

DCF/HGA/RWM PC-Time Corrector.

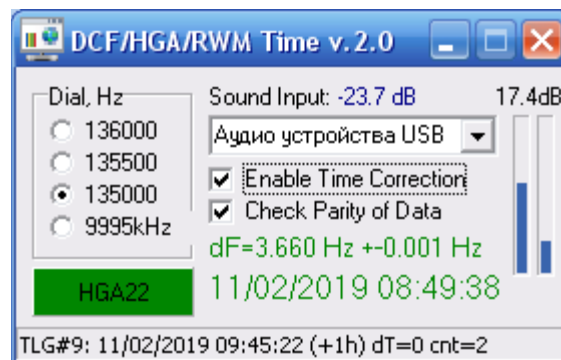
Программа DCFHGATime.exe предназначена для приема сигналов точного времени от служебных длинноволновых радиостанций DCF39 (138830.4 Гц), HGA22 (135430.0 Гц) – RTTY или от коротковолновой радиостанции RWM (4996 кГц, 9996 кГц, 14996 кГц) – CW (A1B). Описание форматов сигналов этих радиостанций приведено в приложении. Предусмотрена возможность коррекции системного времени компьютера по принятому с эфира точному времени.

Вторая функция программы – измерение частоты принимаемого сигнала, что необходимо для калибровки приемника, звуковой карты и программы-спектроанализатора (SpecLab, Argo).

Предполагается, что прием ведется в режиме верхней боковой полосы (USB). Для радиостанции RWM, вещающей в режиме CW, возможен прием как в USB, так и в LSB – нужно лишь выбрать такую частоту настройки приемника, чтобы частота биений НЧ-сигнала на его выходе была равна 1 кГц. То есть, например, для приема частоты 9996 кГц приемник нужно настроить на 9995 кГц USB.

НЧ-сигнал от приемника нужно подать на микрофонный или линейный вход звуковой карты.

Интерфейс программы.



Dial – частота настройки приемника (нулевые биения). Предусмотрены настройки в пределах любительского ДВ-диапазона 2200 м (135000 Гц, 135500 Гц и 136000 Гц). При этом:

- 135000 – прием HGA22. Частота стоповой посылки будет равна 430 Гц, стартовой 770 Гц
- 135500 – прием DCF39. Стоп – 3330.4 Гц, старт – 3670.4 Гц. Как правило, в полосу пропускания приемника будет попадать только стоповая посылка. Это для работы программы является нормальным, однако качество декодирования ухудшается.
- 136000 – прием DCF39. Стоп – 2830.4 Гц, старт – 3170.4 Гц. Здесь также стартовые посылки могут оказаться за полосой пропускания приемника или на ее скате.
- 9995 kHz – прием коротковолновой радиостанции RWM на одной из трех частот: 4996, 9996 или 14996 кГц. Программа ожидает CW сигнал на частоте 1000 Гц. Так как формат передач RWM не содержит в себе полной информации о дате и времени, оказалось возможным реализовать коррекцию времени в пределах одной минуты, по минутным меткам (нажатие

длительностью 500 мс в 00 сек каждой минуты). Поэтому предварительную коррекцию времени (с точностью до минуты) необходимо выполнить вручную.

Sound Input – в раскрывающемся списке нужно выбрать то звуковое устройство, к которому подключен приемник.

Справа от Sound Input выводится **уровень входного сигнала** в дБ. Для нормальной работы программы эта величина должна быть от -50 до -10 дБ. В случае перегрузки по входу (более -6 дБ) цифры станут красными.

Enable Time Correction – галочка разрешает корректировать системное время компьютера. Принятое из эфира время сравнивается с учетом часового пояса и времени года (летнее время) с локальным временем системы, вычисляется их разность **dT**. Если dT не превышает по модулю 1 секунды, время считается правильным, индикатор даты и времени имеет зеленый цвет, в противном случае он становится красным. Для того, чтобы исключить неверную коррекцию системных часов (например, принятая метка времени декодирована ошибочно), ожидается повторный прием (по умолчанию 5 раз) меток времени с таким же dT. Количество совпадений dT выводится в поле **cnt**. Итак, если системное время требует коррекции и cnt=5, то программа корректирует системные часы компьютера.

Внимание! В операционных системах Win7, Win8, Win10 и т.д. программу DCFHGATime.exe следует запускать **от имени Администратора**, иначе коррекция времени может не происходить.

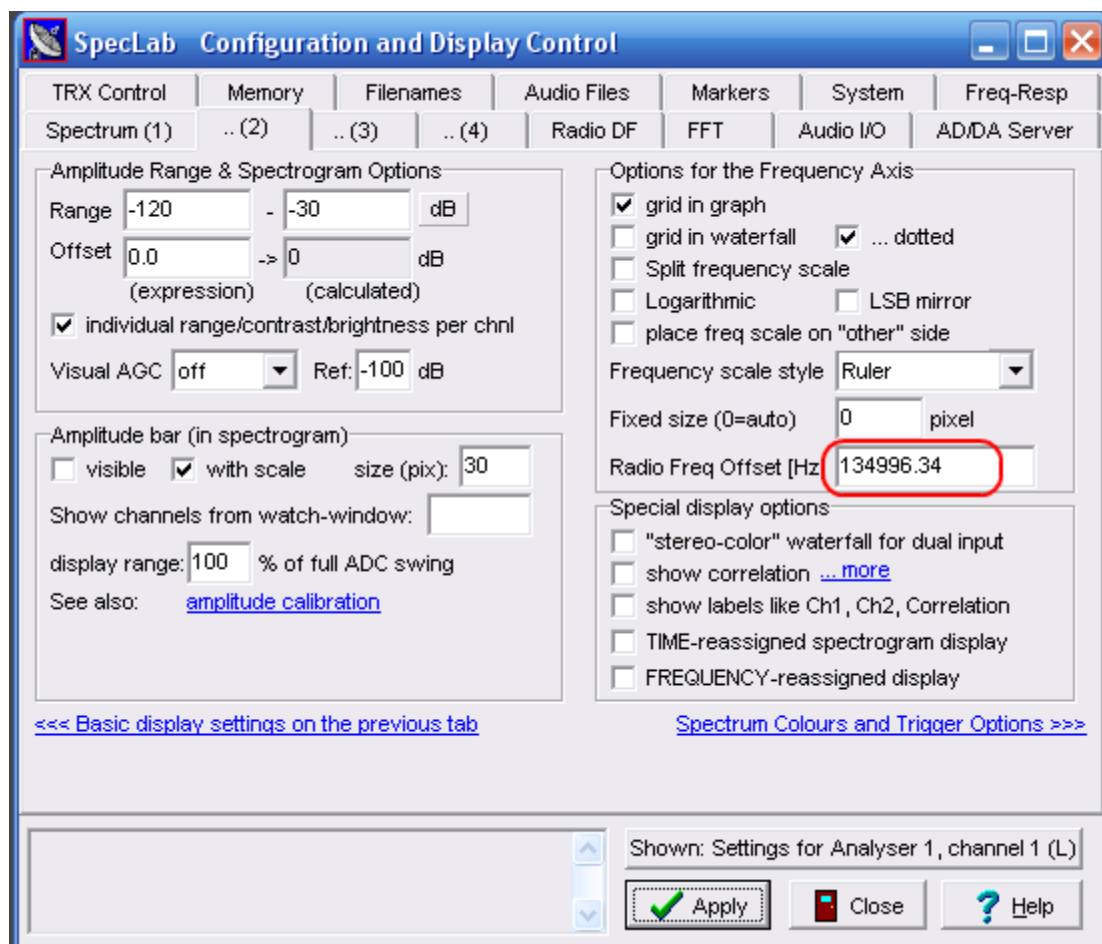
Check Parity of Data – выполнять проверку контрольной суммы принятой метки времени. По умолчанию галочка установлена. Если сигнал станции слабый и декодирование происходит плохо, можно отключить проверку контрольной суммы, что несколько увеличит «чувствительность» приема, однако при этом чаще будет происходить ошибочное декодирование даты/времени. Это «не опасно», так как каждый раз, очевидно, будут декодироваться несовпадающие случайные dT, а значит коррекция системных часов осуществляться не будет.

dF – измеренный частотный сдвиг. Частотный сдвиг вычисляется по известному номиналу частоты стоповых посылок DCF или HGA (которые излучаются большую часть времени), либо по несущей RWM:

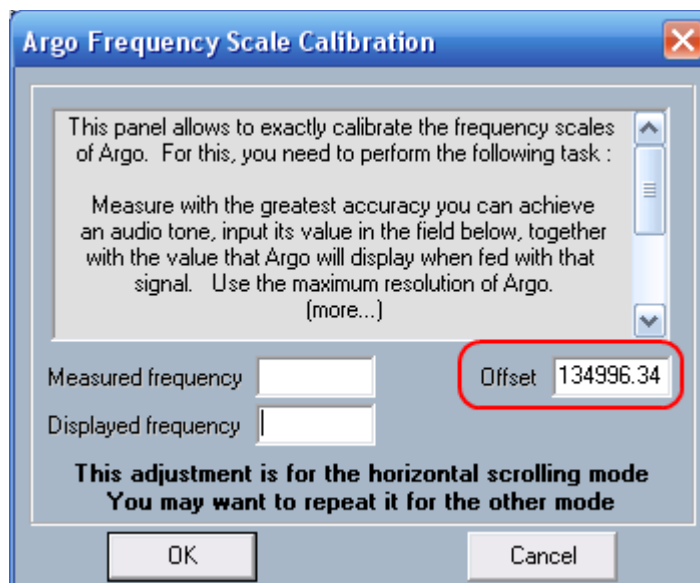
$$dF = F_{\text{measured}} - F_0,$$

где F_{measured} – фактически измеренная частота, F_0 – ее номинал.

Соответственно, полученное значение dF нужно **вычесть** из номинала Dial в SpetrumLab или Argo. Например, для приведенного на скриншоте $dF = 3.660$ Гц в настройках SPL следует указать величину Radio Freq Offset [Hz] = $135000 - 3.660 = 134996.34$ Гц.



Аналогично в Argo: Menu->Setup->Calibration



Результаты измерений обновляются каждые 0.12 секунды, длительность накопления одного ряда измерений 100 сек (точность оценки частоты 0.01 Гц). Применяется усреднение по 1024 измерениям, на экран выводится математическое ожидание dF и оценка точности измерения (доверительный интервал по критерию 3 сигма). Оценка считается хорошей, если разброс ряда измерений не

превосходит 0.01 Гц. Такая точность на стабильном, не дрейфующем по частоте сигнале достигается довольно быстро: например, по сигналу HGA22 при SNR= 21...25 dB это заняло 40 секунд, при SNR=11..13 dB около полутора минут. Наоборот, если гетеродин приемника подвержен медленному дрейфу или блужданию в пределах долей Гц, то даже на сигнале с SNR=40...50 dB оценка частоты будет иметь погрешность около 0.02..0.05 Гц (красный цвет надписи), величина dF будет непрерывно медленно дрейфовать.

Чтобы быть уверенным, что значение действительно точное, следует подождать 3-5 минут.

Измеренный частотный сдвиг, если погрешность измерений меньше 0.01 Гц, помещается один раз в минуту в файл df.txt. Это может быть полезно в будущем для автоматической калибровки.

При переключении Dial измерения dF сбрасываются и начинаются по новой.

Дата/время – текущее системное время компьютера с учетом часового пояса. Если время нуждается в коррекции – цвет красный, если время правильное – зеленый. Если отсутствует прием меток времени – синий.

В правой части сверху выводится величина отношения сигнал/шум **SNR** принимаемого сигнала. SNR вычисляется как отношение уровня сигнала с выхода полосового фильтра (полоса 50 Гц) канала частотомера U_f (“сигнал”) к уровню во всей полосе U (“сигнал+шум”) по формуле:

$$SNR = 20 \log (U_f / (U - U_f)) + 15$$

Нормальная работа декодера DCF/HGA начинается при SNR>15...20 dB. Качество работы RTTY-демодулятора программы DCFHGATime.exe несколько превосходит известную программу MixW, обеспечивая большее количество правильно декодированных телеграмм в равных условиях.

Измерение частотного сдвига и подстройка секунд по RWM возможно и при значительно меньших уровнях SNR>3 дБ.

Справа, ниже SNR, выводятся **уровни с выходов фильтров** «стоп» и «старт» в виде вертикальных столбиков. Это позволяет наглядно судить о наличии сигнала станции в эфире. Ниже при наличии импульсных помех кратковременно возникает символ молнии.

Поле DCF-HGA-RWM с названием принимаемой станции отображает работу демодулятора/декодера:

- **серый** цвет: несущая отсутствует
- **зеленый** цвет: прием стоповой посылки
- **ярко-зеленый** цвет: старт приема информации DCF/HGA или прием минутной метки

RWM, либо прием несущей RWM.

- **желтый** цвет: прием информации закончился с ошибкой, либо в канале присутствует манипуляция (RWM).

В строке состояния выводятся декодированные телеграммы DCF-HGA либо сообщения о приеме минутных меток RWM и о величине расхождения системного и эфирного времени dT.

Настройки в INI-файле программы.

Программа создает INI-файл DCFHGATime.INI, в котором хранятся следующие настройки:

[FILE]

PATH=TimeLog.txt - файл журнала работы программы
DF_PATH=df.txt - файл, куда будет помещаться измеренный сдвиг частоты

[AUDIO]

SND_INPUT=0 - выбранное звуковое устройство

[TIME_CORRECTION]

ENABLE=1 - коррекция времени включена (1-да, 0-нет)
EU_GMT_TIME_DIF=1 - разница между центрально-европейским временем и GMT, ч
COUNT_DT_EQUAL=5 - кол-во совпадений dT для осуществления коррекции

[FREQ]

DIAL=9995 - частота настройки приемника (136000, 135500, 135000, 9995)

[DATA]

PARITY_CHECK_ENABLE=1 - проверять контрольную сумму телеграмм DCF-HGA

Некоторые подробности реализации алгоритма

Частота дискретизации звуковой карты 12000 sps. Вычисляется средний уровень сигнала. Если отсчет превышает по модулю средний уровень более чем в 3 раза, то он заменяется нулем. Таким способом осуществляется подавление импульсных помех.

Далее использованы методы наших отцов и дедов – RTTY демодулятор на двух фильтрах с детекторами, частотомер в виде фильтра и счетчика переходов сигнала через ноль. Оказалось, при

всей своей простоте и «субоптимальности» это работает очень хорошо, ничем не хуже «набивших оскмину» FFT и квадратур I-Q.

Параметры фильтров.

Фильтры RTTY:

- полоса 200 Гц,
- разнос между фильтрами 340 Гц.
- реализация – КИХ-фильтр, 65 отводов.

Фильтр CW (для RWM):

- полоса 50 Гц,
- КИХ-фильтр, 65 отводов

Фильтр частотомера:

- полоса 50 Гц
- БИХ-фильтр с 2 полюсами (колебательный контур)

Выходы фильтров RTTY и CW подаются на амплитудный детектор (функция `fabs()`) и далее на простейшие ФНЧ 1-го порядка (БИХ-фильтр вида $y=0.9y + 0.1x$) – аналог RC-цепочки. Эти фильтры сглаживают сигнал.

Далее происходит вычитание отсчетов выхода первого и второго RTTY фильтров, знак разности дает оценку передаваемой посылки 1 или 0. ($s=\text{sign}(x_1-x_2)$)

Одновременно выход 1-го фильтра сравнивается с половиной величины его сглаженной амплитуды. Если отсчет больше половины, то значит в этом канале идет посылка, 1. Иначе посылки здесь нет и это 0. Это телеграфный (одночастотный, CW) демодулятор. ($s=\text{sign}(x_1-y_1/2)$)

Если, как выше говорилось, вторая частота телетайпного сигнала оказывается за полосой пропускания приемника, то выход 1-го фильтра всегда будет преобладать над выходом второго, значит результат их вычитания будет давать информационный сигнал из одних 1.

Сравним теперь выходы RTTY и CW демодуляторов. Если с RTTY идет 1, а с CW идет 0 – значит, действительно, вторая частота за полосой приема и мы будем считать, что передается 0 в этом случае. Если же с обоих демодуляторов идут 1 и 1 – то, конечно, передается 1.

Далее поток 1 и 0 поступает в медианный фильтр. Это реверсивный счетчик, который увеличивается при поступлении 1 и уменьшается при поступлении 0. Его счет ограничен величиной +10 и -10. Если счетчик >0 , то на выходе медианного фильтра 1, иначе 0. Медианная фильтрация избавляет от дрожания и дробления сигнала.

Частотомер подсчитывает количество переходов выходного сигнала фильтра через ноль (от + к – и от – к +). Второй счетчик считает общее количество отсчетов. Каждые две секунды вычисляется оценка частоты

$$F = 12000 * (N_{\text{zero}}/2) / N,$$

где 12000 – частота дискретизации

N_{zero} – количество переходов -+ и +-

N – количество отсчетов

Счет продолжается на интервале 100 секунд. Затем для защиты от переполнения счетчиков и отслеживания дрейфа частоты значения N_{zero} и N делятся на два и счет продолжается следующие 100 секунд. Оценки частоты, обновляемые каждые 0.12 секунды, заносятся в кольцевой буфер из 1024 ячеек. Таким образом в буфере хранятся данные за 123 сек (2 минуты). По имеющимся в буфере оценкам каждый раз вычисляется усредненное значение F_{measured} и среднеквадратическое отклонение.

RWM, Moscow, Russia

Frequencies: 4996, 9996, 14996 kHz
 Carrier accuracy: $\Delta f / f < 1 \times 10^{-11}$
 Call sign: RWM
 Location: Moscow, 55° 48' n, 38° 18' e
 Operating hours: Continuous
 Power: 5 kW on 4996 and 9996 kHz, 8 kW on 14996 kHz
 Modulation: On-off keying (A1B)
 Identification signal: Call sign in Morse in minutes 09 and 39
 Programme: Schedule repeats every 30 minutes, see Table 13
 Time code: None

00m00s - 07m55s	30m00s - 37m55s	Unmodulated carrier
08m00s - 09m00s	38m00s - 39m00s	No transmission
09m00s - 09m55s	39m00s - 40m55s	"rwm rwm rwm ..." in Morse code (before 2004: "vvv cq cq cq de rwm rwm rwm")
10m00s - 19m55s	40m00s - 49m55s	1 Hz pulses with UT1-UTC code, see Figure 5. Pulse duration = 100 ms, minute pulse = 500 ms
20m00s - 29m55s	50m00s - 59m55s	10 Hz pulses. Duration = 20 ms, second pulse = 40 ms, minute pulse = 500 ms

Table 13. RWM hourly transmission schedule

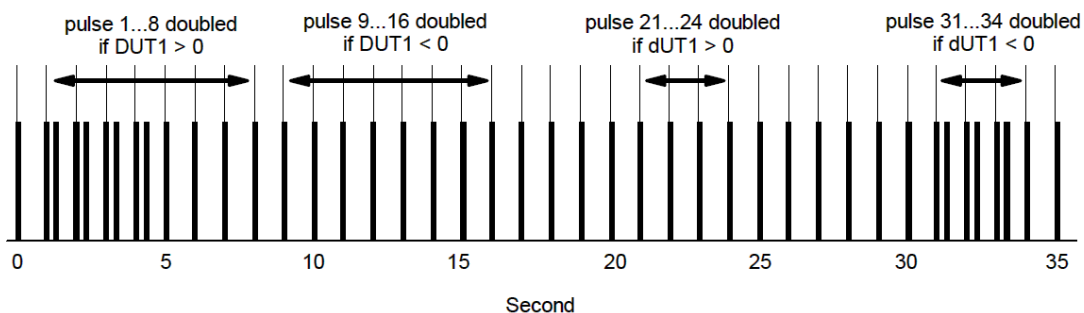


Figure 5. Coding of the deviation between astronomical time UT1 and atomic time UTC. The difference in seconds is given by $0.1 \times \text{DUT1} + 0.02 \times \text{dUT1}$. In this example, DUT1 is +4 and dUT1 is -3, hence $\text{UT1} - \text{UTC} = +0.34$ seconds.