

Частотомер – цифровая шкала на PIC16F84 с LED



- Пределы измерения 10 Гц – 40 МГц
- Чувствительность 100 – 200 мВ
- Время измерения 0,1 – 1 – 10 сек
- Допустимые значения ПЧ ... 0 – 100 МГц
- Внешний делитель 1/2 – 1/255
- Частота опорного кварца 3,9 – 4,1 МГц
- Количество разрядов 8
- Потребляемый ток 100 – 130 мА

Предлагаемая конструкция предназначена для использования в качестве частотомера или цифровой шкалы связи 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.

При использовании прибора в качестве цифровой шкалы в его энергонезависимую память можно записать до 13 значений промежуточных частот в диапазоне от 0 до 99 999 999 Гц. При этом показания индикатора будут определяться формулой:

$[F_{вх} * K_d \pm G_{пч}]$, где

$F_{вх}$ - входная частота;

K_d - коэффициент деления внешнего делителя;

$G_{пч}$ - 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 10 сек определяются формулой: $[F_{вх} * K_d]$.

В частотомере предусмотрена возможность программной калибровки, что позволяет использовать любые кварцевые резонаторы в диапазоне 3,9 ... 4,1 МГц. 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. Импульсы измеряемой частоты подаются на входной формирователь, выполненный на VT1 и DD1. Диоды VD1 и VD2 ограничивают амплитуду входного сигнала на уровне 0,7 в. Нижняя граница измеряемых частот определяется емкостью C4 и

C5, при указанном на схеме значении она равна 10 Гц. С выхода DD1 сформированные импульсы поступают на PIC контроллер PIC16F84. Достаточно высокая нагрузочная способность его выходов позволила непосредственно подключить к нему катоды индикаторов.

Аноды подключены через составные эмиттерные повторители на VT2...VT17 к выходам счетчика DD3 типа K561ИЕ8, который осуществляет сканирование разрядов. Такая схема позволяет питать индикатор не стабилизированным напряжением, что существенно облегчает тепловой режим стабилизатора DA1 и практически устраняет влияние бросков тока при коммутации разрядов индикатора на работу входного формирователя.

Входное сопротивление формирователя довольно низкое, поэтому для расширения возможностей прибора и устранения влияния емкости кабеля к нему подключается выносной пробник. Его схема показана на рис. 2. Благодаря применению полевого транзистора входное сопротивление пробника около 500 Ом, выходное – 50 ... 100 Ом. Коэффициент усиления – около 2, а полоса пропускания – до 100...150 МГц. Диоды VD1, VD2 защищают полевой транзистор от выхода из строя при попадании на вход высокого напряжения.

Управление прибором осуществляется с помощью 3-х кнопок, выведенных на переднюю панель и 5-и переключателей. Кнопки SB1 ... SB3 (рис. 1) 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.

Замкнутое состояние переключателя SA1 соответствует работе прибора с внешним СВЧ делителем, а разомкнутое – без. При использовании делителя меняется цена младшего разряда. Если коэффициент деления находится в пределах от 3-х до 20, цена разряда уменьшается в 10 раз, если K_d выше 20, то в 100 раз при любом времени измерения. Если $K_d = 2$, цена разряда не изменяется.

SA2 ... SA5 служат для выбора одного из 13 заранее запрограммированных значений ПЧ. Соответствующий номер ПЧ набирается в коде 1-2-4-8. Если переключатели SA2 ... SA5 разомкнуты, ПЧ = 0 (режим частотомера). Выводы SA1 можно вывести на свободные контакты разъема, в который включается СВЧ делитель. На ответной части разъема между этими контактами следует установить переключку. Таким образом будет автоматически определяться подключение делителя. Если номер ПЧ необходимо изменять дистанционно, например, при переключении диапазонов приемника, то в качестве SA2 - SA5 лучше использовать электромагнитные реле или оптроны.

ема между этими контактами следует установить переключку. Таким образом будет автоматически определяться подключение делителя. Если номер ПЧ необходимо изменять дистанционно, например, при переключении диапазонов приемника, то в качестве SA2 - SA5 лучше использовать электромагнитные реле или оптроны.

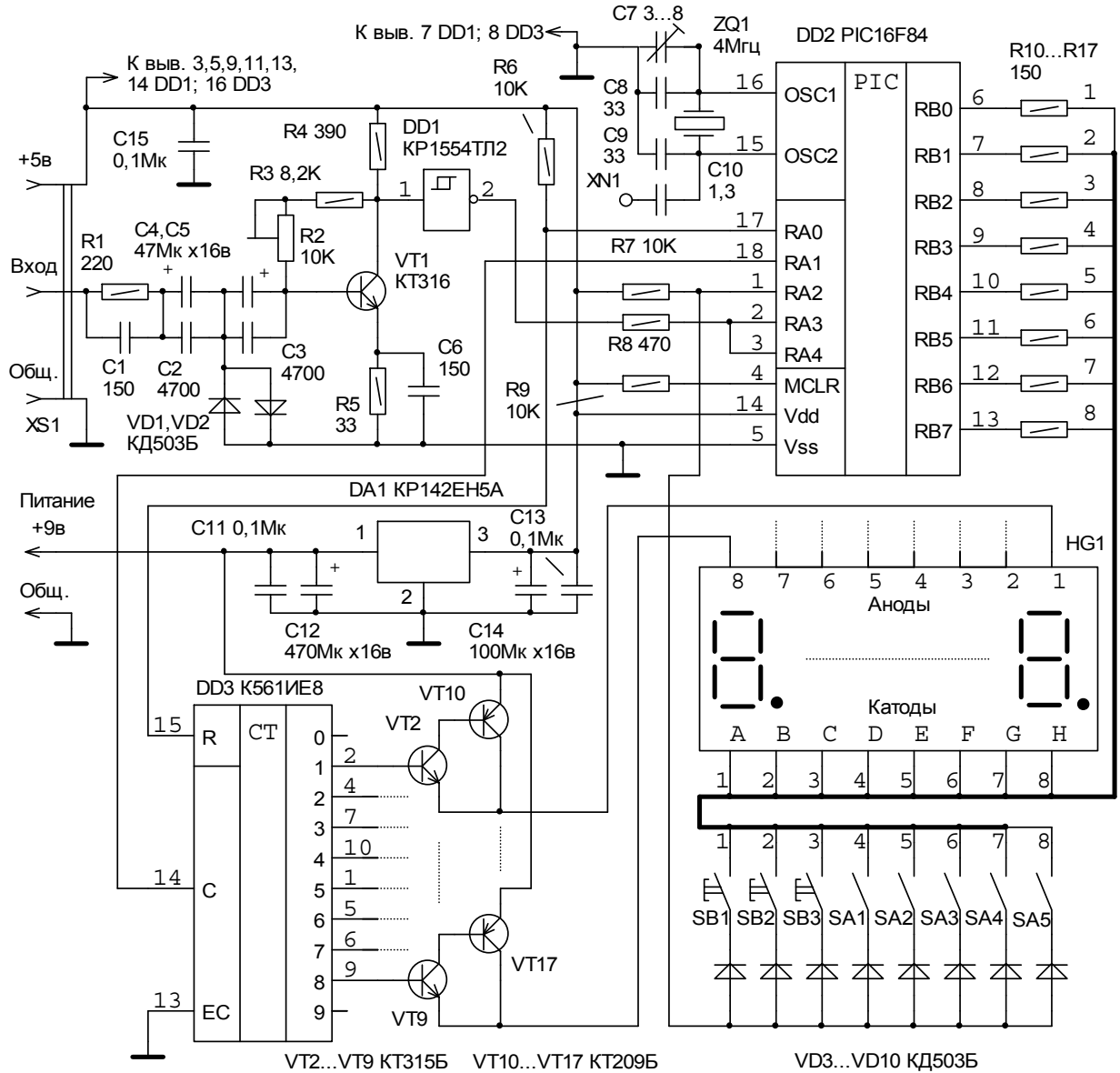


Рис.1 Принципиальная схема частотомера

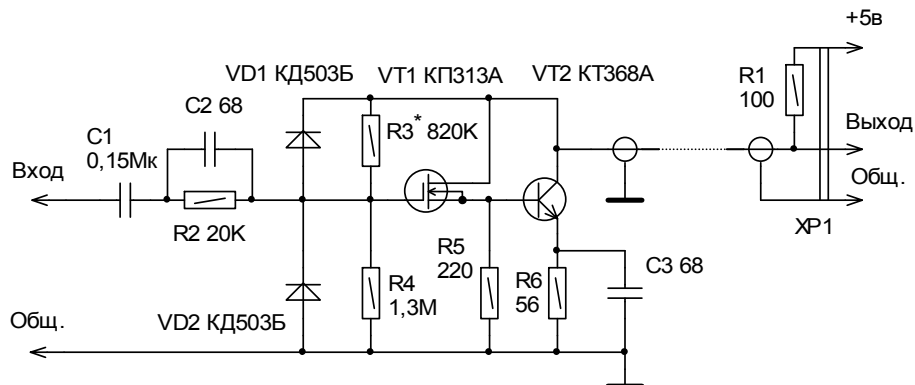


Рис.2 Принципиальная схема выносного пробника

Транзисторы VT10...VT17 KT209 или KT502 с допустимым током 300мА. Индикатор – 8-и разрядный светодиодный любого типа с общим анодом, справа от цифры должна быть точка. Более экономичны индикаторы красного цвета. Особо хочу подчеркнуть, что нужен индикатор именно с общим анодом. VT1 – KT316, KT368 и др. с граничной частотой не менее 600 МГц. DD1 – КР1554ТЛ2 или 74АС14, 74НС14. Неиспользуемые входы всех элементов следует подключить к +5 в. Применение ТТЛ аналогов в данной схеме нежелательно, т.к. это резко снижает верхнюю границу рабочих частот (до 10 ... 15 МГц).

Транзистор VT1 выносного пробника - полевой с

изолированным затвором, канал p-типа и напряжением затвор-исток 0...2 В при токе стока 5 ма – КП305А,Б,В; КП313А,Б; VT2 - с граничной частотой не менее 600 МГц. Резистор R1 монтируется непосредственно в штыревой части разъема ХР1.

Чертежи печатных плат частотомера и пробника показаны на рис. 3...5. Пробник должен быть смонтирован в металлической коробочке. Сам частотомер также желательно экранировать, особенно если прибор 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 150ма. Достаточно понижающего transforma-

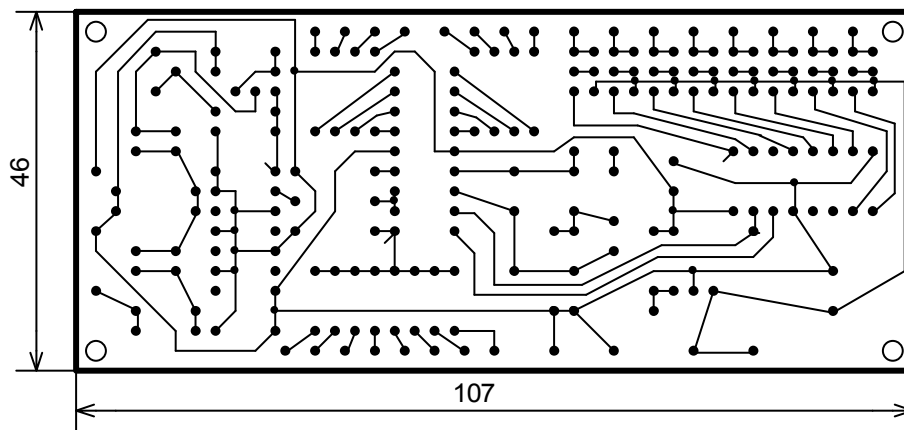


Рис 3. Печатная плата частотомера

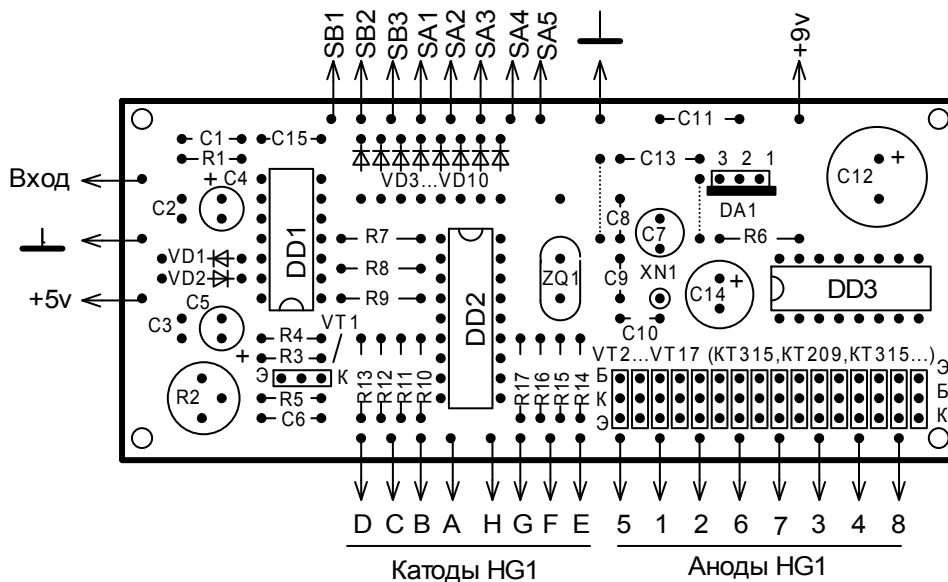


Рис 4. Расположение деталей на плате частотомера

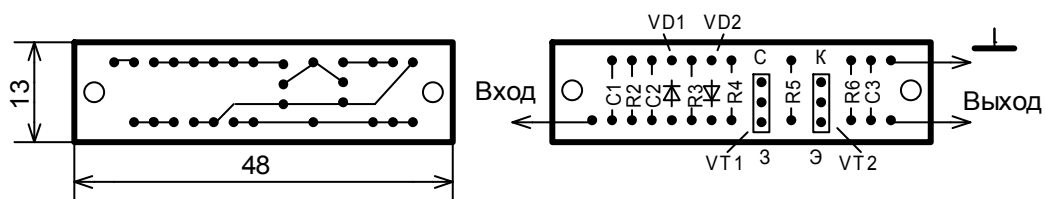


Рис 5. Печатная плата входного формирователя

тора и выпрямительного моста, роль сглаживающего фильтра выполняет C12 (рис.1). Бестрансформаторный блок питания применять не рекомендуется.

При налаживании частотомера резистором R2 добиваются максимальной чувствительности прибора на высоких частотах. Напряжение на коллекторе VT1 должно быть при этом около 2,5 в. Налаживание выносного пробника заключается в установке тока каждого транзистора около 5ма. Их выставляют, подбирая R3. Напряжение на коллекторе VT2 должно быть +4 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 сек ; 1сек или 10 сек. 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 значение можно, нажимая SB1 или SB2, а затем подтвердить выбор, нажав SB3.

Если один или несколько из переключателей SA2 ... SA5 замкнуты, на индикаторе появляется номер включенной ПЧ и ее знак (стилизированный + или –). Выбор знака производится SB1 или SB2, нажатие SB3 подтверждает выбор и на индикаторе появляется 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 1 Гц. Подтверждение выбора аналогично предыдущим режимам – нажатие SB3. После этого на индикаторе появляется надпись "SETUP". Если не нажимать ни одну из кнопок, примерно через 3 сек прибор перейдет в режим измерения с вновь выбранными параметрами.

Для входа в "SETUP" следует нажать SB3. В этом режиме осуществляется программная калибровка прибора под конкретный используемый кварц. Это может оказаться необходимо, т.к. в данной схеме он возбуждается на частоте параллельного резонанса, а на кварцах, особенно старых, сделанных в СССР, часто указывается частота последовательного резонанса, которая может отличаться на несколько килогерц. Калибровка осуществляется выбором 9 констант, которые определяют длительность интервалов измерения. Константы C1, C2 и C3 определяют интервал 0,1 сек; C4, C5 и C6 – 1 сек, а C7, C8 и C9 – 10 сек.

C1, C4, C7 предназначены для точной калибровки интервала; C2, C5 и C8 - для средней; C3, C6 и C9 - для грубой.

C1, C4 и C7 могут изменяться от 0 до 17. Их увеличение или уменьшение на 1 увеличивает или уменьшает соответствующий интервал на 1 мкс (на 1 машинный цикл). C2, C5 и C8 принимают значения от 0 до 255. Их изменение на 1 изменяет интервал на 18 мкс. C3, C6 и C9 также могут быть от 0 до 255 и осуществляют еще более грубое изменение интервала. Значения всех констант вводятся последовательно, аналогично предыдущим режимам. После ввода C9 прибор переходит в режим измерения.

Константы определяются исходя из следующих соотношений:

$$C1+18*C2+4576*C3=F/40-89057$$

$$C4+18*C5+4576*C6=F/4-89057$$

$$C7+18*C8+4576*C9=F/0,4-9460721$$

$$0 \leq C1, C4, C7 \leq 17$$

$$0 \leq C2, C3, C5, C6, C8, C9 \leq 255$$

F – Истинная частота генерации кварца, герц.

Но не пугайтесь, ничего считать не нужно. Достаточно запустить файл **fr_const.xls**, который можно загрузить с сайта автора (адрес внизу страницы), и ввести в ячейку "A1" таблицы на экране значение частоты кварца в ГЕРЦАХ, например 4000000 для 4 МГц. В ячейках таблицы появятся значения всех констант для частот F...(F+2 КГц). В данном случае для частот 4000000 ... 4002000гц. Если хотя бы одна из констант получается больше 255 или принимает отрицательное значение, значит кварц на эту частоту использовать нельзя.

Если частота генерации кварца равна точно 4 МГц, константы должны иметь следующие значения:

$$C1=9, C2=99, C3=2, C4=13, C5=17, C6=199, C7=17, C8=215, C9=117$$

В авторском варианте частота кварца 4 001 120 Гц и константы несколько иные:

$$C1=1, C2=101, C3=2, C4=5, C5=33, C6=199, C7=5, C8=117, C9=118$$

Для калибровки прибора необходимо иметь образцовый частотомер и генератор. В начале следует с помощью образцового прибора измерить частоту генерации кварца в приборе. При этом конденсатор C7 должен быть в среднем положении. Частотомер подключается к точке XN1. Измеренное значение округляется до ближайшего, кратного 40 Гц, например, 4 000 000, 4 000 040, 4 000 080 и т.д. Затем выносной пробник прибора подключают к точке XN1 и записывают показания на всех 3-х пределах. Если показания отличаются от измеренного значения, следует войти в сервисный режим, затем в "SETUP" и изменить значения констант. При этом следует придерживаться правила – изменяя длительность интервала 0,1 сек на 1 машинный цикл, длительность интервала 1 сек следует изменить на 10 циклов, а 10 сек – на 100. В противном случае показания прибора на разных пределах могут не соответствовать друг другу. Таким образом добиваются соответствия показаний истинной частоте генерации кварца. Как указывалось выше, она должна быть обязательно кратна 40Гц. В авторском варианте показания прибора с интервалом измере-

ния 10 сек – 4.001.120.0; с интервалом 1 сек – 4.001.120; а с интервалом 0,1 сек – 4.001.1.

После такой калибровки следует подключить данный прибор и образцовый частотомер к генератору сигналов частотой 20 ... 40 МГц и амплитудой 0,2 ... 0,5 в и сравнить показания на всех пределах. Если на разных пределах показания не будут соответствовать друг другу, значит при вводе констант была допущена ошибка и эту операцию следует повторить. Окончательно точного соответствия показаний частоте добиваются вращением С7. Если диапазона его изменения не хватает, следует подкорректировать константы, как было описано выше.

Процесс калибровки достаточно сложен, но необходимость в его проведении может возникнуть только 1 раз после изготовления прибора.

Без каких-либо изменений схемы, в приборе можно использовать однократно программируемый PIC16CE625. Программы для этих контроллеров, разумеется, разные. В варианте программы для

PIC16CE625 возможно сохранение в энергонезависимой памяти до 15 значений промежуточных частот. Кроме того, можно восстановить авторские значения всех констант и параметров, набрав значение С3 в пределах от 128 до 255.

Прошивки для PIC16F84 и PIC16CE625, несколько вариантов чертежей печатной платы в различных форматах, а также 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 1998 г.

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