

# Частотомер – цифровая шкала с LCD индикатором 16x1



- Пределы измерения ..... 1 Гц – 90 МГц
- С внешним делителем ..... до 20 ГГц
- Внешний делитель ..... 1/2 – 1/256
- Чувствительность ..... 75 – 150 мВ
- Время измерения ..... 0,1 – 1 – 10 сек
- Допустимые значения ПЧ ... 0 – 1 ГГц
- Частота опорного кварца .... 2 – 20 МГц
- Напряжение питания ..... 7,5 – 15 В
- Потребляемый ток ..... не более 100 мА
- Габариты ..... 120 x 40 x 40 мм

Этот частотомер может быть использован как универсальный измерительный прибор или в качестве цифровой шкалы связной и радиоприемной аппаратуры всех типов. Быстродействие современных PIC контроллеров позволяет непосредственно измерять частоты до 90 МГц, даже чуть более. С внешним СВЧ делителем верхняя граничная частота может достигать 20 ГГц.

С прибором можно использовать до трех внешних делителей с различными коэффициентами деления в пределах 2...256. Номер подключенного в данный момент делителя определяется автоматически.

При использовании частотомера в качестве циф-

ровой шкалы в его энергонезависимую память можно записать до 3 значений промежуточных частот в диапазоне от 0 до 1 ГГц. Их значения вводятся с точностью до 10 Гц и в любой момент могут быть изменены пользователем с помощью 3-х кнопок, расположенных на передней панели прибора.

При этом показания индикатора будут определяться формулой:

$[F_{вх} * K_{д} +/- F_{пч}]$ , где

$F_{вх}$  - входная частота;

$K_{д}$  - коэффициент деления внешнего делителя;

$F_{пч}$  - промежуточная частота.

Вычитание осуществляется по абсолютной величине, т.е. из большего значения вычитается мень-

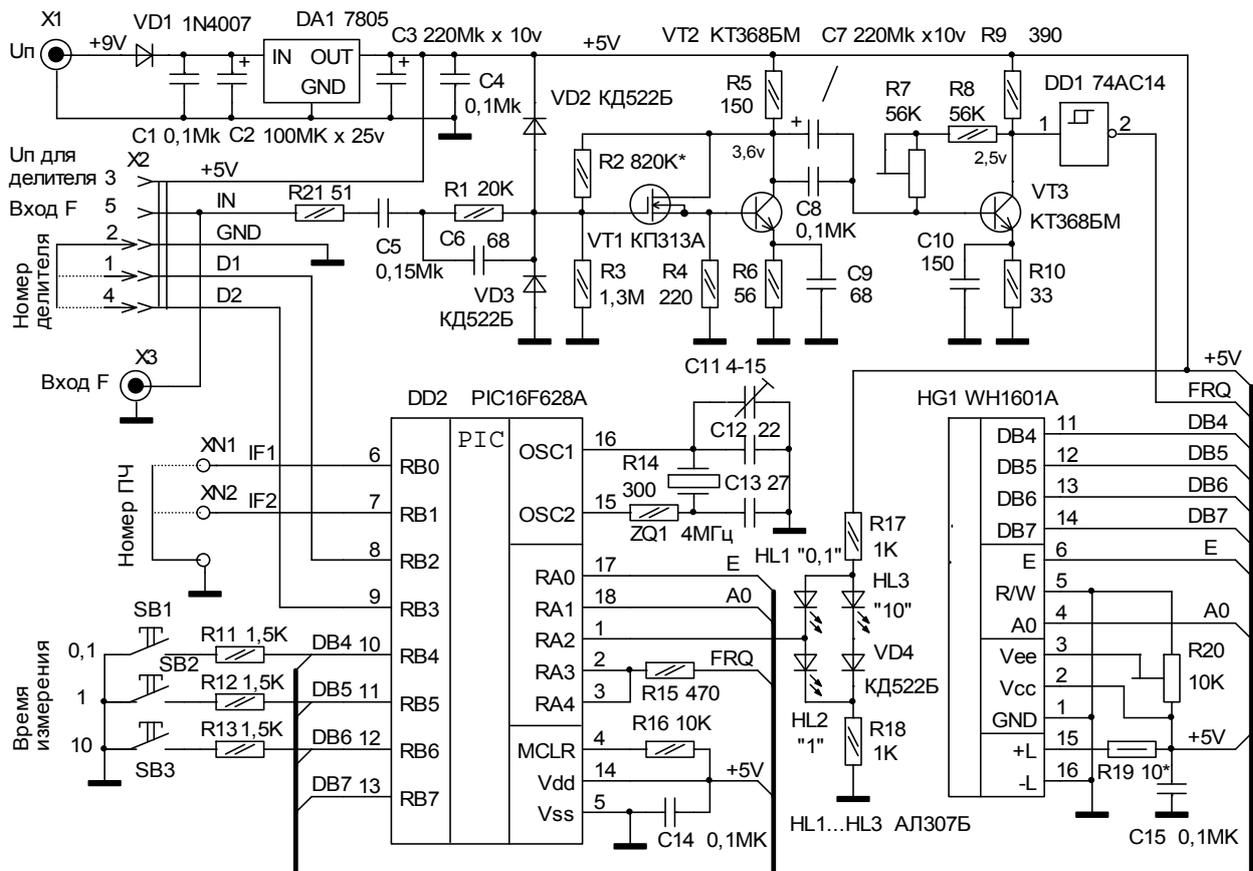


Рис.1 Принципиальная схема частотомера

шее. При использовании прибора в качестве цифровой шкалы время измерения может быть 0,1 сек или 1 сек. Предел 10 сек предназначен для проведения точных измерений относительно низких частот. Для цифровой шкалы такая точность не нужна, поэтому показания на пределе 10 сек всегда определяются формулой:  $[F_{вх} * K_d]$ .

В частотомере предусмотрена возможность программной калибровки, что позволяет использовать любые кварцевые резонаторы в диапазоне 2...20 МГц. Значения всех промежуточных частот, коэффициенты деления используемых внешних делителей, а также калибровочные константы могут изменяться пользователем без применения каких-либо дополнительных устройств. Принцип действия частотомера – классический: измерение количества импульсов входного сигнала за определенный интервал времени.

Принципиальная схема прибора показана на рис.1. При использовании указанных на схеме деталей входной формирователь имеет полосу пропускания 1 Гц...100 МГц, входное сопротивление 500 ком и чувствительность около 100 МВ. Диоды VD2, VD3 защищают полевой транзистор от выхода из строя при попадании на вход высокого напряжения. Высокие параметры входного формирователя при сравнительно простой схеме и питании только от одного источника 5 В удалось получить благодаря применению КМОП триггера Шмитта DD2 типа 74АС14.

Управление прибором осуществляется с помощью 3-х кнопок SB1 ... SB3, размещенных на передней панели. Они служат для переключения времени измерения. При нажатии на SB1 включается предел 0,1 сек, а при нажатии на SB2 или SB3 – 1 сек или 10 сек соответственно. Новое значение на индикаторе появится через 0,1; 1 или 10 сек после отпускания SB1, SB2 или SB3. Если нажать и

удерживать одну из этих кнопок, текущее значение частоты зафиксируется на индикаторе.

В приборе использован один из самых распространенных в настоящее время индикаторов типа WH1601A фирмы «Winstar». Он имеет одну строку 16 символов, но можно применить и WH1602A, в котором две строки по 16 символов, информация будет выводиться в верхнюю строку.

Выходы RB0 и RB1 контроллера соединены с контактными площадками на плате. Они служат для выбора одного из 3 заранее запрограммированных значений ПЧ. Соответствующий номер ПЧ набирается в коде 1-2 соединением этих площадок с общим проводом. Если ни один из выводов RB0, RB1 не соединен с землей, ПЧ = 0 (режим частотомера). При необходимости на плату можно установить джамперы или DIP переключатели для выбора ПЧ.

Выходы RB2 и RB3 подсоединены к контактам 1 и 4 разъема X2, к которому подключается СВЧ делитель. На ответной части разъема между этими контактами и общим проводом могут быть установлены перемычки. Таким образом автоматически определяется подключение делителя и его номер.

Разомкнутое состояние контактов 1 и 4 разъема X2 соответствует работе прибора без внешнего СВЧ делителя. Замыкая эти контакты с общим проводом (контакт 2) можно выбрать один из 3-х делителей. Это может оказаться полезным при проведении измерений в широком диапазоне частот. Например, первый делитель работает в диапазоне 500 МГц...2 ГГц, а второй – 30 МГц...500 МГц и они имеют разный коэффициент деления. При смене делителя прибор автоматически будет учитывать смену его коэффициента деления при расчете показаний.

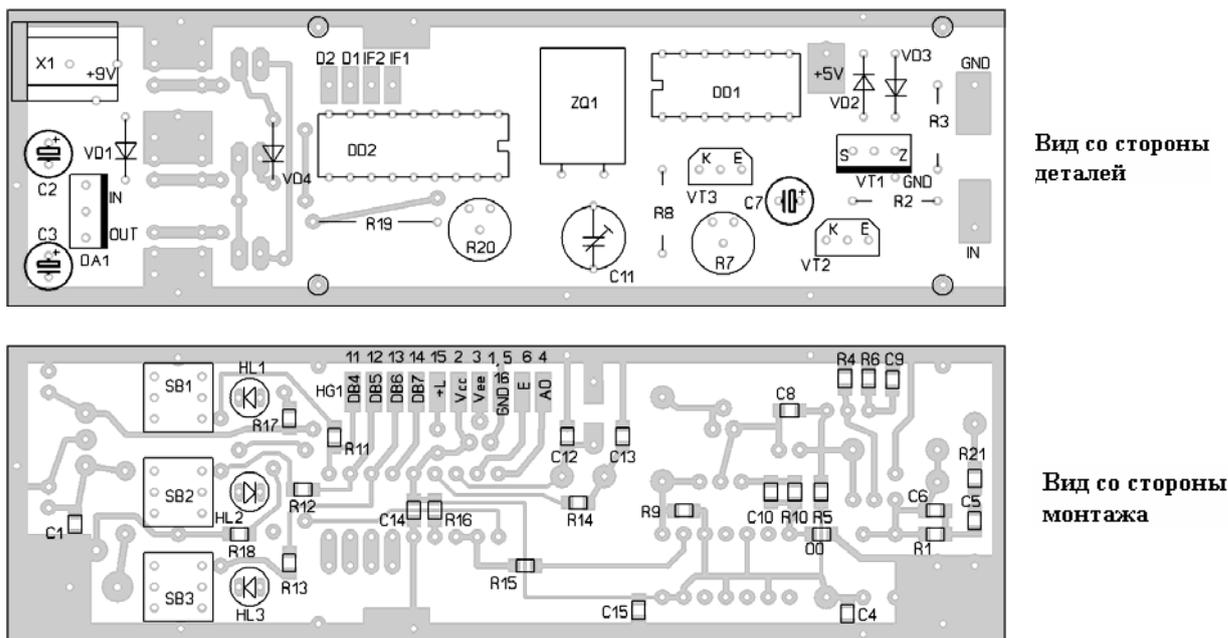


Рис. 2 Печатная плата частотомера 120 x 36 мм

При использовании делителя меняется цена младшего разряда индикатора следующим образом:

Время измерения	Без делителя	Кд = 1...20	Кд = 21...256
0,1 сек	10 Гц	100 Гц	1 КГц
1 сек	1 Гц	10 Гц	100 Гц
10 сек	0,1 Гц	1 Гц	10 Гц

Транзистор VT1 - полевой с изолированным затвором, каналом n-типа и напряжением затвористок 0...2 В при токе стока 5 МА - КП305А,Б,В; КП313А,Б; VT2, VT3 - КТ316, КТ368 и др. с граничной частотой не менее 600 МГц. DD1 – типа 74АС14. Неиспользуемые входы всех элементов DD1 подключены к +5 В. Применение ТТЛ аналогов в данной схеме недопустимо, т.к. это резко снижает верхнюю границу рабочих частот до 10...15 МГц. Светодиоды HL1...HL3 красного цвета свечения. Для DA1 необходим небольшой радиатор.

Разъемы X2 и X3 крепятся на корпусе прибора. X2 – типа СШ5, такие разъемы широко применялись в бытовой радиоаппаратуре конца прошлого века. Сейчас они редко используются. А зря, хорошие были разъемы... X3 – стандартный, типа BNC.

Печатная плата частотомера показана на рис. 2. Большая часть пассивных компонентов в корпусах для поверхностного монтажа типоразмеров 0805 или 1206. Индикатор HG1, кнопки SB1...SB3 и светодиоды индикации предела HL1...HL3 размещаются со стороны монтажа. Несмотря на малый уровень помех, излучаемых прибором, его все же желательно экранировать, особенно если он будет использоваться в качестве цифровой шкалы совместно с приемником.

В качестве блока питания можно использовать любой нестабилизированный источник напряжением 7,5...14 В и током до 200 МА. Импульсный или бестрансформаторный блок питания применять не рекомендуется.

В контроллер должен быть запрограммирован файл **chlcd16x1.hex**, если используется индикатор 16 символов, 1 строка или **chlcd16x2.hex** для индикатора 16 символов, 2 строки. Слово конфигурации включено в прошивку.

Настройка частотомера заключается в установке оптимальной контрастности символов на индикаторе вращением движка R20 и необходимой яркости подсветки подбором номинала R19. Ток через светодиоды подсветки не должен превышать 100 МА, в современных индикаторах достаточно 30...50 МА.

Во входном формирователе нужно установить ток транзисторов VT1, VT2 около 5 МА. Этого добиваются подбором номинала R2 или R3. Напряжение на коллекторе VT2 должно быть примерно +3,6 В. Затем резистором R7 добиваются максимальной чувствительности прибора на высоких частотах. Напряжение на коллекторе VT3 должно быть при этом около 2,5 В.

После изготовления и проверки работоспособности частотомера необходимо выставить все необходимые значения его параметров. Они устанавливаются в сервисном режиме кнопками SB1...SB3. Для входа в этот режим следует нажать эти 3 кнопки одновременно. При этом на индикаторе появится значение времени измерения, которое будет выбираться по умолчанию при включении прибора. Нажимая на кнопку SB1 или SB2, можно выбрать одно из 3-х значений - 0,1 sec; 1 sec или 10 sec.

После этого следует нажать SB3. При этом выбранное значение заносится в энергонезависимую память, а на индикаторе появляется номер и значение коэффициента деления СВЧ делителя, если он подключен к прибору. Изменить коэффициент деления можно, нажимая SB1 или SB2. Затем нужно подтвердить выбор, нажав SB3. Для программирования Кд делителя с другим номером следует выйти и вновь войти в сервисный режим, предварительно подключив другой делитель.

Если один или оба вывода контроллера RB0, RB1 соединены с «землей», на индикаторе появляется знак и номер включенной ПЧ. Выбор знака производится SB1 или SB2, нажатие SB3 подтверждает выбор и на индикатор выводится значение ПЧ, которое можно изменять, нажимая опять же SB1 или SB2. Скорость изменения будет увеличиваться в зависимости от времени нажатия на кнопку, т.е. чем дольше держать нажатой кнопку, тем быстрее будут изменяться показания. Подтверждение выбора аналогично предыдущим режимам - нажатие SB3. После этого на индикаторе появляется «---- SETUP ----».

Если не нажимать ни одну из кнопок, примерно через 3 сек прибор перейдет в режим измерения с вновь выбранными параметрами. Для входа в режим калибровки следует в течение этих 3-х секунд нажать кнопку SB3.

Для калибровки прибора достаточно просто ввести истинную частоту генерации кварца, нажимая на кнопки SB1 или SB2, аналогично вводу значений промежуточных частот, описанному выше. Выставив нужное значение, следует нажать SB3. При этом прибор перейдет в режим измерения.

Частотомер способен работать практически с любым кварцевым резонатором, однако оптимальным является значение около 4 МГц. На меньшей частоте снижается быстродействие ПС контроллера, а повышение тактовой частоты увеличивает потребляемый ток, не давая особых преимуществ. Определить истинную частоту генерации кварца можно, подключив через конденсатор минимальной емкости образцовый частотомер к выводу 15 контроллера. При этом с помощью конденсатора С11 частоту генерации нужно выставить кратно 40 Гц, например, 4.000.000, 4.000.040, 4.000.080 и т.д.

В любительских условиях наибольшей точности можно добиться, если в качестве образцового частотомера использовать SDR приемник. Достаточно просто поднести антенну приемника к кварцу. При этом влияние на частоту кварца минимально, и точность измерения может достигать +/- 1 Гц, если

приемник предварительно откалибровать по сигналам радиостанций, передающих на эталонных частотах.

Долговременная точность и стабильность показаний будут определяться стабильностью частоты кварцевого генератора. Конечно, нельзя требовать от внутреннего генератора PIC контроллера «суперпараметров». Но ведь для любительских целей они чаще всего и не нужны. Однако, если необходима высокая точность измерений и долговременная стабильность, в качестве опорного лучше использовать внешний термостатированный генератор.

В режиме измерения частоты для удобства восприятия герцы, килогерцы, мегагерцы и гигагерцы на индикаторе разделяются точками, а десятые доли герц или килогерц отделяются запятой. В двух крайних правых знаках выводится буквенное обозначение старшей цифры измеряемой частоты – GHz, MHz, KHz или Hz для ГГц, МГц, КГц и Гц соответственно.

Например, при времени измерения 1 сек и частоте 10 МГц показания будут:

**10.000.000 МН**

При 0,1 сек и 100 КГц на индикаторе будет:

**100,00 КН**

Соединительный кабель должен иметь минимальную длину, желательно не более 0,5 м. При большей длине вследствие широкой полосы пропускания, высокого входного сопротивления и относительно большой чувствительности входного формирователя, возможна паразитная генерация.

Она проявляется в хаотичном изменении показаний при отсутствии входного сигнала.

Я обычно вообще не использую кабель, а подключаю прибор к нужной точке схемы с помощью жесткого острозаточенного отрезка проволоки длиной 5...10 см, припаянной непосредственно к ответной части входного разъема BNC. Туда же подпаян и общий провод, который заканчивается разъемом типа «крокодил». Он соединяется с «землей» налаживаемого устройства.

Следует отметить, что в процессе эксплуатации и хранения прибора недопустимы механические воздействия на LCD индикатор. Т.е. не рекомендуется хранить этот частотомер в своем «ящике с хламом».

**Прошивки и исходный текст программы для PIC16F628A, чертеж печатной платы в Sprint Layout и другие дополнительные материалы к этой конструкции можно загрузить с сайта автора по адресам:**

<http://ra4nal.qrz.ru>

<http://ra4nal.lanstek.ru>

**Разработка 2012 г.**

**Коммерческое использование с согласия автора. Перепечатка со ссылкой на первоисточник.**