

Владимир Турчанинов

г. Севастополь

E-mail: vladimirUASEV@gmail.com

Частотомеров в радиожурналах опубликовано было много, но закрывать данную тему, я думаю, еще рано. Представленный прибор имеет дополнительные функции, не рассмотренные ранее (два делителя частоты с дискретной установкой коэффициента деления, а также позволяет измерять абсолютное значение ухода частоты и многое другое). И это не предел усовершенствования данных приборов.

Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC16F873A (v.3.0)

Частотомер производит измерение основных характеристик электрических сигналов:

- частоту периодического сигнала (синусоидального, прямоугольного, треугольного);
- длительность импульсов высокого и низкого логического уровня (прямоугольной формы);
- измерение абсолютного изменения частоты;
- счет импульсов (видео- и радиоимпульсов);
- измерение параметров N-го импульса;
- измерение температуры с выносным датчиком;
- отношение частот (вход VHF к входу TTL) для исследования делителей частоты;
- отношение частот (вход UHF к входу VHF) для исследования умножителей частоты;
- имеет два делителя частоты;
- тестовый режим;
- генератор пакета импульсов;
- генератор одиночного импульса.

Частотомер собран на микроконтроллере PIC16F873A.

Устройство индикации собрано на жидкокристаллическом индикаторе 16x2.

Основные технические характеристики

Основные функции:

- Диапазон измерения частоты (цифровой вход TTL) – 1 Гц ... 50 МГц уровень TTL. Погрешность измерения частоты в диапазоне частот 1 Гц ... 100 Гц не превышает $\pm 0,01$ Гц, 100 Гц ... 1 МГц не превышает ± 1 Гц, в диапазоне частот свыше 1 МГц не превышает 0,0001%.
- Диапазон измерения частоты (аналоговый вход VHF) – 1 Гц ... 50 МГц

при входном напряжении более 100 мВ (в этом диапазоне также производится измерение температуры от -25°C до $+125^{\circ}\text{C}$ при подключенном внешнем датчике температуры. Погрешность измерения температуры не превышает 1%). Погрешность измерения частоты в диапазоне частот 1 Гц ... 100 Гц не превышает $\pm 0,01$ Гц, 100 Гц ... 1 МГц не превышает ± 1 Гц, в диапазоне частот свыше 1 МГц не превышает 0,0001%.

- Диапазон измерения частоты (аналоговый вход UHF) – 50 МГц ... 1200 МГц при входном напряжении более 100 мВ (в этом диапазоне также производится измерение температуры от -25°C до $+125^{\circ}\text{C}$ при подключенном внешнем датчике температуры. Погрешность измерения температуры не превышает 1%). Погрешность измерения частоты во всем диапазоне не превышает ± 1 кГц.

- Диапазон измерения длительности импульсов логической "1" и логического "0" (индикация чередуется через каждую секунду):

- 10 мкс ... 1 с (по входу TTL при входной частоте до 10 кГц). Погрешность измерения составляет ± 10 мкс;
- 10 нс ... 100 мкс (по входу TTL при входной частоте от 10 кГц до 50 МГц). Погрешность измерения в диапазоне 10...1000 нс составляет ± 10 нс, в диапазоне 1...100 мкс не превышает 5%.

- Диапазон измерения абсолютного изменения (ухода) частоты:

- по входу TTL (уровень TTL) и VHF (при входном напряжении более 100 мВ) – 1 Гц ... 1 МГц (в диапазоне частот от 1 Гц до 50 МГц);
- по входу UHF (при входном напряжении более 100 мВ) – 1 кГц ...

100 МГц (в диапазоне частот от 50 МГц до 1200 МГц).

- Производит счет видеоимпульсов (аналоговый вход VHF или цифровой вход TTL) – в диапазоне от 1 до 100 000 000 при длительности входного импульса более 10 нс и паузы между импульсами более 10 нс.

- Производит измерение N-го видеоимпульса (аналоговый вход VHF или цифровой вход TTL) в диапазоне от 1 до 256 при длительности входного импульса от 10 мкс до 60 мс. В этом диапазоне прибор производит измерение длительности N-го импульса, паузы после импульса и производит подсчет количества поступивших импульсов. При измерении импульса по входу VHF на выходе TTL формируется синхроимпульс в момент прохождения N-го импульса, равный длительности импульса плюс пауза после импульса. Погрешность измерения импульса составляет ± 10 мкс.

- Производит счет радиоимпульсов (аналоговый вход VHF или UHF) при длительности импульса от 10 мкс и паузы между импульсами более 10 мкс в диапазоне от 1 до 100 000 000 при входном напряжении более 100 мВ.

- Измерение отношения частот: вход VHF к входу TTL (при входном напряжении на входе VHF более 100 мВ в диапазоне частот от 1 Гц до 50 МГц) до 1000000.

- Измерение отношения частот: вход UHF к входу VHF (при входном напряжении более 100 мВ и в диапазоне частот по входу VHF от 1 Гц до 50 МГц и входу UHF от 50 МГц до 1200 МГц) до 10000.

Вход TTL имеет уровень TTL лог. 0 – (0,3...0,6) В, лог. 1 – (2,5...10) В.

Входное сопротивление входа VHF порядка 10 кОм. Напряжение на входе VHF не должно превышать 10 В эфф.

Входное сопротивление входа UHF равно 50 Ом. Напряжение на входе UHF не должно превышать 1 В эфф.

Дополнительные функции:

- Тестовый режим (при включении питания при нажатой кнопки "START"): прибор переходит в тестовый режим: на выходе TTL формируются прямоугольные импульсы с частотой 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц и уровнем TTL (лог.0 – 0 В, лог.1 – 5 В). Погрешность не превышает 0,001%. Выходное сопротивление 1 кОм. Выбор частоты производится нажатием кнопки "RANG".

- Генератор пакета импульсов (при включении питания при нажатой кнопки "INPUT"): прибор переходит в режим генерации пакета импульсов: на выходе TTL формируется пакет прямоугольных импульсов длительностью логической единицы 5 мкс, паузы между импульсами 5 мкс. и количеством импульсов в пакете от 1 до 65535. Установка количества импульсов производится нажатием кнопок "RANG" и "INPUT".

- Таймер (при включении питания при нажатой кнопки "RANG"): прибор переходит в режим генерации одиночного импульса: на выходе TTL формируется прямоугольный импульс длительностью от 10 мс до 655,35 сек с шагом установки 10 мс. Погрешность не превышает 0,1%. Установка длительности импульса производится нажатием кнопок "RANG" и "INPUT".

- Два делителя частоты с переменным коэффициентом деления:
 - высокочастотный до 50 МГц (по входу VHF при входном напряжении более 100 мВ), с коэффициентом деления от 3 до 16383. Сигнал после делителя формируется на выходе TTL. Установка коэффициента деления производится кнопками "RANG" и "INPUT";
 - сверхвысокочастотный от 50 МГц до 1200 МГц (по входу UHF при

входном напряжении более 100 мВ), с коэффициентом деления от 1000 до 65535. Сигнал после делителя формируется на выходе TTL. Установка коэффициента деления производится кнопками "RANG" и "INPUT". В этом режиме, после включения делителя "DIVIDER-ON", прибор так же производит проверку сигнала на входе UHF соответствии заданным параметрам. Если сигнал не соответствует заданным параметрам или отсутствует, прибор индицирует "NO SIGNAL".

На выходе делителей (выход TTL) формируются импульсы длительностью 0,5 мкс низкого логического уровня.

В режиме делителя частоты производится измерение и индикация значения частоты на выходе делителя. Погрешность измерения во всем диапазоне не превышает ± 10 Гц.

Выход TTL имеет уровень TTL лог.0 – (0...0,6) В, лог.1 – (3...5) В. Выходное сопротивление около 1 кОм.

- Время измерения частоты 1 сек.
- Цифровая индикация частоты и длительности импульсов.
- Прибор имеет три коммутируемых входов (TTL, VHF, UHF).
- Индикация ЖКИ англоязычная.
- При отключении прибора все установки сохраняются в энергонезависимой памяти.
- Питание прибора осуществляется от адаптера 9...16 В постоянного тока.
- Ток потребления – 100...150 мА.

Назначение элементов схемы

Принципиальная схема частотомера изображена на **рис. 1**.

Микроконтроллер U1 PIC16F873A-1/D тактируется импульсами 1 мкс, вырабатываемыми кварцевым генератором, собранным на элементах Q1, VC1, C1 и C2. Минимальная погрешность генератора выставляется подстроечным конденсатором VC1. Стабилизатор питания +5 В собран на микросхеме U6 TL7805, конденсаторы C4, C8, C12, C14 и C15 блокировочные по цепи питания. Конденсаторы C16 и C18

образуют фильтр питания. Резисторы VR2, R5 используются для регулировки яркости подсветки ЖКИ. Резисторы VR1, R25, R26 используются для регулировки контрастности ЖКИ. Резисторы R2...R4 поддерживают логическую "1" на входах микроконтроллера, R1 токоограничительный. Кнопки BUT1...BUT3 подключены к МК и используются для управления прибором.

На ИМС U5 AD8611ARZ собран быстродействующий компаратор. Резистор R21 токоограничительный, через резистор R22 инвертирующий вход компаратора подключен к общей шине, конденсатор C13 разделительный по входу. Резисторы R19, R20 и конденсатор C12 создают смещение на неинвертирующем входе компаратора около 100 мВ. Резисторы R17 и R18 создают положительную обратную связь компаратора для создания гистерезиса. Диоды D3 и D4 предназначены для защиты входа компаратора от высокого напряжения.

На U4:A собран одновибратор, который запускается с выхода синтезатора. Резистор R13 и конденсатор C10 создают времязадающую цепь одновибратора. На U4:B собран второй одновибратор, который запускается первым. Резистор R14 и конденсатор C11 создают времязадающую цепь одновибратора.

На транзисторе Q1 и резисторах R11, R15 и R16 собран ключ выходных импульсов делителя частоты и генератора импульсов. На ИМС U3 74HC151D собран коммутатор входов. Резисторы R23, R24 и диоды D5 и D6 служат для защиты входа мультиплексора U3. ИМС U2 LMX2316TM – делитель частоты. На резисторе R11 и конденсаторе C8 собран фильтр питания делителя частоты. Резистор R10 токоограничительный. Конденсаторы C6 и C9 разделительные, C4 блокировочный. Диоды D1 и D2 предназначены для защиты входа делителя частоты от высокого напряжения. Входные разъемы TTL, VHF и UHF – ВЧ типа 24 BNC-50-2-20/133 NE подключены к плате 50-омным коаксиальным кабелем.

ИЗМЕРЕНИЯ

Выключатель SW1 предназначен для включения и выключения прибора.

Резисторы R6, R7 и конденсатор C5 образуют делитель напряжения датчика температуры.

Основная часть схемы – микроконтроллер PIC16F873A, который управляет прибором. Программа написана на ассемблере в программе MPLAB IDE v.7.5. МК осуществляет счет импульсов по входу TOCKI за заданный интервал времени при измерении частоты и выдает значение на жидкокристаллический индикатор. Передача информации на ЖКИ осуществляется тетрадами. При измерении длительности положительных импульсов микроконтроллер осуществляет подсчет тактируемых импульсов частотой 1 МГц, запускаясь по нарастающему перепаду измеряемого импульса и останавливаясь по спадающему перепаду.

При измерении длительности отрицательных импульсов микроконтроллер осуществляет подсчет тактов машинного цикла длительностью 1 мкс, запускаясь по спадающему перепаду измеряемого импульса и останавливаясь по нарастающему перепаду. Измерение происходит по входу INT микроконтроллера. В режиме измерения абсолютного ухода частоты происходит измерение и запоминание входной частоты в момент запуска. Далее производятся измерения частоты с периодом в одну секунду. Цифровой компаратор сравнивает последующие измерения с предыдущими, вычисляет разницу и определяет максимальное значение. Текущее значение ухода частоты индицируется после каждого измерения. После остановки режима измерения результат максимальных значений ухода частоты отображается на ЖКИ.

Делитель частоты собран на ИМС LMX2316 (синтезатор частоты). При измерении частоты от 50 до 1200 МГц коэффициент деления делителя равен 1000. Если прибор используется как делитель частоты с переменным коэффициентом деления, то коэффициент деления имеет значение, установленное на ЖКИ. ИМС LMX2316 имеет два встроенных делителя, которые используются для диапазонов VHF и UHF. Коэффициент деления устанавливается по последовательно интерфейсу.

Кнопкой BUT1 производится старт и стоп в режимах счетчика импульсов и измерения абсолютного значения ухода частоты. Кнопкой BUT2 выбирается вход прибора (TTL, VHF или UHF). Кнопкой BUT3 выбирается диапазон (FREQUENCY – измерение частоты, ±FREQUENCY – измерение изменения частоты, COUNTER –

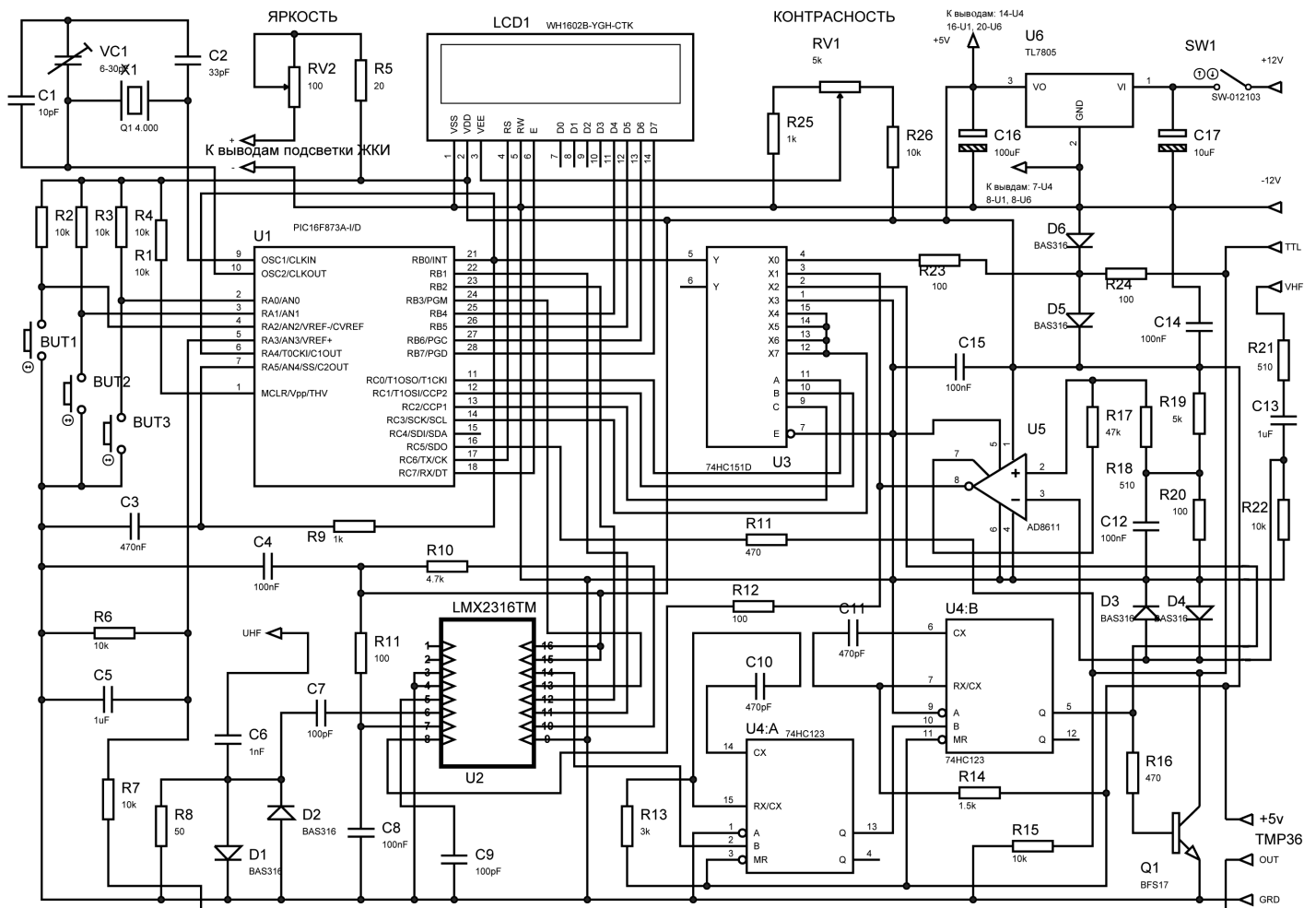


Рис. 1

счетчик видеоимпульсов, PULS-N – измерение параметров N-го импульса, RF/COUNTER – счетчик радиоимпульсов, VHF/TTL – отношение частот (вход VHF к входу TTL) для исследования делителей частоты, UHF/VHF – отношение частот (вход UHF к входу VHF) для исследования умножителей частоты или DIVIDER – делитель частоты). Вход TTL двунаправленный, используется как вход TTL или выход делителя частоты и генератора импульсов.

Работа прибора в разных режимах

А теперь рассмотрим более подробно работу схемы (рис. 1) в разных режимах.

Измерение частоты и длительности импульсов периодического сигнала.

При измерении параметров цифрового TTL сигнала кнопкой BUT2 выбирается вход TTL (рис. 2).

На выходах RC0RC1RC2 U1 формируется код 000. Вход измерения частоты ТОСК1 и измерения длительности импульсов INT U1 подключаются через мультиплексор U3 и резисторы R23 и R24 ко входу TTL. МК производит измерение частоты и длительности импульса входного сигнала и выводит их значение на ЖКИ (рис. 2). При измерении частоты в приборе используется метод досчета, так как предделитель микроконтроллера не имеет функции чтения. Досчет производится генерацией импульсов на выходе RC3 микроконтроллера и подачей на вход ТОСК1 через мультиплексор (на выводе "С" pin 9 появляется лог.1).



Рис. 2

При измерении частоты по входу VHF кнопкой BUT2 выбирается вход VHF (рис. 3). На выходах RC0RC1RC2 U1 формируется код 001. Измеряемый сигнал через

резистор R21 и конденсатор C13 поступает на инвертирующий вход быстродействующего компаратора U5. С выхода компаратора сигнал поступает на вход X1 мультиплексора U3. С выхода мультиплексора Y сигнал поступает на вход ТОСК1 U1 и происходит измерение частоты.



Рис. 3

После измерения частоты микроконтроллер производит измерение напряжения на входе RA3, запрограммированного как вход АЦП. Если на входе RA3 присутствует напряжение, то есть температурный датчик подключен, и выбран режим измерения UHF или VHF, то прибор индицирует измеренную температуру в градусах Цельсия (рис. 4).



Рис. 4

При измерении частоты СВЧ сигнала кнопкой BUT2 выбирается вход UHF (рис. 5).



Рис. 5

На выходах RC0RC1RC2 U1 формируется код 010. Вход измерения частоты ТОСК1 U1 подключается через мультиплексор U3 к выходу одновибратора U4:B, который формирует импульсы 0,5 мкс при наличии сигнала на входе UHF. Так же при выборе входа UHF на выходах RB1-Clock, RB2-Data и RB3-LE формируется сигнал (рис. 6), который включает синтезатор частоты U2, выбирает делитель N COUNTER и устанавливает коэффициент деления, равный 1000.

На рис. 6 каналу А осциллографа соответствуют синхроимпульсы –Clock, каналу В – данные –Data и каналу С – сигнал разрешения –LE. Длительность синхроимпульсов составляет 2 мкс при периоде следования 100 кГц.

Работа делителя при отсутствии сигнала на входе UHF.

Делитель частоты N COUNTER синтезатора устроен так, что при отсутствии сигнала на его входе, на его выходе присутствует сигнал. Для того, чтобы частотомер не производил подсчет импульсов при отсутствии сигнала на входе, применен одновибратор U4:A. При отсутствии сигнала на входе делителя, сигнал на выходе одновибратора так же отсутствует.

При наличии сигнала на входе UHF через разделительные конденсаторы C6 и C7 он проходит на вход синтезатора. С выхода синтезатора через два одновибратора сигнал поступает на вход микроконтроллера. МК производит измерение частоты входного сигнала и выводит его значение на ЖКИ.

Для повышения точности измерения частоты в низкочастотном диапазоне (менее 100 Гц) применен косвенный метод измерения частоты. Работает он следующим

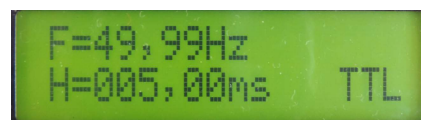


Рис. 7

образом. Сначала прибор производит измерение частоты обычным методом. После измерения производится сравнение цифровым компаратором числа 100 с результатом измерения. Если результат измерения меньше 100, то прибор измеряет период входного сигнала и преобразует его в частоту. Значение частоты выводится на ЖКИ (рис. 7).

Примечание: рис. 6 см. на 2-й странице обложки.



Продолжение в №9/2016

Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC16F873A (v.3.0)

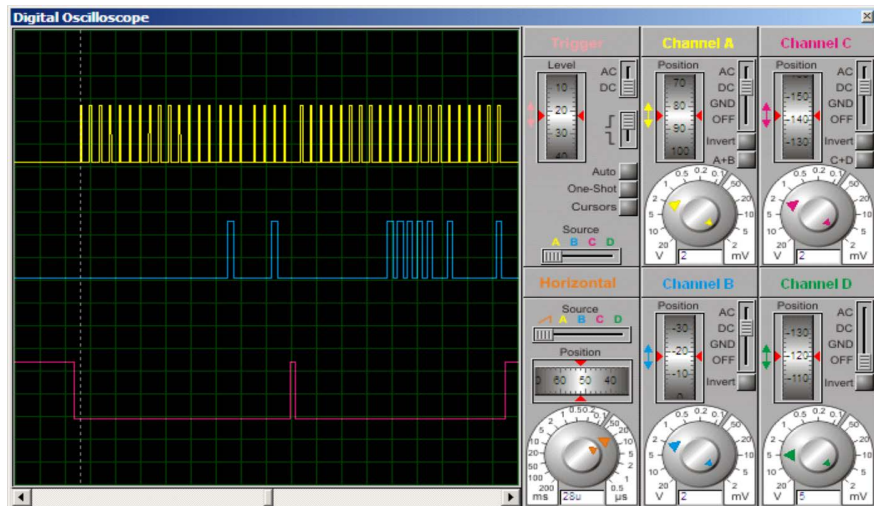


Рис. 6

Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC16F873A (v.3.0)

Владимир Турчанинов
г. Севастополь

E-mail: vladimirUASEV@gmail.com



Окончание.
Начало в №8/2016

Измерение абсолютного изменения частоты периодического сигнала.

Измерение абсолютного изменения частоты происходит следующим образом. После включения данной функции, прибор производит измерение частоты входного сигнала методом, рассмотренным ранее. Далее измеренное значение запоминается в регистрах. После чего через одну секунду прибор производит следующее измерение, сравнивает с начальным значением и определяет изменение (разницу) частоты. Текущее значение измеренной частоты и изменение частоты со знаком выводится на экран ЖКИ (рис. 8). Так же измеренное

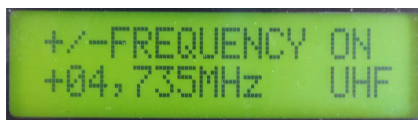


Рис. 8

значение изменения частоты как со знаком "-", так и со знаком "+" запоминаются в регистрах. Каждое последующее измерение изменения частоты сравнивается с записанным, и если оно превышает записанное, то новое измерение перезаписывается. Период процесса измерения происходит каждую секунду. При остановке функции измерения абсолютного изменения частоты прибор индицирует максимальные значения ухода частоты как в меньшую, так и в большую сторону от начального значения (рис. 9).



Рис. 9

Счетчик видеоимпульсов.

Счетчик видеоимпульсов работает следующим образом. При подаче на вход VHF или TTL сигнала и включении функции "COUNTER - ON" прибор производит подсчет поступивших на его вход импульсов, но на ЖКИ отображается значение предыдущего измерения. После отключения функции "COUNTER - OFF" прибор прекращает подсчет импульсов, поступающих на вход прибора, и выдает результат измерения на экран ЖКИ (рис. 10).



Рис. 10

Измерение параметров N-го импульса.

Измерение параметров N-го импульса производится следующим образом. После выбора номера измеряемого импульса и запуска функции "PULS - ON" прибор переходит в режим ожидания входного сигнала. После поступления на вход прибора пакета импульсов, прибор производит подсчет импульсов. Когда приходит N-й импульс, производит измерение его длительности и паузы после него (рис. 11).



Рис. 11

Счетчик радиоимпульсов.

Счетчик радиоимпульсов работает следующим образом. При подаче на вход VHF или UHF сигнала и включении функции "RF/COUNTER - ON" прибор производит подсчет поступивших на его

вход радиоимпульсов, но на ЖКИ отображается значение предыдущего измерения. После отключения функции "RF/COUNTER - OFF" прибор прекращает подсчет радиоимпульсов, поступающих на вход прибора, и выдает результат измерения на экран ЖКИ (рис. 12).

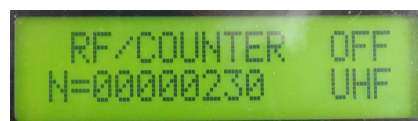


Рис. 12

Измерение отношения частот VHF/TTL.

Измерение отношения частот VHF/TTL работает следующим образом. При подаче на вход VHF высокочастотного сигнала, а на вход TTL сигнала с меньшей частотой (например, после делителя частоты) и включении функции "VHF/TTL - ON", прибор производит измерение двух частот и определяет их отношение. Результат (в данном случае при частоте на входе TTL – 10 кГц и на входе VHF – 40,04 МГц) выводится на ЖКИ (рис. 13).



Рис. 13

Измерение отношения частот UHF/VHF.

Измерение отношения частот UHF/VHF работает следующим образом. При подаче на вход VHF и UHF высокочастотного сигнала, но на вход UHF сигнала с большей частотой (например, после умножителя частоты) и включении функции "UHF/VHF - ON", прибор производит измерение двух частот и определяет их отношение. Результат (в

данном случае при частоте на входе VHF – 1 МГц и на входе UHF – 511 МГц) выводится на ЖКИ (рис. 14).



Рис. 14

Делитель частоты аналогового сигнала ВЧ.

На вход "VHF" подается сигнал. Выбирается функция "DIVIDER - ON". Микроконтроллер U1 на выходах RB1-Clock, RB2-Data и RB3-LE формирует сигнал, который включает синтезатор частоты U2, выбирает делитель R COUNTER и устанавливает коэффициент деления, который предварительно был установлен на экране ЖКИ. Входной сигнал поступает на вход Fin синтезатора частоты U2. Делителем частоты N COUNTER синтезатора входной сигнал делится на установленный коэффициент деления. С выхода Fo/LD синтезатора частоты U2 через два одновибратора U4:A, U4:B и электронный ключ, собранный на транзисторе Q1, резисторах R11, R15 и R16, сигнал поступает на выход TTL. Также через мультиплексор U3 сигнал поступает на вход TOSCKI микроконтроллера U1 для измерения частоты выходного сигнала. Измерение частоты выходного сигнала производится каждую секунду. На индикаторе ЖКИ (в данном случае при частоте на входе VHF – 40,04 МГц и коэффициенте деления K = 4000) выводится значение измеренной частоты на выходе делителя и значение установленного коэффициента деления (рис. 15).



Рис. 15

Делитель частоты аналогового сигнала СВЧ.

На вход "UHF" подается сигнал. Выбирается функция "DIVIDER - ON".

Микроконтроллер U1 на выходах RB1-Clock, RB2-Data и RB3-LE формирует сигнал, который включает синтезатор частоты U2, выбирает делитель N COUNTER и устанавливает коэффициент деления, который предварительно был установлен на экране ЖКИ. Входной сигнал поступает на вход Fin синтезатора частоты U2. Делителем частоты N COUNTER синтезатора входной сигнал делится на установленный коэффициент деления. С выхода Fo/LD синтезатора частоты U2 через два одновибратора U4:A, U4:B и электронный ключ, собранный на транзисторе Q1, резисторах R11, R15 и R16, сигнал поступает на выход TTL. Также через мультиплексор U3 сигнал поступает на вход TOSCKI микроконтроллера U1 для измерения частоты выходного сигнала. Измерение частоты выходного сигнала производится каждую секунду. На индикаторе ЖКИ (в данном случае при частоте на входе UHF – 300 МГц и коэффициенте деления K = 2000) выводится значение измеренной частоты и значение установленного коэффициента деления (рис. 16).



Рис. 16

Но, прежде чем включить делитель частоты, микроконтроллер проверяет наличие сигнала на входе "UHF". Для этого предварительно устанавливается коэффициент деления, равный 1000. Если сигнал на входе присутствует, делитель частоты включается с установленным коэффициентом деления. Если сигнал на входе отсутствует или не соответствует параметрам, делитель частоты не включается, а ЖКИ индицирует надпись "NO SIGNAL".

Работа прибора в режиме "TEST".

В этом режиме порт RC5 микроконтроллера U1 программируется

как выход и в него записывается логический 0 или 1 с периодом 5 мкс для частоты 100 кГц, 50 мкс – для частоты 10 кГц, 500 мкс – для частоты 1 кГц, 5 мс – для частоты 100 Гц, 50 мс – для частоты 10 Гц и 500 мс – для частоты 1 Гц. Индикация ЖКИ в режиме "TEST" для частоты



Рис. 17

ты 100 кГц имеет вид (рис. 17).

Работа прибора в режиме генератора пакета импульсов "GEN PULS"

В этом режиме порт RC5 микроконтроллера U1 программируется как выход и на выходе TTL формируются прямоугольные импульсы длительностью 5 мкс и периодом следования 10 мкс. Количество импульсов можно устанавливать от 1 до 65535. Индикация ЖКИ в режиме "GEN PULS" при количестве импульсов на выходе P = 536 имеет вид (рис. 18).



Рис. 18

Работа прибора в режиме генератора одиночного импульса "TIMER".

В этом режиме порт RC5 микроконтроллера U1 программируется как выход и на выходе TTL формируется прямоугольный импульс логической единицы длительностью от 10 мс до 655,35 сек с шагом установки 10 мс. Индикация ЖКИ в режиме "TIMER" при длительности импульса T = 6,3 сек. имеет вид (рис. 19).

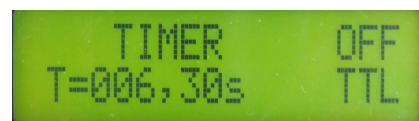


Рис. 19

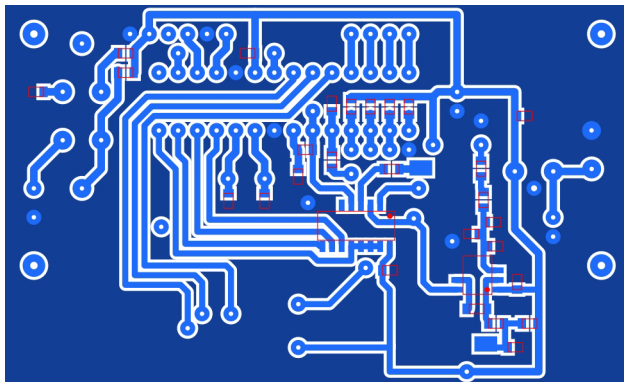


Рис. 20

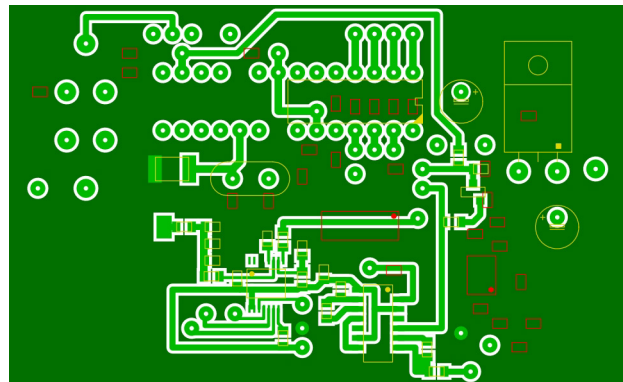


Рис. 21

Монтажная плата двухсторонняя и разведена в программе Sprint-Layout 4.0.

Вид монтажной платы с обратной стороны микроконтроллера см. на **рис. 20**, со стороны микроконтроллера – на **рис. 21**.

Порядок работы

Прибор имеет три кнопки управления:

- включение и выключение функции измерений – “START”
- выбор функции измерений – “RANGE”
- выбор входов – “INPUT”

Измерение сигнала с TTL-уровнем:

- на вход “TTL” подается сигнал с уровнем TTL
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “TTL”
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается функция измерения – “FREQUENCY”
- нажатием кнопки “START” производится включение и выключение измерения
- проводятся измерения.

Измерение частоты аналогового сигнала:

- на вход “VHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “VHF”
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается функция измерения – “FREQUENCY”
- нажатием кнопки “START” производится включение и выключение измерения
- проводятся измерения.

Измерение частоты аналогового сигнала СВЧ:

- на вход “UHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “UHF”
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается функция измерения – “FREQUENCY”
- нажатием кнопки “START” производится включение и выключение измерения
- проводятся измерения.

Измерение абсолютного значения ухода частоты:

- на вход “TTL”, “VHF” или “UHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “TTL”, “VHF” или “UHF”, на который подан сигнал
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается функция – “±FREQUENCY”
- нажатием кнопки “START” производится включение измерения (на индикатор выводится текущее значение ухода частоты в большую или меньшую сторону с периодичностью 1 с)
- нажатием кнопки “START” производится выключение измерения (на индикатор выводится максимальное значение ухода частоты в большую и меньшую стороны)

Счет видеоимпульсов:

- на вход “TTL” или “VHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “TTL” или “VHF”, на который подан сигнал
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается счетчик видеоимпульсов – “COUNTER”

- нажатием кнопки “START” запускается и отключается счетчик видеоимпульсов

- результат счета появляется после отключения счетчика и сохраняется до следующего отключения.

Измерение параметров N-го импульса:

- на вход “TTL” или “VHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “TTL” или “VHF”, на который подан сигнал
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается функция – “PULS-N”
- при последующем нажатии кнопки “RANGE” на индикаторе появляется номер измеряемого импульса “N=001”
- нажатием кнопки “RANGE” или “INPUT” выбирается необходимый номер измеряемого импульса
- нажатием кнопки “START” запускается измерение
- результат измерения (длительности высокого и низкого логического уровня выводятся на индикатор). При повторном нажатии кнопки “START” на индикатор выводится номер измеряемого импульса и количество импульсов в пакете.

Счет радиоимпульсов:

- на вход “VHF” или “UHF” подается сигнал
- нажатием кнопки “INPUT” выбирается вход “VHF” или “UHF”, на который подан сигнал
- нажатием кнопки “RANGE” выбирается счетчик радиоимпульсов – “RF/COUNTER”

ИЗМЕРЕНИЯ

- нажатием кнопки "START" запускается и отключается счетчик радиоимпульсов

- результат счета появляется после отключения счетчика и сохраняется до следующего отключения.

Измерение отношения частот VHF/TTL (для исследований делителей частоты):

- на вход "VHF" подается сигнал (до делителя частоты)

- на вход "TTL" подается сигнал (после делителя частоты)

- нажатием кнопки "RANGE" выбирается функция – "VHF/TTL"

- нажатием кнопки "START" запускается и отключается функция измерения отношения частот. Измерение отношения частот производится циклически (каждые 2 с) с выводом результата на индикатор.

Измерение отношения частот UHF/VHF (для исследований умножителей частоты):

- на вход "UHF" подается сигнал (после умножителя частоты)

- на вход "VHF" подается сигнал (до умножителя частоты)

- нажатием кнопки "RANGE" выбирается функция – "UHF/VHF"

- нажатием кнопки "START" запускается и отключается функция измерения отношения частот. Измерение отношения частот производится циклически (каждые 2 с) с выводом результата на индикатор.

Установка делителя частоты аналогового сигнала ВЧ:

- на вход "VHF" или "UHF" подается сигнал

- нажатием кнопки "INPUT" выбирается вход "VHF" или "UHF", на который подан сигнал

- нажатием кнопки "START" производится включение и выключение делителя частоты (если на входе делителя сигнал отсутствует или не соответствует техническим данным, на индикаторе выводится сообщение "NO SIGNAL")

- нажатием кнопки "RANGE" или "INPUT" выбирается необходимый коэффициент деления

- с выхода "TTL" снимается сигнал после делителя частоты с уровнем TTL

Выбор частоты прямоугольного сигнала в режиме "TEST":

- к выходу TTL подключаем исследуемое устройство

- включаем питание прибора при нажатой кнопке "START"

- кнопкой "RANGE" выбираем необходимую частоту сигнала (100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц). Сигнал поступает на выход TTL.

Выбор количества импульсов пакета в режиме "GEN PULS":

- к выходу TTL подключаем исследуемое устройство

- включаем питание прибора при нажатой кнопке "INPUT"

- выбираем количество импульсов на выходе TTL нажатием кнопки "RANG" или "INPUT" (от 1 до 65535)

- нажатием кнопки "START" запускаем генератор пакета импульсов.

Выбор длительности импульса в режиме "TIMER":

- к выходу TTL подключаем исследуемое устройство

- включаем питание прибора при нажатой кнопке "RANG"

- выбираем длительность импульса на выходе TTL нажатием кнопок "RANG" или "INPUT" (от 10 мс до 65,535 с).

- нажатием кнопки "START" запускаем таймер.

Перечень элементов:

- резисторы R1...R26 – SMD 0805;

- резисторы RV1 – 5к типа SH-655MCL;

- резисторы RV2 – 100 Ом типа SH-655MCL;

- конденсаторы C1...C15 – SMD 0805;

- конденсатор VC1 – 6-30 pF (SMD) типа TSC3P300A110R00;

- конденсаторы C16, C17 электролитические, алюминиевые 100 мкФ 16 В (типа Hitano EHP);

- диоды D1...D6 – BAS316;

- транзистор Q1 – BFS17A;

- ИМС U1 – PIC16F873A-I/D;

- ИМС U2 – LMX2316TM;

- ИМС U3 – 74HC151D (корпус SOIC16);

- ИМС U5 – AD8611ARZ (корпус SOIC8);

- ИМС U4 – 74HC123D (корпус SOIC14);

- ИМС U6 – TL7805;

- LCD1 – WH1602B-YGH_CTK;

- входной разъем ВЧ типа 24 BNC-50-2-20/133 NE;

- кнопки BUT1...BUT3 типа TS-A3PG-130;

- выключатель SW1 типа SW-012103;

- кварцевый резонатор Q1 – типа HC49S 4.000 МГц;

- температурный датчик TMP36;

- гнездо питания 3-227 5,5x2,1 мм;

- гнездо подключения температурного датчика RS/2.

Конструкция прибора

Прибор изготовлен в пластмассовом польском корпусе Z-28. Передняя фальшпанель изготавливается на лазерном принтере, лезвием вырезается прямоугольник размером 70x25 мм для экрана ЖКИ индикатора. Далее ламинируем и вырезаем фальшпанель размером 100x100 мм. Сверлим три отверстия, диаметром 3 мм, под кнопки. Кнопки устанавливаем на фольгированном стеклотекстолите толщиной 1,5 мм и размером 100x12 мм и крепим по краям двумя винтами М3. Приклеиваем фальшпанель к корпусу цианоакрилатным клеем.

Монтажная плата со стороны микроконтроллера имеет вид (рис. 22). На рисунке представлен вид версии прибора v.4.0, монтажная плата третьей версии не отличается от четвертой.

Монтажная плата с обратной стороны микроконтроллера имеет вид (рис. 23).

Внешний вид прибора (рис. 24).

С левой стороны устанавливаем гнездо питания. С правой стороны устанавливаем выключатель SW1. С тыльной стороны прибора установлены коаксиальные ВЧ разъемы. ВЧ разъемы соединены с платой 50-омным экранированным кабелем длиной 90 мм. Центральная жила

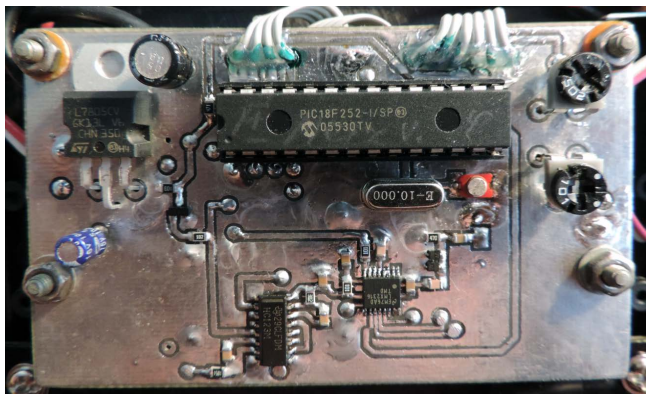


Рис. 22

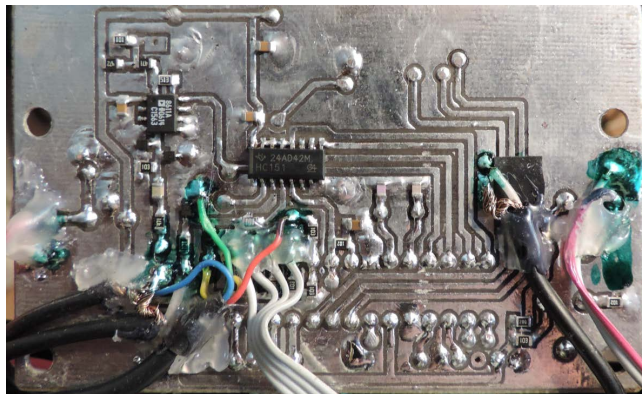


Рис. 23



Рис. 24



Рис. 25

кабеля гнезда TTL подключается к контактной площадке TTL на плате, оплетка подключается к общей шине (GND). Центральная жила кабеля

гнезда VHF подключается к контактной площадке VHF на плате, оплетка подключается к общей шине (GND). Центральная жила кабеля гнезда UHF подключается к контактной площадке UHF на плате, оплетка подключается к общей шине (GND).

Гнездо питания и выключатель соединены с платой проводом МГТФ 0,5.

Блокировочные конденсаторы по цепи питания устанавливаются как можно ближе к питающему выводу микросхем.

Микроконтроллер устанавливается на панельке.

Соединительный кабель для датчика температуры я изготовил из соединительного кабеля нерабочей мыши от компьютера. Температурный датчик TMP36 обтянул термоусадочной трубкой.

Внешний вид датчика температуры имеет вид (рис. 25).

Настройка прибора

Настройка прибора несложная и заключается в следующем:

- установить потенциометром RV1 необходимую контрастность ЖКИ;

- установить потенциометром RV2 необходимую яркость ЖКИ;

- установка минимальной погрешности измерения частоты. Подать на вход TTL прибора с эталонного генератора прямоугольный сигнал с уровнем TTL и частотой 1 000 000 Гц. Подстроечным конденсатором VC1 добиться показаний прибора, близких к 1 000 000 Гц.

- установка минимальной погрешности измерения температуры. Подключить к гнезду RS/2 выносной датчик температуры. Для калибровки я использовал температуру человеческого тела (температурный датчик TMP36 линейный). Подбирая резисторы R6 или R7, добиваемся показаний прибора, близких к температуре тела.

Ресурсы проекта (файл *F_Metr_v30.zip*) вы можете загрузить с сайта нашего журнала:

<http://www.radioliga.com>
(раздел "Программы").



Литература

1. PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers - <http://akizukidenshi.com/download/PIC16F87XA.pdf>
2. PLL atinum™ LowPower Frequency Synthesizerfor RF Personal Communications LMX2306 550 MHz, LMX2316 1.2 GHz, LMX2326 2.8 GHz - <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmx2326.pdf>
3. Ultrafast, 4 ns Single-Supply Comparators AD8611/AD8612 - http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8611_8612.pdf
4. 74HC151; 74HCT151 8-input multiplexer - http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT151.pdf
5. 74HC123; 74HCT12 Dual retriggerable monostable multivibrator with reset - http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT123.pdf
6. WH1602B-YYH-CTK - <http://www.avislab.com/blog/lcd/>
7. Low Voltage Temperature Sensors Data Sheet TMP35/TMP36/TMP37 - http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP35_36_37.pdf