

Удивительно точный цифровой ЖК-измеритель

Этот дизайн был заменен "V2", который имеет более простую аппаратную и программную калибровку. Вместо этого вам следует создать этот!



Измеритель индуктивности / емкости от Фила Райса, VK3BHR

Почти так же, как опубликовано в журнале **Amateur Radio**, апрель 2004.

Диапазон измерения составляет от 0 до > 0,1 мкФ для емкости и от 0 до > 10 момЧ для индуктивности.

Ожидаемая точность составляет +/- 1% от показаний +/- 0,1 пФ или +/- 10 нЧ

Вот несколько ответов на иногда задаваемые вопросы!

Почему?

Несколько лет назад я построил "генератор на одном транзисторе", который я использовал для измерения малых значений индуктивности (путем измерения частоты колебаний и применения формулы для резонансной частоты ЖК-контур). Основываясь на проекте частотомера, опубликованном в сентябрьском номере журнала AR за 2002 год, я подумал, нельзя ли объединить генератор и частотомер, чтобы создать измеритель индуктивности / емкости прямого считывания. Я видел прибор, который делал именно это, в Интернете по адресу <http://www.aade.com/lcmeter.htm> за 120 долларов США и подумал: "Я бы хотел один из них".

Каким образом?

На веб-сайте AADE подробно описано, как работает их конструкция, и приведена принципиальная схема. Это побудило меня предложить конструкцию с использованием их генератора, но несколько иным способом. Как и у них, мой измеряет свободную частоту LC-генератора, затем последовательно применяет известную емкость, а затем неизвестную катушку индуктивности (или конденсатор). После этого математика, используемая для расчета индуктивности или емкости, будет совершенно иной. Краткое знакомство с требуемыми формулами показало, насколько это СЛОЖНО!

Capacitance	Inductance
$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots(1)$	$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots(5)$
$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{cal})}} \dots\dots(2)$	$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{cal})}} \dots\dots(6)$
$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_n)}} \dots\dots(3)$	$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L + L_n)C}} \dots\dots(7)$
$C_u = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \times C_{cal} \dots\dots(4)$	$L_n = \left[\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1 \right] \times \left[\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1 \right] \times \frac{1}{C_{cal}} \times \left(\frac{1}{2\pi F_1}\right)^2 \dots\dots(8)$

Удачная находка!

Затем я обнаружил примечание к приложению Microchip - "Процедуры с плавающей запятой, совместимые с AN575 IEEE754" (сложение, вычитание, деление и умножение). Загрузка кода в PIC 16F84 не заняла много времени, но 32-разрядные процедуры с плавающей запятой заполнили почти весь чип. Это не оставило места для измерения частоты, расчетов индуктивности / емкости и инструкций по форматированию дисплея.

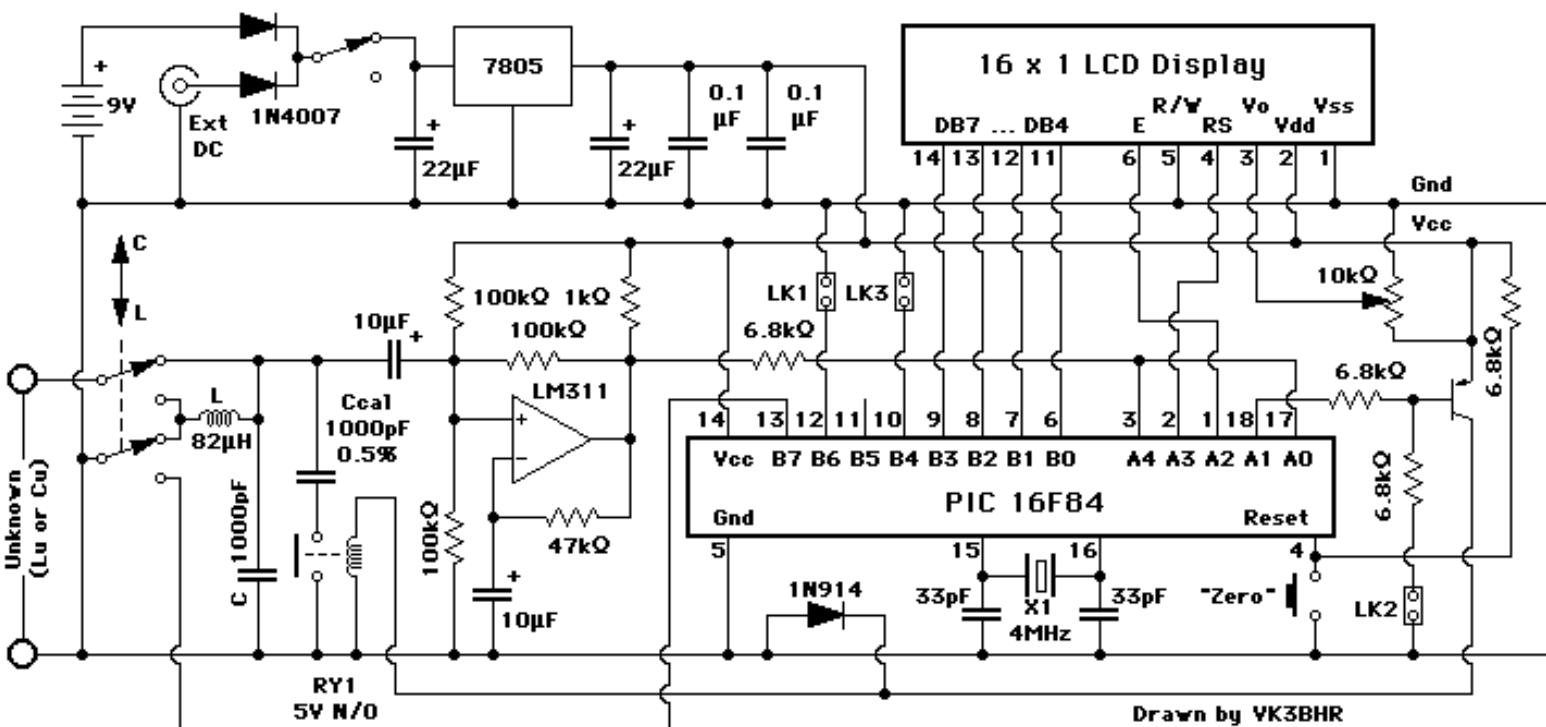
На этом этапе я обнаружил, что могу использовать 24-битный код Microchip с плавающей запятой и, проявив некоторую осторожность, могу разместить все это и добиться числовой ошибки менее 0,1%. В этом случае общая точность была бы ограничена поведением генератора и одним "калибровочным конденсатором".

Аппаратное обеспечение!

Это комбинация двух украденных конструкций.

Дизайн генератора первоначально был взят с веб-страницы AADE LC meter. В нем используется компаратор LM311 с положительной обратной связью для создания параллельного ЖК-генератора с цифровым выходом. Кажется, что он легко колеблется в широком диапазоне значений L и C. Будем надеяться, что он соответствует "хорошо известной формуле для резонансной частоты".

Часть для измерения частоты представляет собой сокращенную версию статьи о частотомере от [AR](#), выпущенной в сентябре 2002 года Оригинальная идея для этого появилась на веб-страницах Эймона Скелтона, EI9GQ.



Вот [ссылка на фотографию](#) и [слишком большой эскиз](#) моего макета. Естественно, ваш макет будет зависеть от доступных компонентов.

Программное обеспечение

Это была сложная (и забавная) часть проекта. К счастью, его легко дублировать, и копии работают так же хорошо, как и оригинал.

При "обнулении" программа выполняет два измерения. Сначала измеряется частота колебаний, используя только внутреннюю катушку индуктивности и конденсатор (F1). Затем параллельно добавляется стандартный конденсатор ($C_{cal}=1000\text{pF} \pm 1\%$) и частота измеряется снова (F2).

Затем программа переходит в повторяющийся цикл, где измеряет частоту генератора с использованием внутренней катушки индуктивности и конденсатора и любого неизвестного внешнего индуктора или конденсатора, подключенного (F3). Каждый раз выполняются некоторые серьезные математические расчеты (формулы 4 и 8) для вычисления неизвестного значения внешнего компонента. Затем это значение масштабируется в технических единицах и форматируется для отображения.

Получив довольно много запросов на исходный код, я решил опубликовать его. Я никогда не разбогатею, продавая его. Если вы разбогатеете, я не хочу знать! (Если вам это нравится, я действительно хочу знать;-)

Нажмите на эту [ссылку](#), чтобы ознакомиться с [исходным кодом](#).

- **FP.TXT** который в прошлом можно было найти на веб-сайте Microchip. Смотрите <http://www.microchip.com> - поиск AN575. Файл, который вам действительно нужен, называется FP24.A16. Удалите подпрограммы FLO1624 и INT2416, которые не используются.

Мелкий шрифт (гарантия на программное обеспечение)

Этот код поставляется без гарантии и без поддержки. Он работал у меня и многих других VKS. Если он работает у вас, это здорово.

Если вы разбогатеете, продавая его, я не хочу знать!

Приступая к работе

Для облегчения первоначального устранения неполадок программа PIC включает тестовый режим, для перехода в который необходимо замкнуть соединение LK1 и нажать "ноль". Теперь PIC будет повторно считать циклы генератора в течение 0,1 секунды и отображать результат. При использовании только катушки индуктивности 82uH и 1000pF в цепи (без внешнего компонента, без калибровочного конденсатора) генератор будет работать с частотой около 550 кГц, а на дисплее будет отображаться около 55000

Если частота слишком высока (более 655,350 кГц), на дисплее будет отображаться "Превышение диапазона". Если генератор не работает, на дисплее будет отображаться "0".

Для достижения наилучшей точности частота свободного хода должна быть на 10-15% ниже 655 кГц. Если она слишком близка, она может случайно превысить внутренний 16-разрядный счетчик PIC. Возможно, вам потребуется отрегулировать индуктивность, чтобы получить правильную частоту..

Второе звено, LK2, подключает калибровочный конденсатор. После этого генератор должен работать на частоте около 394 кГц.

Третье соединение, от контакта 10 на PIC. 16F84 до заземления (LK3), предназначено для отображения с "плохим поведением". Если на вашем дисплее отображается только 8 символов (т.е. нет соответствующих значений pF, nF или uH) затем попробуйте заземлить контакт 10 на рисунке.

Эксплуатация

На практике он немного похож на омметр. Для индуктора просто закоротите провода и нажмите кнопку zero, затем подключите неизвестный индуктор. Для конденсатора обнулите его при разомкнутых выводах, затем подключите неизвестный конденсатор.

Счетчик может быть обнулен при подключении неизвестного компонента. Для последующих компонентов он показывает разницу (+ или -) от исходного значения компонента. Отлично подходит для подбора деталей!

Насколько точный?

Точность зависит от того, что пользователь делает "правильные вещи" и от того, что неизвестный компонент имеет довольно высокий Q. Внутренняя программа PIC зависит от настройки переключателя L / C, подходящей для данного компонента. Поскольку все, что делает PIC, - это измеряет частоту генератора, любой посторонний компонент, который позволяет генератору работать, будет зарегистрирован как катушка индуктивности или конденсатор, в зависимости от переключателя L / C. Например, резистор 22 Ом указывается как катушка индуктивности 3 14 мкГц или конденсатор емкостью 119 нФ (0 119 мкФ). Это даже отдаленно неверно!

переключатель L / C настроен правильно, прототип обычно показывает погрешности менее 1%.

Я проверил точность ЖК-измерителя на старом мосту Маркони для конденсаторов от 33 пф до 0,22 мкФ. Для катушек индуктивности я проверил значения только от 475 μ H до 60 μ H. Ниже этого значения мост Маркони был немного "капризным". Диапазон "C" также был сверен с декадным емкостным блоком "лабораторного стандарта", принадлежащим физическому факультету местного кампуса Университета Ла-Троб.

Хотя ЖК-измеритель самокалибруется, погрешности немного зависят от компонентов, используемых в LC-резервуаре генератора (L и C на принципиальной схеме) и от "стандартного" конденсатора (Ccal), который должен составлять 1000 пф с точностью до 1% или выше.

Самые серьезные ошибки возникали при использовании ферритового дросселя в виде катушки от источника питания с переключаемым режимом для "L". Здесь погрешность составила менее 1% для конденсаторов ниже 3300 пФ и 2% для катушек индуктивности менее 475 μ H. Погрешность выросла до 3% для конденсаторов 0,22 мкФ.

Удивительно, но для достижения наилучшей точности использовался "формованный" дроссель, снятый со старого телевизора. Здесь погрешность составила менее 1% для конденсаторов емкостью менее 0,22 мкФ и менее 1% для катушек индуктивности емкостью менее 475 μ H.

Во всех случаях я использовал полистирольный конденсатор емкостью 1000 пф для резервуара генератора "C". Подходящей заменой был бы "зеленый колпачок", но керамический конденсатор может оказаться неподходящим выбором. Некоторые из них могут иметь высокие потери.

У меня нет причин подозревать какие-либо странные нелинейности в показаниях для компонентов с низким значением. Значения малых компонентов, теоретически, прямо пропорциональны разности частот (когда часть добавляется к генератору). Программное обеспечение по своей сути соответствует этой пропорциональности. Единственный способ, которым я могу это проверить, - построить несколько небольших цепей с настройкой L / C и измерить их резонансную частоту - а у меня пока нет времени для этого.

Заключение

С помощью небольшого количества легко копируемого БЕСПЛАТНОГО программного обеспечения вы можете создать свой собственный (возможно) точный измеритель индуктивности и емкости. При самом плохом наборе компонентов из ненужной коробки точность должна быть выше 3%. Если вам повезет, точность, как правило, должна быть выше 1%.


Теперь можно спроектировать настроенную схему, сконструировать ее и каждый раз заставлять ее резонировать на нужной частоте с первого раза.

Все еще есть пара вопросов по проекту?

Вот ОАQ - ответы на иногда задаваемые вопросы!

Пожалуйста, проверьте это, прежде чем отправлять мне электронное письмо. Возможно, это просто ответ на ваш вопрос. Я буду размещать здесь дополнительные ответы по мере их появления (в ответ на вопросы, отправленные по электронной почте;-).

Ссылки

1.  оригинальная идея и генератор пришли от <http://www.aade.com/lcmeter.htm>

2. Код для измерения частоты получен из <http://ironbark.bondigo.latrobe.edu.au/~ricc>

4. На веб-сайте Microchip представлен код с плавающей запятой, необходимый для работы измерителя.

Смотрите <http://www.microchip.com> - поиск AN575

ps: Лори исправляет электрический подогрев пола.

