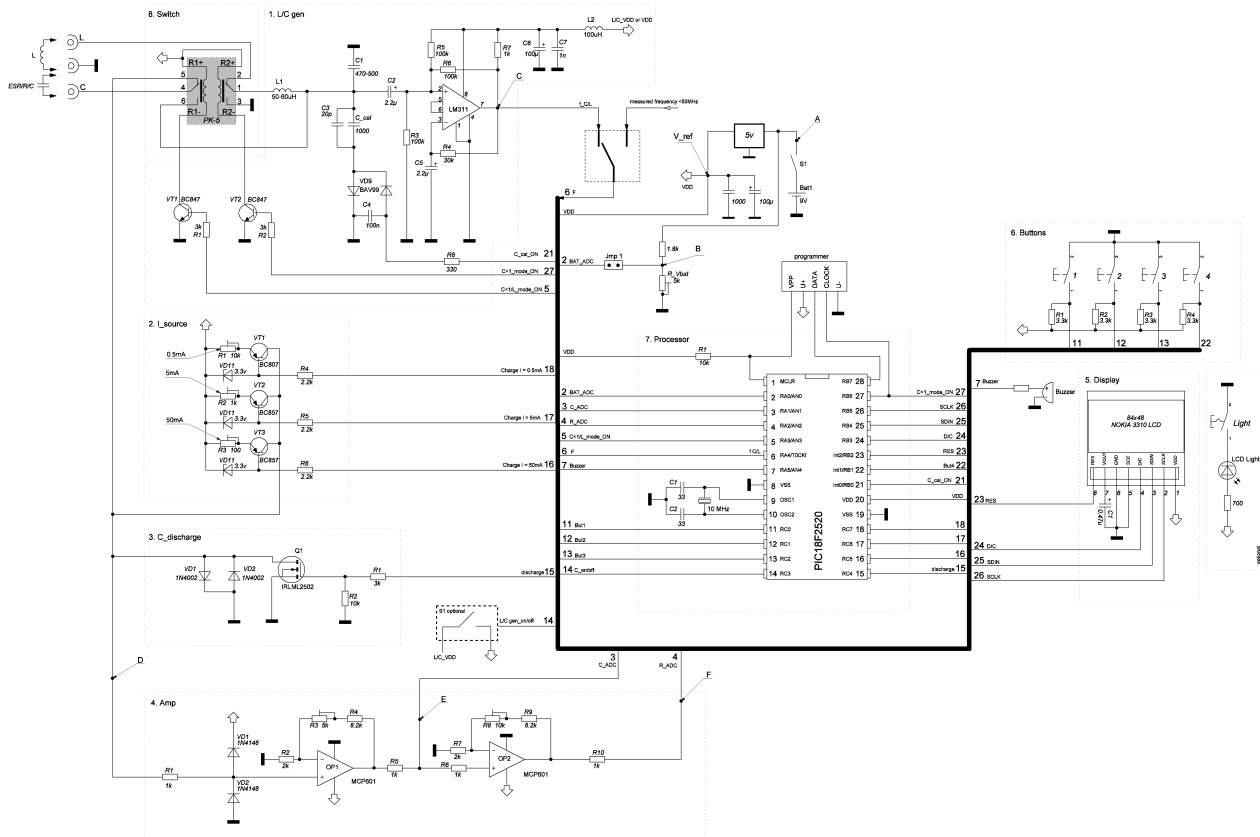


## Устройство.

Устройство предназначено для измерения малых сопротивлений, индуктивности, емкости и ЭПС конденсаторов. Функционально, схему можно разбить на 8 основных модулей:

1. L/C генератор
2. Блок источников стабильного тока (50mA/5mA/0.5mA)
3. Блок, отвечающий за разряд испытуемого конденсатора
4. Блок усилителей напряжения
5. Блок отображения информации (Nokia LCD 3310)
6. Кнопки управления
7. Микроконтроллер PIC18F2520
8. Коммутатор (для коммутации испытуемых компонентов)



Принцип работы LC генератора и соответственно принцип измерения индуктивности и емкости ( $1p - 1\mu F$ ) подробно описывать не вижу смысла. Это подробно изложено в описаниях к подобным устройствам коих в интернете масса. Отмечу лишь некоторые особенности, которые были применены в данной схеме и алгоритме расчета. Для измерения индуктивности и емкости используются разные пары щупов... такой подход позволил повысить точность измерения, организовав постоянную, автоматическую, частичную калибровку. Т.е. дрейф частоты LC генератора не оказывает столь значительного влияния на точность измерения как это было ранее. Также новый подход к расчетам позволил избавиться от влияния межвитковой емкости измеряемой индуктивности на результат измерения (она учитывается при калибровке).

Измерение емкости электролитических конденсаторов организовано по классическому методу – заряд конденсатора стабильным источником тока до определенного уровня напряжения (0,2V) с параллельным подсчетом времени заряда. В схеме это реализовано сл. образом. Подключенный испытуемый конденсатор предварительно разряжается (Q1) после чего на него подается стабильное напряжение и включается таймер отсчета времени. В момент достижения напряжением уровня 0,2v. срабатывает внутренний компаратор и фиксируется время таймера. Далее происходит расчет емкости конденсатора. Для сокращения времени измерения в меню можно выбрать максимальный предел измерения емкости испытуемого конденсатора (100/300/600 тысяч микрофарад).

Измерение ЭПС (ESR) конденсатора и измерение малых сопротивлений выполняется по сл. принципу. На испытуемый конденсатор подается короткий импульс напряжения формируемого источником стабильного тока. Это вызывает всплеск напряжения, величина которого пропорциональна ESR конденсатора. Два последовательно включенных ОУ увеличивают этот сигнал до необходимого уровня. Далее, подключенный к выходу ОУ микроконтроллер регистрирует пик импульса и выполняет аналого-цифровое преобразование для дальнейшего расчета величины напряжения. Зная значение силы тока импульса и напряжение, производится расчет ESR.

При измерении ESR малых емкостей ( $<10\mu F$ ) происходит незначительное завышение показаний измерителя. Не смотря на то, что длительность импульса всего 1-2uS этого достаточно для того, чтобы конденсатор успел немного зарядиться, тем самым слегка завысив значение измеряемого напряжения.

### Детали конструкции.

Некоторые особенности конструкции которые следует учесть при повторении. Подстроечные резисторы в блоке источника стабильного тока (2. I\_source) лучше заменить на постоянные, после подбора их примерного значения в процессе настройки (описано ниже).

Подстроечные резисторы R3 и R8 в блоке усилителя (4. Amp) рекомендуется использовать многооборотные. Это позволит выполнить точную подстройку коэф. усиления от значения которого зависит точность работы прибора (особенно критично для ESR).

Вместо двух ОУ MCP601 можно использовать одну MCP602.

Реле в блоке коммутации (8. Switch) необходимо использовать бистабильное с двумя обмотками рассчитанными на напряжение 5v.

Конденсаторы C2 и C5 танталовые или неполярная “керамика”. Дроссель L1 – типа “гантелька”. Еще лучше, если эта “гантелька” будет в ферритовом “стакане”.

Блок “S1 optional” это блок управления подачей напряжения питания на LC генератор. Опционально, существует возможность отключать генератор в режиме измерения “электрорлитов” для снижения энергопотребления схемы. Блок S1 можно не использовать, просто подключив LC генератор к питанию.

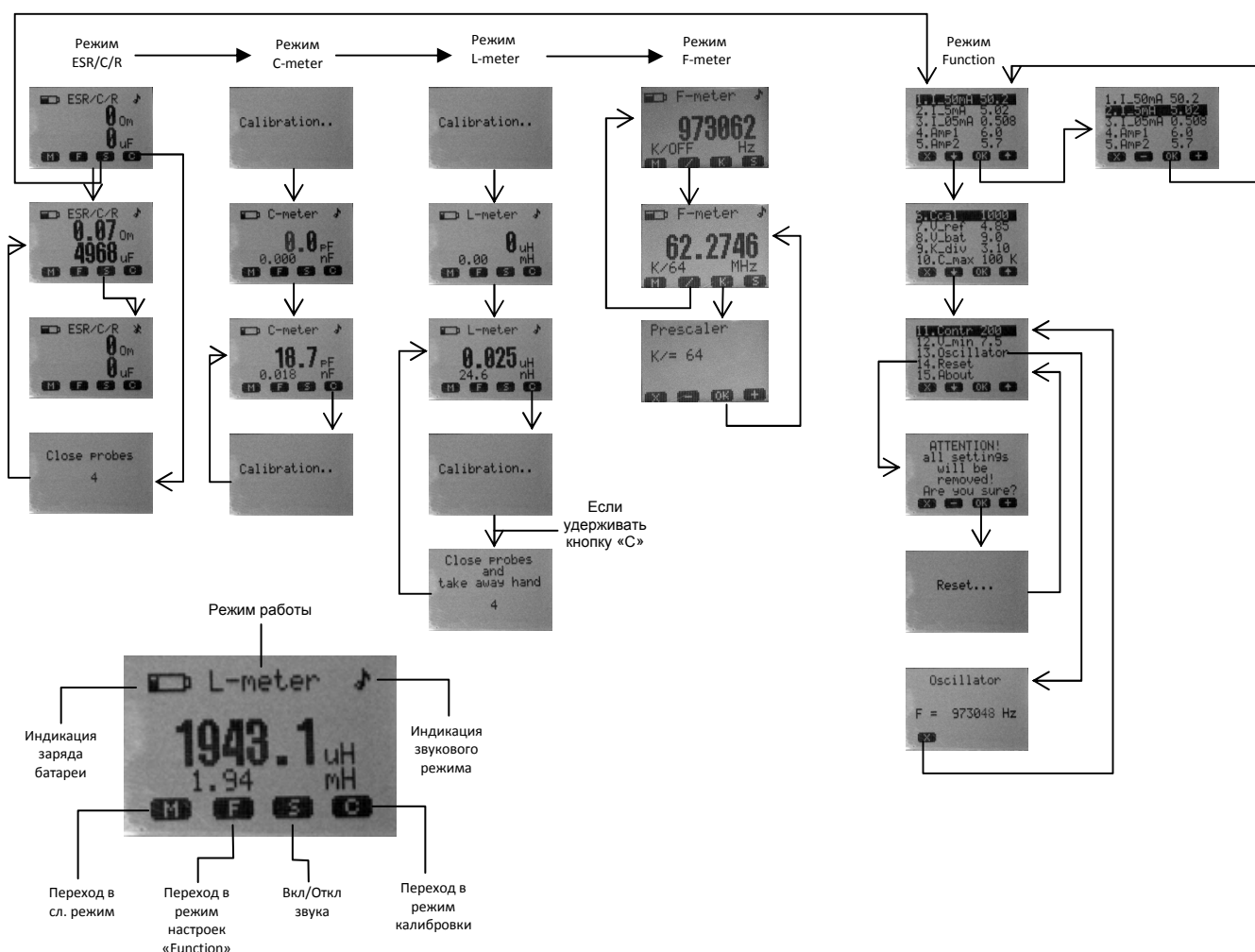
!!! Во избежание выхода из строя микроконтроллера, переключку Jmp следует устанавливать только после настройки напряжения в точке “B” резистором “R\_Vbat” (описано ниже).

В схеме отсутствует модуль частотомера (пределитель и буфер) хотя программно сам частотомер реализован. Измеряемую частоту (с «правильной» амплитудой) следует подавать на 6 вывод МК (F). Необходимо понимать, что для работы режимов измерителя емкости и индуктивности на вход 6 МК должен подаваться сигнал с выхода LC генератора. С этой целью на схеме изображен коммутатор. Один из возможных вариантов схематического решения модуля частотомера (пределитель/буфер, коммутация) пока находится в стадии разработки. При необходимости коммутацию можно организовать на обыкновенных переключателях, а в качестве схем входных цепей (делитель/буфер) использовать одну из многочисленных схем имеющихся в интернете.

## Настройка и работа с устройством.

При первом включении устройства следует сбросить все настройки к настройкам по умолчанию. Для этого нужно нажать кнопку 3 и включить питание устройства. В дальнейшем эту операцию можно выполнить из меню «Function» раздел “Reset”.

После сброса желательно произвести откл-вкл устройства. По умолчанию, после сброса настроек значение контраста «Contrast» устанавливается как 200. Это значение можно изменить в меню настроек или выполнить откл-вкл устройства удерживая кнопку 4 в нажатом состоянии. В этом случае после включения устройство сразу перейдет в меню регулировки контраста. Далее кнопкой 4 контраст увеличивается, а кнопкой 3 – уменьшается.



### Настройка источников стабильного тока.

На точность измерения значительное влияние оказывает аккуратность настройки источников стабильного тока. Для настройки нужно перейти в меню «Function» и далее выбрать раздел “I\_50” кнопкой «OK». Затем подключить к клеммам измерения C/ESR миллиамперметр. Миллиамперметр будет показывать значение тока будущего импульса для измерения ESR.

С помощью подстроечного резистора (R3) необходимо установить этот ток как можно ближе к значению 50mA. После этого запомнить показания и отключить миллиамперметр. Далее с помощью кнопок +/- установить в меню устройства значение отражаемое ранее на миллиамперметре с точностью до десятых и сохранить его нажав кнопку OK.

Ту же процедуру необходимо выполнить для источников тока 5 и 0,5mA... разделы “I\_5” и “L\_05”, отрегулировав ток соответствующими подстроечными резисторами, при этом измеренное значение должно быть вписано в меню устройства с точностью до сотых/тысячных.

!!! Важно помнить, что переключение между разделами должно производиться при отключенном миллиамперметре. В дальнейшем рекомендуется заменить подстроечные резисторы на постоянные и повторить процедуру настройки.

### Настройка ОУ.

Процесс настройки ОУ сводится к подстройке К усиления каждого ОУ к значению указанному в разделах Amp1 и Amp2. Для этого нужно выбрать режим измерения ESR/C/R и далее:

1. Подключить к клеммам электролит с заведомо известной емкостью (лучше взять конденсатор с небольшой емкостью 10-50µF) и с помощью построечного резистора R3 и значения переменной Amp1 (~6.0) в меню настройки, добиться соответствующих показаний на экране прибора.
2. Затем подключить к клеммам известное сопротивление (желательно 1 - 10 Ом) и с помощью построечного резистора R8 и переменной Amp2 (~6.0) в меню настройки, добиться соответствующих показаний на экране прибора.  
На точность показаний при измерении сопротивлений будет влиять точность установки значения силы тока для источников тока  
0.00 -1.00 Ом - раздел "I\_50"  
1.00 -10.0 Ом - раздел "I\_5"  
10.0 -100 Ом - раздел "I\_05"

#### Настройка LC генератора.

Настройка LC генератора сводится к подбору индуктивности L1 и конденсатора C1 таким образом, чтобы частота генератора, которую можно контролировать с помощью режима "Oscillator" была в диапазоне 900кГц. C2 и C5 должны быть танталовыми или неполярными "керамика". Калибровочный конденсатор может быть любым в диапазоне 500-1200 pF. Главное чтобы это был конденсатор с минимальным ТКЕ и с известным вам значением емкости. Очень хорошо, если есть возможность предварительно измерить его реальную емкость на каком-нибудь калиброванном измерителе. Значение суммарной емкости C\_cal и C3 необходимо занести в раздел "6.Ccal". C3 можно не устанавливать (...подсмотрел в одном аналогичном решении, как возможный вариант снижения общего ТКЕ).

#### Индикатор заряда батареи.

Настройка индикатора заряда сводится к установке в точке "B" напряжения равного примерно 1/3 напряжения батареи питания. Для этого необходимо измерить напряжение батареи питания в точке "A" (при включенном приборе) U1. Затем подключить вольтметр в точку "B" добиться с помощью регулировки резистора «R\_Vbat» показаний вольтметра U2 равным примерно 1/3 от U1. Далее рассчитать коэффициент деления  $K_{div} = U1/U2$  и записать значения в меню в соответствующие разделы настроек. Также указать в настройках значение напряжения полностью заряженной батареи питания "V\_bat" и минимальный уровень напряжения батареи при котором прибор будет сигнализировать о необходимости заменить/зарядить батарею.

Также, для повышения точности работы АЦП желательно указать в меню точное напряжение питания микроконтроллера V\_ref (по умолчанию равно 5v) измерив его при включенном приборе в точке V\_ref.

#### Измерение ESR/C/R (C 0,1 – 600 000 uF)

Для измерения необходимо:

1. Включить устройство (клеммы для подключения измерительного компонента свободные)
2. Переключить устройство с помощью кнопки "Mode" (далее M) в режим ESR/C/R
3. При необходимости выполнить калибровку (описано ниже)
4. Подключить измеряемый компонент к клеммам (C)
5. Экран устройства отобразит результат измерений.

Следует отметить, что на скорость проведения измерения влияет емкость измеряемого конденсатора. Максимальный предел измерения можно выбрать в меню «Function» (C\_max) (указано в тыс. микрофарад)

#### Калибровка в режиме ESR/C/R.

Калибровка служит для компенсации влияния длины проводов клем и др. на результат измерения внутреннего сопротивления. Для проведения калибровки необходимо находясь в режиме ESR/C/R нажать кнопку «Calibration» (далее C). При появлении меню «Close probes» (замкнуть щупы) необходимо замкнуть щупы устройства до окончания обратного отсчета на экране. После выполнения процесса калибровки, информация о настройках будет автоматически сохранена в энергонезависимой памяти устройства, что позволит в дальнейшем не выполнять калибровку при каждом последующем включении устройства.

#### Измерение C (C < 1uF)

Для измерения необходимо:

1. Включить устройство (клеммы для подключения измерительного компонента свободные)
2. Переключить устройство с помощью кнопки "M" в режим C-meter
3. При необходимости выполнить калибровку (описано ниже)
4. Подключить измеряемый компонент к клеммам
5. Экран устройства отобразит результат измерений.

#### Калибровка в режиме C

Калибровка служит для компенсации влияния длины проводов клем и др. на результат измерения емкости конденсатора. Для проведения калибровки необходимо находясь в режиме C (клеммы подключения измерительного компонента разомкнуты, измеряемый конденсатор отключен) нажать кнопку "C".

#### Измерение L

Для измерения необходимо:

1. Включить устройство (клеммы для подключения измерительного компонента свободные)
2. Переключить устройство с помощью кнопки "M" в режим L-meter
3. При необходимости выполнить калибровку (описано ниже)
4. Подключить измеряемый компонент к клеммам
5. Экран устройства отобразит результат измерений.
6. При измерении индуктивности (особенно малых номиналов) для получения более высокой точности измерения можно в процессе измерения (не отключая измеряемую индуктивность) выполнить калибровку нажатием кнопки «C». При этом прибор выполнит калибровку и на экране будет отражено значение подключенной индуктивности максимально близкое к реальному.

#### Калибровка в режиме L

Калибровка служит для компенсации влияния длины проводов клем и др. на результат измерения индуктивности. Существует два вида калибровки – «глубокая» для расчета индуктивности щупов и «обычная» для коррекции дрейфа генератора. Обычная калибровка выполняется нажатием кнопки «C» в режиме L-meter. Калибровка может выполняться с подключенной измеряемой индуктивностью к щупам устройства.

Для выполнения «глубокой» калибровки следует нажать кнопку «C» и удерживать ее в нажатом состоянии до появления надписи «Close probes and take away hand» (замкнуть щупы и убрать руки) далее замкнуть измерительные щупы до окончания обратного отсчета на экране устройства, убрать руки и дождаться окончания процесса калибровки. После калибровки разомкнуть щупы. Глубокая калибровка может не проводиться постоянно т.к. после выполнения «глубокой» калибровки, значения индуктивности щупов подключения, сохраняются в энергонезависимой памяти микропроцессора.

## **Измерение F**

Для измерения частоты необходимо:

1. Включить устройство
2. Переключить устройство с помощью кнопки "M" в режим F-meter
3. Выбрать режим работы (с предделителем или без) с помощью кнопки «/»
4. Подать измеряемую частоту на вход «F» (йй вывод МК).

Изменить коэффициент деления применяемого предделителя можно с помощью кнопки «K». После установки коэффициента и сохранения «кнопка ОК» значение будет сохранено в энергонезависимой памяти устройства.

Схема устройства не содержит модули частотомера (предделитель и буфер).

### **Звуковой сигнал «Напоминание»**

Если измерения не проводятся более ~1 минуты, прибор начинает издавать прерывистый звуковой сигнал. В дальнейшем сигнал повторяется каждые ~20 сек.

Звуковой сигнал «напоминание» не будет включаться, в случае если в приборе установлен режим «Без звука».