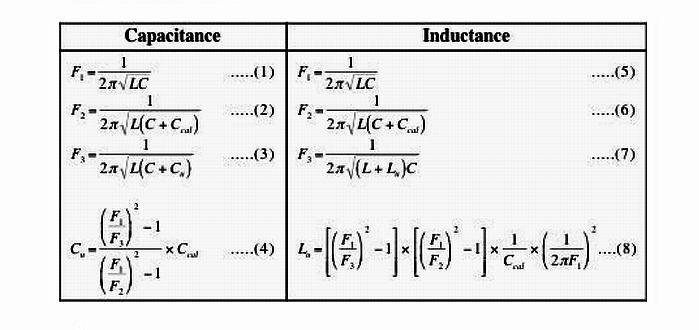
Высокоточный цифровой LC метр на PIC16F628

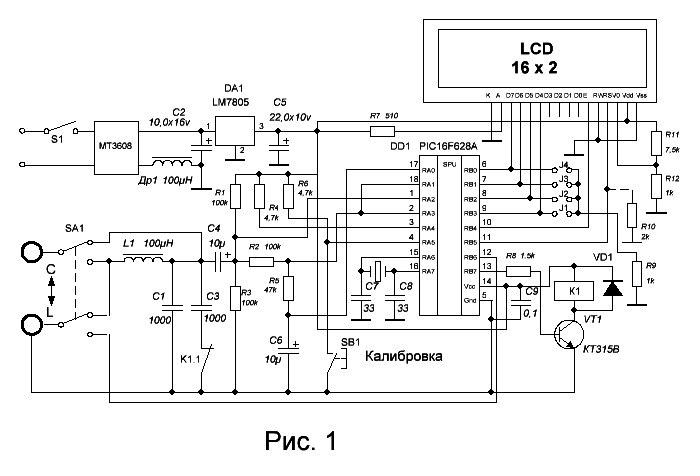
«Высокоточный цифровой LC метр Джима Роу» - так называлась статья, размещенная в журнале Радиохобби за 2010г. номер 2 стр. 29. Вот об этом приборе и пойдет речь в данной статье.

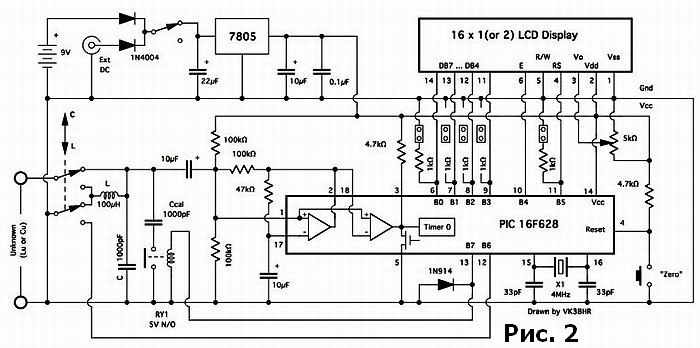
Я давно уже собирался приобрести себе измеритель индуктивности, но видать не судьба. И вот опять возникла острая необходимость в данном приборе. Перерыл много профильных ресурсов и попал опять на описание данного прибора, но с подробным описанием его работы, настройкой и алгоритмом работы, заложенной в контроллер программы, от самого автора. Самое сложное в программе конечно вычисления. Для наглядности вот формулы, которые использует автор в своей программе. Что сразу намекает на хорошую точность измерителя.



Т.о. видно, что определение величин емкости и индуктивности происходит не косвенным путем, а методом их вычисления относительно частоты генератора, в контуре которого непосредственно работают эти элементы. Метод то давно известен, но важен тот факт, что все вычисления происходят с числами с плавающей запятой. Отсюда и высокая точность измерения. Самую важную информацию, что я нашел в Сети, я выложу в архиве в конце статьи. Я даже нашел исходник к прибору. Самое трудное было попасть на сайт Microchip, где находился файл с процедурами вычисления чисел с плавающей запятой, буржуи же нас не любят. Помог TorBrowse, кое-как скачал нужный файл. Автор вообще-то выложил и хекс (будет в архиве с исходником), но мне интереснее работать непосредственно с самой программой, нашел для себя много интересного. Кстати, один из возможных вариантов вывода информации из EEPROM памяти микроконтроллера в LCD я привел в статье «[Вывод текста из EEPROM на ЖКИ](https://www.kondratev-v.ru/programmirovanie/vyvod-teksta-iz-eeprom-na-zhki.html)».

Схема прибора проста и показана на рисунке 1. Схема немного отличается от оригинала способом подключения перемычек J1…J4. Перемычку для переключения на разные индикаторы 1601 или 1602 я вообще убрал и оставил лишь подтягивающий резистор R10. Если он отсутствует, то программа будет работать с ЖКИ 1601, а если его поставить – то с 1602.



На рисунке 2 представлена схема оригинала.

Претерпела небольшие изменения и схема питания. В схему введен модуль на микросхеме МТ3608. Это повышающий преобразователь напряжения, приобретенный на Али. В моем случае прибор питается от одного литиевого аккумулятора 18650 напряжением 3,7 вольт. Самое главное – ушел от кроны.

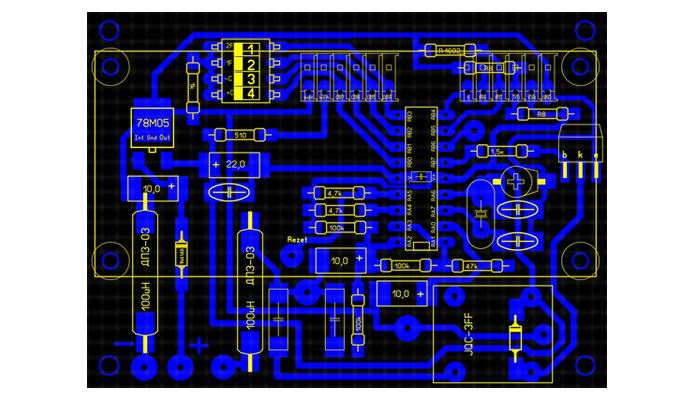
Конденсаторы С4 и С6 по заявлению автора должны быть танталовые и новые, т.к. у старых, по его словам большой ток утечки. Конечно, ждать пока конденсаторы пришлют китайцы и не факт, что качественные, естественно не стал. Поставил то, что нашел.

С программой возился только ради интереса, много интересных решений. Для этого, создал в среде разработки MPLAB проект, загрузил исходник и подключаемый файл, с трудом добытым у Microchip - FP.TXT. Из подключаемого файла удалил согласно рекомендациям автора ненужные подпрограммы. Все прокомпилировалось с первого раза. Программа занимает чуть больше половины памяти программ PIC16F628A, 1117 слов. Даже удивительно, ну, для меня. Короче, собрал, запрограммировал своим файлом прошивки, вставил, включил – работает! Внешний вид прибора показан на фото 1. Делал корпус из полистирола. Клеил самодельным клеем - полистирол растворенный в ксилоле до сметанообразной консистенции. Вообще для меня корпус имеет второстепенное значение, поэтому вы свой сделаете лучше.



При вклеивании аккумуляторного отсека пришлось развернуть тумблер включения. Отсек питания тоже покупал на Али.

Все детали кроме DC-DC и аккумулятора, тумблеров и клемм с кнопкой размещены на печатной плате. В процессе изготовления прибора версий топологии печатной платы было шесть. В архиве последняя версия. На всякий случай еще раз проверьте правильность разводки проводников.



Регулировка прибора не вызвала ни каких вопросов. Автор советует: 1) Включаем прибор и даем ему прогреться минут 10. При условии, что он уже в корпусе. Без корпуса можно только проверить работоспособность устройства, но калибровка должна осуществляться в полностью собранном приборе. Лучше, если внутри корпус будет оклеен экранирующей фольгой. Даже не лучше, а обязательно, если вы планируете работать с малыми величинами емкостей и индуктивностей. Без экрана, который я еще не поставил, имеет место влияние на показания емкости вашего тела. 2) замыкаем перемычку 2(смотрим на рисунок ПП). На индикаторе должна отображаться частота F1 в таком виде 00050000 – примерно 50 килогерц +/- 10% . В моем случае она равна 00052834Гц. Если частота ниже чем 40000Гц, то выберите дроссель L1 с меньшей индуктивностью. 3) Замыкаем перемычку 1, на индикаторе отобразится частота два – F2, равная примерно 70% ± 5% от первой частоты. У моего прибора – 00037458Гц. Это получается примерно 70,9%. 4) Переводим переключатель SA1 в режим измерения емкости. Нажимаем кнопку калибровки. На индикаторе С = 0,0 pF. Подключает контрольный конденсатор, и смотрим показания прибора. Если показания завышены, то замыкаем перемычку 3 и выравниваем показания с номиналом контрольного конденсатора. Если показания прибора занижены, то замыкаем перемычку 4 и увеличиваем показания. Возможно повторение настройки в процессе эксплуатации, если детали все новые.

После того, как все это быстро заработало и настроилось, что-то стало даже скучно. Товарищ автор упоминал, что лучше применить дроссель с индуктивность поменьше и сделать частоту F1 около 60000Гц. Надо попробовать. Намотал на маленькой гантельке индуктивность, получилось, где то 85 мкГн. Измерял этим же прибором. Бац! А с этим дросселем прибор не работает. Ставлю буржуйский, маленький зелененький с цветной маркировкой – прекрасно работает на всех режимах. Запаиваю на 100мкГн наш, но не ДП3-03, который стоял изначально, а поменьше ДМ04 – работает прибор, откалибровал, подстроил показания, проверил кучу конденсаторов. Все хорошо. Стал измерять индуктивность, не соответствие номиналу на десятки процентов. Хотя показания свободно подстраиваются перемычками для подстройки конденсаторов, но тогда убегают показания при замере емкости. Чем не понравились дросселя разбираться не стал, возможно, большим активным сопротивлением. Решил выбрать импортный дроссель 100uH, но с максимально возможным допуском в меньшую сторону. Попался дроссель с величиной индуктивности 93uH. Его и поставил. На этом эксперименты закончил, пока не спалил последний 628. Почему так странно ведет себя измерительный генератор с индуктивностями в разных исполнениях, пока осталось загадкой. Может, стоило еще поиграть смещением на входе компаратора, или OOC, не знаю. Возможно, у вас с другим контроллером такого эффекта и не будет. Сами понимаете, made in China. Ну, по крайней мере, об этом вы уже знаете. Больше проблем не встретилось – вроде и рассказывать не о чем. Да, машинный код, представленный автором, я не стал проверять, я заливал в контроллер скомпилированный код из своего проекта MPLAB – находится в архиве в папке «LC\_swcal\_004». Советую этот прибор к повторению, очень достойный. Всем удачи и успехов. К.В.Ю.

Скачать файлы проекта можно здесь.