

Вся математика здесь.

Работа каналов С и R схемы основана на известном выражении периода генерации релаксатора $T=k*RC$.

Для микросхем, изготавливаемых по различным технологиям коэффициент k имеет различную величину, но это несущественно, т.к. в итоговом выражении он сокращается. Естественно, в предположении, что пороги срабатывания триггера Шмитта во всем диапазоне измерения остаются неизменными.

Теперь, обозначив

$T_o=k*R_o*C_o$ – период генерации, полученный при подключенных опорных резисторе и конденсаторе

$T_x=k*C_o*(R_o+R_x)$ – период генерации, полученный при подключенных опорном конденсаторе и резисторах

$T_x=k*R_o*(C_o+C_x)$ – период генерации, полученный при подключенных опорном резисторе и конденсаторах

проводим преобразования для получения измеряемых величин и получаем

$$C_x=C_o*(T_x/T_o-1)$$

$$R_x=R_o*(T_x/T_o-1)$$

При измерении индуктивности используется другое выражение периода генерации LC-контура $T=2*\pi*\sqrt{L*C}$

или, в нашем случае

$$T_o^2=(2*\pi)^2*L_o*C_o$$

$$T_x^2=(2*\pi)^2*[(L_o+L_x)*C_o]$$

проводим преобразования для получения величины L_x и получаем

$$L_x=L_o*(T_x^2/T_o^2-1).$$

Таким образом, задача определения измеряемой величины сводится к измерению периодов генерации T_o и T_x с последующим вычислением.

Измерение T_o и T_x в данной схеме проводится подсчетом периодов (n) частоты кварцевого генератора, тактирующего контроллер при прохождении (N) измеряемых периодов за время измерения.

$$T_o=n_o/N_o$$

$$T_x=n_x/N_x$$

Подставив n_o/N_o и n_x/N_x в полученные выше выражения, получаем окончательные выражения.

$$C_x=C_o*(n_x*N_o/n_o*N_x-1) \quad R_x=R_o*(n_x*N_o/n_o*N_x-1) \quad L_x=L_o*[(n_x*N_o/n_o*N_x)^2-1].$$

Чтобы упростить процедуру измерения значение $1/T_o=N_o/n_o$ запоминается при нажатии кнопки ">0<" в EEPROM с последующим вызовом этой величины при работе схемы.

Для пояснения метода измерения принятого в приборе несколько примеров. Исходные данные для измерения

Тизм.~330000мкс– принятое время измерения

$F_o=8'000'000$ Гц – частота генерации системы резонатор-контроллер

$L_o=964*10^{-6}$ – опорная индуктивность

$C_o=6080*10^{-12}$ – опорная емкость

Пример1

$$L_o=964$$

$$T_o=2*\pi*\sqrt{L_o*C_o}=15,21xx \text{ мкс}$$

$$N_o=21'695$$

$$n_o=21'695*15,21xx*8=2'640'096$$

$$L_x=100$$

$$T_x=2*\pi*\sqrt{(L_x+L_o)*C_o}=15,98xx \text{ мкс}$$

$$N_x=20'650$$

$$n_x=2'640'052$$

$$L_x'=964*(2'640'052*21'695/2'640'096*20'650)^2-964=100,000xxx$$

$$L_x=1.23$$

$$T_x=15,22xx$$

$$N_x=21'681$$

$$n_x=2'640'075$$

$Lx' = 964 * (2'640'075 * 21'695 / 2'640'052 * 21'681)^2 - 964 = 1,26xx$

Пример2

Тизм.~330000мкс- принятое время измерения

$Fo = 8'000'000$ Гц - частота генерации системы резонатор-контроллер

$Ro = 816$ - опорное сопротивление

$Co = 6080 * 10^{-12}$ - опорная емкость

$To = 0.75 * Ro * Co = 3,72096$ мкс

$No = 88'687$

$no = 88'687 * 3,72096 * 8 = 2'640'006$

$Rx = 100$ Ом

$Tx = 0.75 * (Rx + Ro) * Co = 4,17696$ мкс

$Nx = 79'005$

$nx = 2'640'005$

$Rx' = 816 * (2'640'005 * 88'687 / 2'640'006 * 79'005 - 1) = 100,000$ Ом

$Rx = 0.123$ Ом

$Tx = 0.75 * (Rx + Ro) * Co = 3,72152088$ мкс

$Nx = 880'674$

$nx = 2'640'017$

$Rx' = 816 * (2'640'017 * 88'687 / 2'640'006 * 88'674 - 1) = 0,1230$ Ом

Аналогично ведется расчет при измерении емкости

Как видно из приведенных примеров "генераторный" метод может обеспечить достаточную точность измерения при выполнении следующих условий
-максимально точно известное значение, принятых за эталон, элементов используемых при калибровке схемы

-стабильное питание генераторов

-высокое качество опорных элементов и кварцевого резонатора

=====

У меня так толком не получилось компилировать hex AVR Studio, и я произвел калибровку чисто с помощью eeprom, получилось нормально. Для тех кто испытывает подобные трудности расскажу. С помощью эталонного компонента находим коэффициент как предлагает автор. Затем чтобы учесть компенсацию входных цепей eeprom не берем авторский, а считываем с прибора. Открываем его. В файле внизу указаны в каких ячейках данные калибровки C, L и R. Берем соответствующие данные, например C -E6DB, переводим в калкуляторе из шестнадцатеричного в десятичный: получаем 59099 Умножаем его на коэффициент, например 1.05: получаем 62094, в калкуляторе переводим обратно в шестнадцатеричную: получаем F28E и вписываем это значение вместо предыдущей. Заливаем eeprom в МК. Я калибровку производил последовательно для C, L и R чтобы исключить взаимное влияние, думал придется повторять. Но ничего не сбилось, так что возможно одновременно выправить данные по всем 3м измерениям. И под конец подправленную eeprom сохраняем у себя на компе, чтобы использовать если собьется программа или захочется прошить новую версию. Выполнить подобную калибровку возможно если программатор и софт позволяют отдельно заливать eeprom. Прилагаю скриншот окна CVAVR.

