

## Частотомер – цифровая шкала на PIC16F84 с ЖКИ



- Пределы измерения ..... 10 Гц – 40 МГц
- Чувствительность ..... 75 – 150 мВ
- Время измерения ..... 0,1 – 1 – 10 сек
- Допустимые значения ПЧ ... 0 – 800 МГц
- Внешний делитель ..... 1/2 – 1/256
- Частота опорного кварца .... 1 – 20 МГц
- Потребляемый ток ..... 25 – 30 ма

Предлагаемая конструкция предназначена для использования в качестве частотомера или цифровой шкалы связной и радиоприемной аппаратуры всех типов. Несмотря на очень простую схему, прибор имеет довольно высокие параметры. Быстродействие PIC контроллера не позволяет непосредственно измерять частоты более 40 МГц, но их можно измерять, используя внешний СВЧ делитель.

Разработано два варианта программы частотомера, первый позволяет использовать один внешний СВЧ делитель с любым коэффициентом деления в диапазоне 2...255. Второй вариант допускает

применение трех внешних делителей с различными коэффициентами деления, а диапазон допустимых значений Кд расширен до 256. Номер подключенного в данный момент делителя определяется автоматически.

При использовании прибора с первым вариантом программы в качестве цифровой шкалы, в его энергонезависимую память можно записать до 15 промежуточных частот в диапазоне от 0 до 800 МГц. Во втором варианте программы количество ПЧ не может превышать 7. Их значения вводятся с точностью до 100 Гц и в любой момент могут быть изменены пользователем с помощью 3-х кнопок, распо-

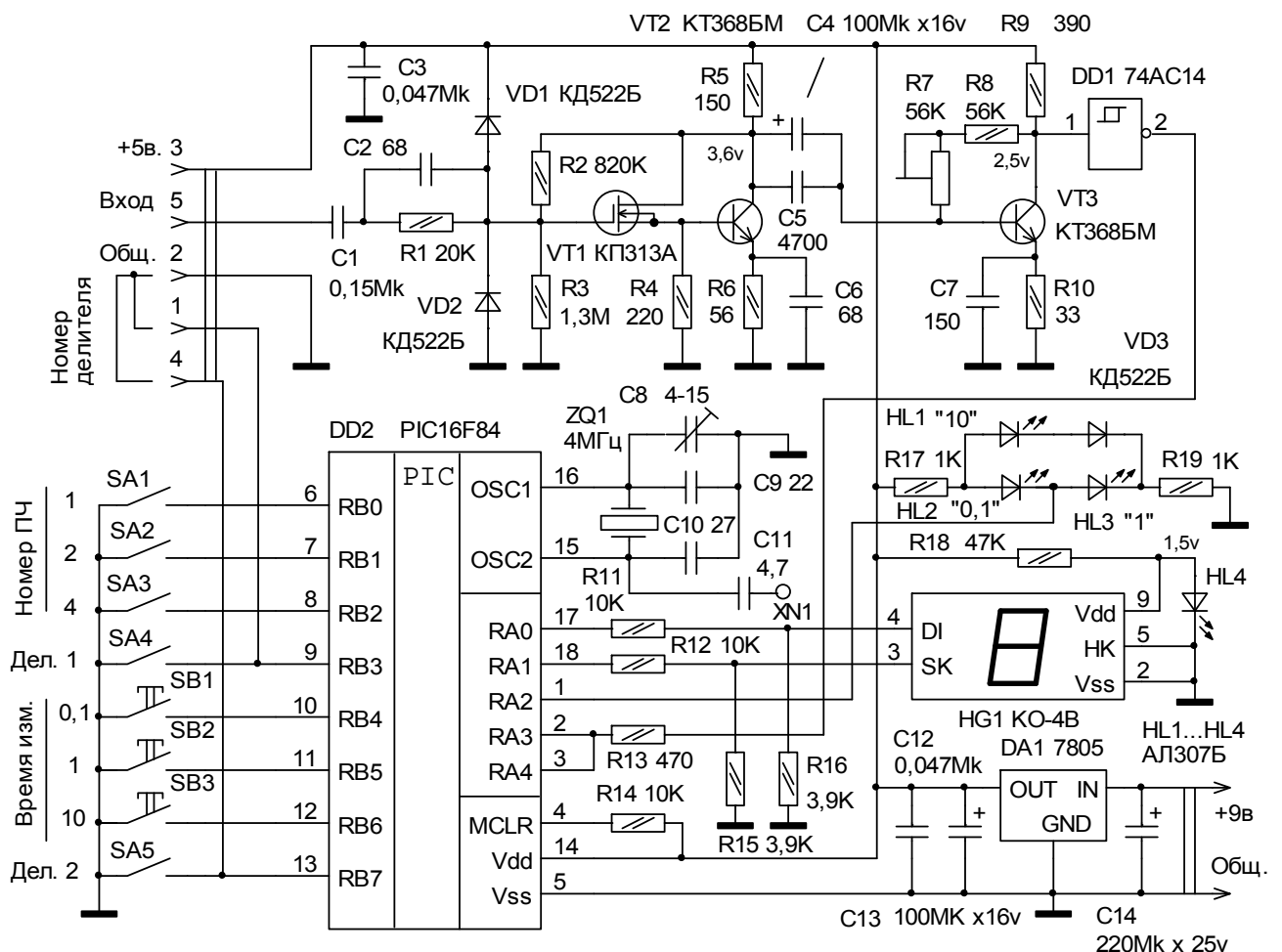


Рис. 1 Принципиальная схема частотомера (для первого варианта прошивки SA4 - разряд 8 номера ПЧ)

ложенных 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 меньшее. 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 10сек определяются формулой:  $[F_{вх} * K_{д}]$ .

В частотомере предусмотрена возможность программной калибровки, что позволяет использовать любые кварцевые резонаторы в диапазоне 1...20 МГц. Верхний предел определяется возможностями используемого PIC контроллера. Значения всех промежуточных частот, коэффициент деления используемого внешнего делителя, а также калибровочные константы могут изменяться пользователем без применения каких-либо дополнительных устройств. Они хранятся в энергонезависимой памяти PIC контроллера. 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 10 Гц...100 МГц, входное сопротивление 500 ком и чувствительность около 100 мв, но быстрое действие встроенного в PIC контроллер делителя ограничивает верхнюю границу измеряемых частот значением 40...50 МГц. Нижняя граница для синусоидального сигнала определяется емкостью C1 и C5. Диоды VD1, VD2 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 74AC14.

Управление прибором осуществляется с помощью 3-х кнопок, выведенных на переднюю панель и 5-и переключателей. Кнопки SB1 ... SB3 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.

Индикатор использован один из самых дешевых и распространенных – от телефонов с АОН. К сожалению, он не имеет собственного названия и разные производители называют его по своему, например, встречается обозначение КО-4В. Нез-

менным остается только его встроенный контроллер HT1613. Эта марка иногда наносится на плату индикатора. Нумерация выводов также может различаться у разных производителей, но их наименования обычно не меняются. Разве что вывод SK может быть обозначен как СК или CLK.

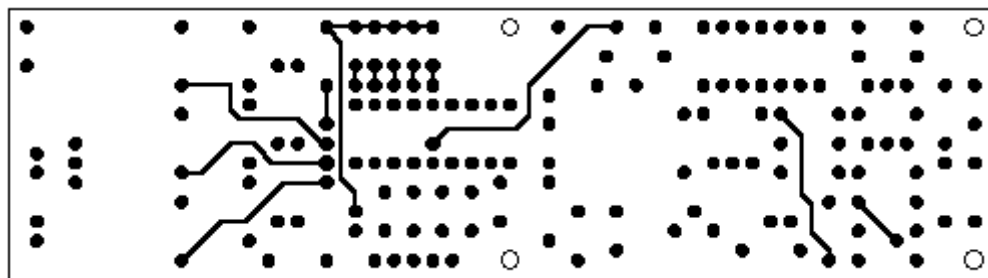
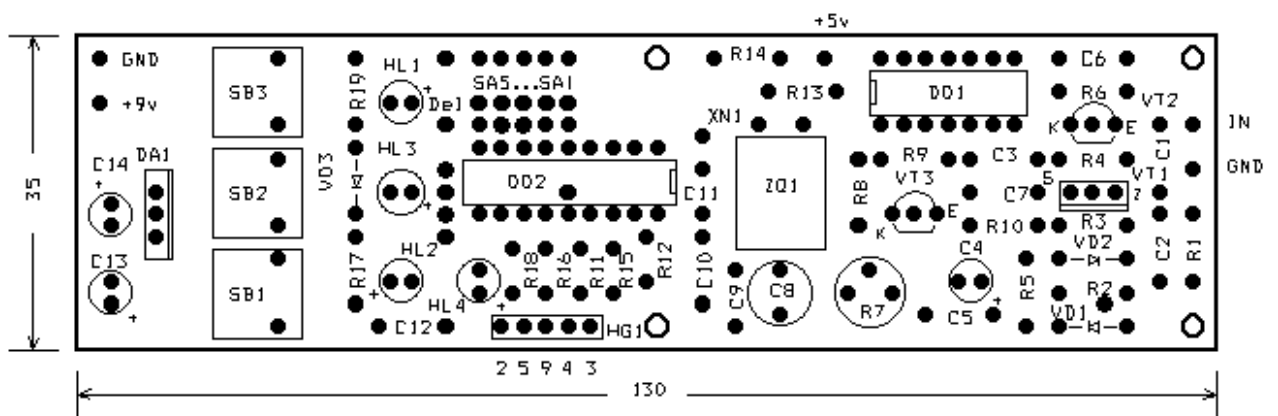
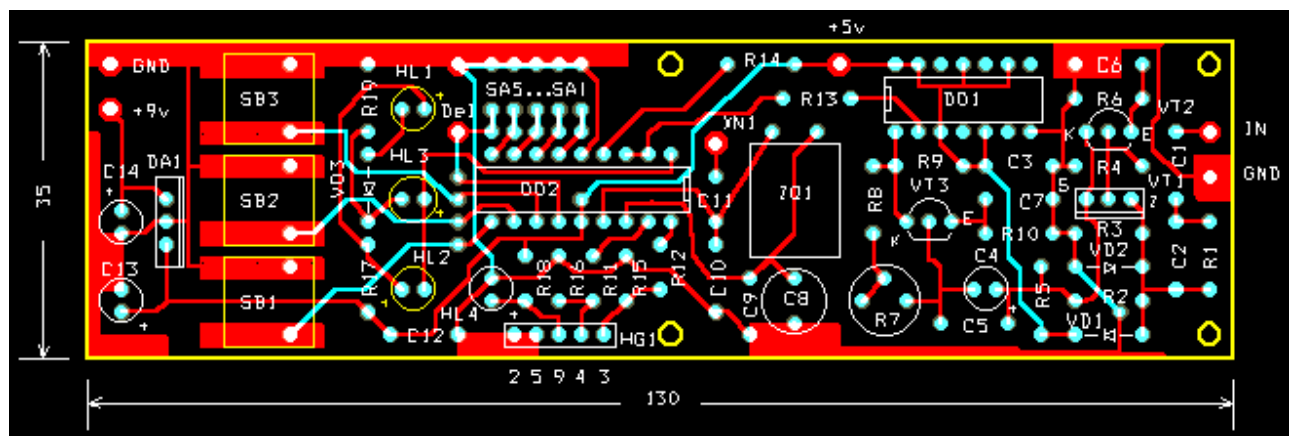
Наряду со своими достоинствами – 10 разрядов, экономичность, простота управления, индикатор имеет и существенные недостатки – может отображать всего 16 символов и не имеет десятичных точек. Поэтому для облегчения восприятия выводимой информации сотни герц на индикаторе отделяются от единиц килогерц пустым знаком. Кроме того, в прибор введены 3 светодиода HL1...HL3, которые индицируют включенный предел измерения. HL4 используется в качестве стабилитрона на 1,5 В. Лучше его зашунтировать блокировочным конденсатором 0,047...0,1 мкф, т.к. некоторые индикаторы без него не работают. Эта особенность выявилась при повторении прибора радиолюбителями с использованием индикаторов различных фирм, поэтому на оригинальной схеме и печатной плате этот блокировочный конденсатор не показан.

SA4 и SA5 используются для выбора номера внешнего делителя. Их разомкнутое состояние соответствует работе прибора без внешнего СВЧ делителя. Замыкая SA4, SA5 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. В первом варианте программы предусмотрено использование только одного делителя, который выбирается замыканием SA5, а SA4 используется для выбора номера ПЧ. При использовании делителя меняется цена младшего разряда следующим образом:

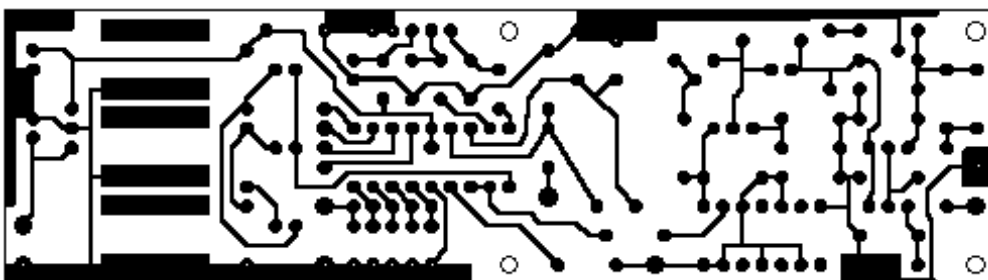
Время измерения	$K_{д}=1...2$	$K_{д}=3...20$	$K_{д}=21...256$
0,1 сек	100 Гц	100 Гц	1 КГц
1 сек	1 Гц	10 Гц	100 Гц
10 сек	0,1 Гц	1 Гц	10 Гц

В первом варианте программы SA1 ... SA4 служат для выбора одного из 15 заранее запрограммированных значений ПЧ. Соответствующий номер ПЧ набирается в коде 1-2-4-8. Если переключатели SA1 ... SA4 разомкнуты, ПЧ = 0 (режим частотомера).

Во втором варианте количество ПЧ равно 7, т.к. SA4 используется для выбора номера делителя. Выводы SA5, а во втором варианте и SA4 подсоединены к свободным контактам разъема, в который включается СВЧ делитель. На ответной части разъема между этими контактами и общим проводом могут быть установлены переключки. Таким обра-



Вид со стороны деталей



Вид со стороны монтажа

Рис. 2

зом, автоматически определяется подключение делителя и его номер. При необходимости на плату можно установить DIP переключатели для выбора ПЧ и делителя.

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 – 74АС14 можно заменить на КР1554ТЛ2 или КР1554ТЛ3. В последнем случае потребуется подкорректировать рисунок печатной платы. Неиспользуемые входы

всех элементов DD1 следует подключить к +5 в. Применение ТТЛ аналогов в данной схеме нежелательно, т.к. это резко снизит верхнюю границу рабочих частот (до 10 ... 15 МГц). Светодиоды HL1...HL4 красного цвета свечения.

Печатная плата частотомера показана на рис. 2. Индикатор HG1, кнопки SB1...SB3 и светодиоды индикации предела HL1...HL3 размещаются со стороны монтажа. Переключатели SA1...SA5 могут быть установлены как со стороны деталей, так и 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...14в и током до 50ма. Импульсный или бестрансформаторный блок питания применять не рекомендуется.

Налаживание частотомера заключается в установке тока транзисторов VT1, VT2 около 5 ма. Его выставляют, подбирая R2. Напряжение на коллекторе VT2 должно быть примерно +3,6 в. Затем резистором R8 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 с; 1 с или 10 с.

После этого следует нажать SB3. При этом выбранное значение заносится в энергонезависимую память, а на индикаторе появляется значение коэффициента деления СВЧ делителя, который будет использоваться с прибором. Изменить его можно, нажимая SB1 или SB2, а затем подтвердить выбор, нажав SB3. Во втором варианте прибора значение коэффициента деления появится только в том случае, если замкнут один или оба переключателя SA4, SA5 или замкнуты соответствующие контакты разъема. При этом будет индицироваться и номер подключенного делителя. Для программирования Кд делителя с другим номером следует вновь войти в сервисный режим, предварительно подключив другой делитель.

Если один или несколько из переключателей SA1...SA4 для первого варианта или SA1...SA3 для второго варианта замкнуты, на индикаторе появляется номер включенной ПЧ и ее знак (стилизованная + или -). 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. Цена младшего разряда 100 Гц. Подтверждение выбора аналогично предыдущим режимам - нажатие SB3. После этого на индикаторе появляются символы "-----". 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. Только цена младшего разряда индикатора в этом режиме равна 1 Гц. Выставив нужное значение, следует нажать SB3.

Частотомер способен работать практически с любым кварцевым резонатором, однако оптимальным является значение около 4 МГц. На меньшей частоте снижается быстродействие PIC контроллера, а повышение тактовой частоты увеличивает потребляемый ток, не давая особых преимуществ. Следует учитывать, что в этой схеме кварц возбуждается на частоте параллельного резонанса, а на старых кварцах, сделанных в СССР, обычно указывалась частота последовательного резонанса, которая ниже на несколько килогерц. Для импортных кварцев желательно включить резистор 330 ом в разрыв цепи между выводом 15 PIC и точкой соединения C10, ZQ1.

Определить истинную частоту генерации кварца можно, подключив образцовый частотомер в точку XN1. При этом конденсатор C8 должен быть в среднем положении. Измеренное значение округляется до ближайшего, кратного 40 Гц, например, 4000000, 4000040, 4000080 и т.д.

После калибровки следует подключить данный прибор и образцовый частотомер к генератору сигналов частотой 10 ... 30 МГц и амплитудой 0,2 ... 0,5 В. Окончательно точного соответствия показаний частоте добиваются вращением C7. Если диапазона его изменения не хватает, значит частота кварца была введена не верно и ее следует изменить, как было описано выше.

Без каких-либо изменений схемы, в приборе можно использовать более совершенный но, как ни странно, имеющий меньшую стоимость контроллер типа PIC16F628, а также однократно программируемый PIC16CE625. Программы для этих контроллеров, разумеется, разные.

**Прошивки для PIC16F84, PIC16F628, PIC16CE625, чертежи печатной платы и другие дополнительные материалы к этой конструкции можно загрузить с сайта автора по адресам:**

<http://ra4nal.qrz.ru>  
<http://ra4nal.lanstek.ru>  
<http://ra4nalr.tut.ru>

Разработка 2001 г.

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