

Мобильный стандарт частоты

FS017

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

61002 Украина, м. Харьков, ул. Мироносицкая, 42

2017

Мобильный стандарт частоты FS017 предназначен для использования в качестве высокостабильного источника сигнала для поверки и калибровки генераторных устройств, частотно-временной измерительной аппаратуры и другого оборудования, синхронизации телекоммуникационных систем и систем навигации.

Основные области применения: метрология, приборостроение, связь, системы точного определения координат и т.п.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Номинальное значение частоты выходного синусоидального сигнала: 10 МГц, 5 МГц.

Относительная погрешность по частоте на выходе 10 МГц (5 МГц) при выпуске: не более $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.

Относительная погрешность по частоте в межповерочный (межкалибровочный) интервал времени (1 год) - не более $\pm 7 \cdot 10^{-11}$.

Среднеквадратическое относительное отклонение частоты за время измерения:

– 1 с – не более $\pm 2 \cdot 10^{-11}$;

– 10 с – не более $\pm 1 \cdot 10^{-11}$;

– 100 с – не более $\pm 2 \cdot 10^{-12}$;

– 1 сутки – не более $\pm 5 \cdot 10^{-13}$.

Электропитание прибора осуществляется от сети переменного тока 220 В, ($\pm 10\%$), (50 ± 2) Гц. Потребляемая мощность – не более 50 Вт.

Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах, указанных в настоящем разделе, в нормальных условиях эксплуатации, по истечении времени установления рабочего режима, равного 1 часу.

Прибор допускает непрерывную круглосуточную работу в рабочих условиях эксплуатации.

Нормальные условия эксплуатации:

– температура окружающего воздуха: (20 ± 5) °С;

– относительная влажность воздуха: до 80%;

– атмосферное давление: (85 – 105) кПа.

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха - от +5°С до +40°С;

- относительная влажность воздуха - до 90%.

Срок службы - не менее 15 лет.

2. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О МОБИЛЬНОМ СТАНДАРТЕ ЧАСТОТЫ

Основу мобильного стандарта частоты FS017 составляет высокоточный и высокостабильный генератор частоты в виде отдельного рубидиевого модуля PRS10, производства компании Stanford Research Systems (США). Данный генератор отличается от конкурентов ультранизкими значениями спектральной плотности мощности фазового шума (-130 дБ / Гц на частоте отстройки 10 Гц), повышенным сроком эксплуатации рубидиевого газоразрядной лампы (20 лет).

Низкий фазовый шум модуля обусловлен тем, что в отличие от большинства аналогичных генераторов встроенный кварцевый генератор, частота которого управляется с помощью рубидиевого газоразрядной лампы, работает не на первой, а на третьей гармонике. Повышенный ресурс рубидиевого газоразрядной лампы обеспечивается ее усовершенствованной конструкцией с боковым отводом. Такая конструкция, в отличие от классической лампы сферической формы, позволяет загрузить увеличен примерно в 10 раз запас рубидия.

Мобильный стандарт частоты FS017 имеет частотные выходы 1 Гц, 5 МГц и 10 МГц.

Мониторинг состояния прибора и управление его работой осуществляется встроенным персональным компьютером (RASPBERRY PI 3 MODEL B) на базе операционной системы Linux. Программное обеспечение для управления стандартом написано на встроенном в систему Linux языке Python 3.4 и поставляется с открытым исходным кодом, доступным для изменения программы и ее модификации.

Время выхода прибора на рабочий режим (прогрев рубидиевой ячейки) для обеспечения погрешности по частоте не более $\pm 5 \cdot 10^{-11}$ составляет всего 10 минут. Наличие входа для внешнего опорного сигнала 1 Гц позволяет производить синхронизацию прибора по более точному источнику. Для этих целей могут использоваться водородные и цезиевые стандарты частоты, а также сигналы, поступающие с приемников систем глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС. Метки времени 1 Гц с приемников GPS/ГЛОНАСС имеют долговременную стабильность до 10^{-12} . Поскольку кратковременная нестабильность сигнала GPS/ГЛОНАСС намного хуже, чем у встроенного рубидиевого генератора PRS10, то для синхронизации прибор использует схему фазовой автоподстройки частоты с программируемой постоянной времени (от 8 минут до 18 часов), что уменьшает нестабильность опорного сигнала 1 Гц путем усреднения. При получении внешнего опорного сигнала 1 Гц стандарт частоты синхронизируется по нему, проводит накопление статистики по отклонению внутренней частоты от опорной за время, заданное постоянной времени, и затем перестраивает свою выходную частоту до совпадения с опорной. Если по каким-либо причинам происходит отключение опорного внешнего сигнала (например, пропадание сигнала спутника), то стандарт в течение 72 часов сохраняет погрешность по частоте не более 1×10^{-11} .

Конструкция встроенного рубидиевого модуля PRS10 показана на рис. 1.

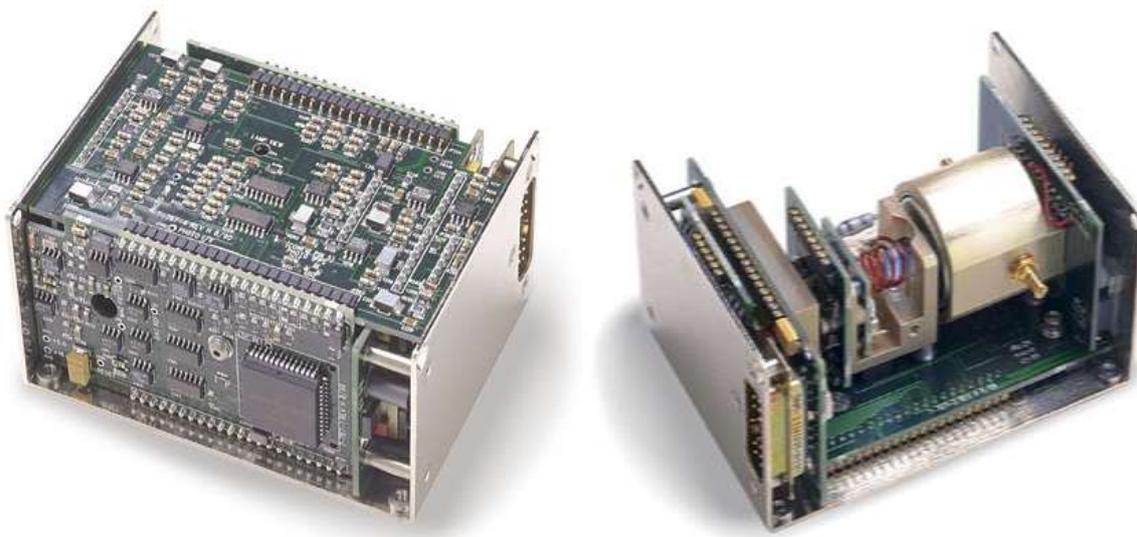


Рисунок 1 – Конструкция встроенного рубидиевого модуля PRS10

Функциональная схема мобильного стандарта частоты показана на рис. 2.

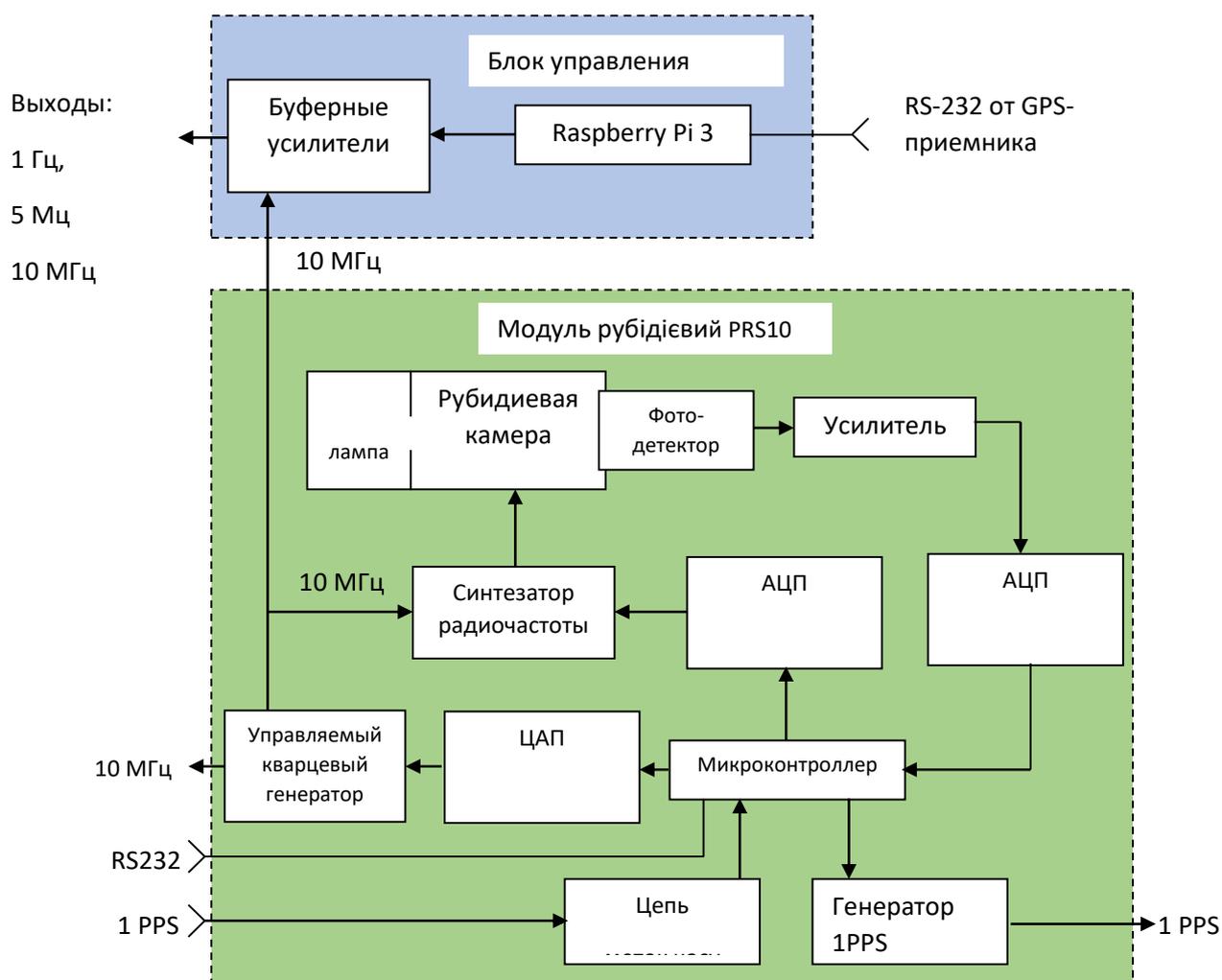


Рисунок 2 – Функциональная схема стандарта частоты FS017

2. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ СТАНДАРТОМ ЧАСТОТЫ

2.1 Основное меню программы управления

Основное меню программы находится слева и состоит из следующих вкладок:

«*Главная*» – главное окно программы, в котором показаны основные текущие параметры мобильного стандарта частоты.

«*GPS*» – в этом окне показана информация, полученная от gps-приемника (текущие координаты приемника, видимые спутники и т.д.).

«*RUB*» – это окно отображает информацию, полученную от рубидиевого модуля.

«*NTP*» – окно с информацией о работе встроенного ntp-сервера.

«*Настройки*» – окно с настройками, позволяет настроить gps-приемник, рубидиевый модуль, встроенный ntp-сервер и общие настройки программы управления.

«*Перезагрузить/Выключить*» – рекомендуется делать перезагрузку и выключение стандарта частоты *только* с помощью этих команд меню (для корректного завершения работы операционной системы).

2.2 Главное окно программы

Главное окно программы управления мобильным стандартом частоты FS-017 показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Главное окно программы мобильного стандарта частоты

Главное окно программы управления стандартом частоты разделено на три области (рис. 2 – 4).



Рисунок 2 – Верхняя область главного окна программы

В верхней области отображается текущее время, внутренняя температура рубидиевого модуля ($T_{\text{модуля}}$), наружная температура (от наружного датчика температуры – $T_{\text{наружная}}$) и текущая влажность от наружного датчика.

Примечание: внутри рубидиевого модуля PRS10 находится собственный внутренний термостат, который поддерживает температуру около 70 °С. При резких изменениях наружной температуры, термостату требуется время на отработку изменения наружной температуры. Для получения лучших метрологических характеристик мобильного стандарта частоты, его наружную температуру следует поддерживать максимально стабильной.

В средней области показан график отклонения частоты рубидиевого модуля в единицах 12 знака (см. параметр SF User manual PRS10). График отображает последние 30 измеренных значений отклонения частоты, интервал между каждой точкой измерений равен 2 секундам.



Примечание: если рубидиевый модуль отключен в основных настройках программы или программе не удалось подключиться к модулю по указанному порту, средняя область с графиком отклонения частоты рубидиевого модуля будет скрыта.

2.4 Окно «RUB»

В этом окне показаны основные параметры, полученные от рубидиевого модуля PRS-10. Окно состоит из двух вкладок:

– «Байты состояния модуля» – визуальное представление шести байт статуса рубидиевого модуля (см. параметр «ST» User manual PRS10). Эти байты отображают так называемое состояние «здоровья» рубидиевого модуля. Внимательно следите за состоянием этих шести байт статуса, в аварийных ситуациях красным цветом будет выведена текущая ошибка рубидиевого модуля.

В штатном режиме работы красным цветом будет выделена только одна строка – «PLL active», которая говорит о том, что внешний опорный сигнал захвачен и рубидиевый модуль производит автоподстройку своей частоты по внешнему опорному сигналу.

Более детальное описание шести байт статуса смотрите в User manual PRS10 (команда «ST»).



– «Графики параметров модуля». В этой вкладке в виде графиков показаны все внутренние параметры рубидиевого модуля. Размер графика – 360 точек, каждая точка с интервалом 30 секунд, т. е. каждый график отображает выбранный параметр за последние 3 часа. График обновляется каждый раз, при активации текущей вкладки (при переключении между вкладками) или при выборе другого значения в выпадающем списке параметров. Названия всех параметров в выпадающем списке графиков идентичны названиям в User manual PRS10.

2.5 Окно NTP

Network Time Protocol (NTP) – сетевой протокол для синхронизации времени с использованием сетей с переменной шириной (качеством канала). NTP использует для своей работы протокол UDP и порт 123. Данный протокол позволяет синхронизировать время удаленных компьютеров с мобильным стандартом частоты FS-017 с помощью локальной сети или сети Internet.

Эта вкладка показывает (в виде таблицы) текущие характеристики встроенного ntp-сервера (рис. 7).

Рисунок 7 – Содержание вкладки NTP

В таблице указаны следующие характеристики:

«**Remote**» – имя удаленного NTP-сервера, с которым производится синхронизация.

«**Refid**» – указывает источник, откуда каждый сервер получает время в данный момент. Это может быть имя хоста, GPS, или атомный стандарт частоты.

«**St**» – stratum (уровень) это число от 0 до 16, указывающее на точность сервера. Ноль означает максимальную точность, 16 – сервер недоступен или работает некорректно.

«**Poll**» – интервал между опросами сервера (в секундах). Значение будет изменяться между минимальной и максимальной частотой опросов. В начале интервал будет маленьким, чтобы синхронизация происходила быстро.

«**Reach**» – восьмеричное представление массива из 8 бит, отражающего результаты последних восьми попыток соединения с сервером. Бит выставлен, если удаленный сервер ответил. Если все попытки синхронизации были удачны – максимальное значение 377.

«**Delay**» – задержка в миллисекундах получения ответа от сервера.

«**Offset**» –разница в миллисекундах между временем локального и удаленного серверов. В ходе синхронизации это значение должно понижаться (приближаться к нулю), указывая на то, что локальные часы идут все точнее.

«**Jitter**» – дисперсия, мера статистических отклонений от значения смещения (поле offset) по нескольким успешным парам запрос-ответ. Меньшее значение дисперсии предпочтительнее, поскольку позволяет точнее синхронизировать время.

Более детальную информацию смотрите в описании ntp-сервиса ОС Linux.

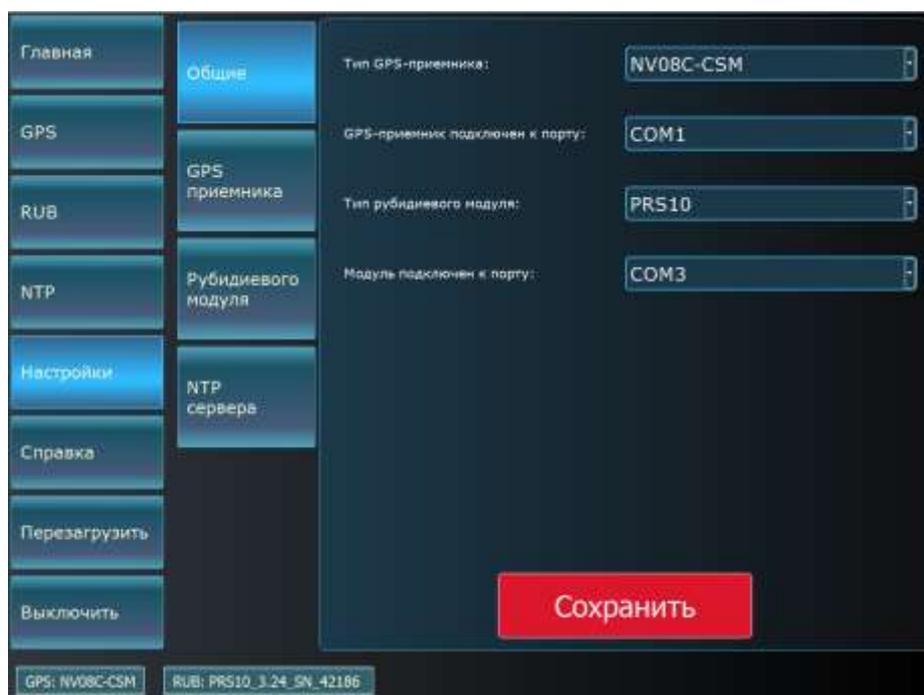
2.6 Окно Настройки

В этом окне производятся все настройки стандарта частоты.

Вкладка «**Общие**» позволяет сделать следующие настройки:

- Выбрать схему подключения gps-приемника (для стандарта частоты, ntp-сервера или отключить gps-приемник)
- Выбрать тип рубидиевого модуля, или отключить его.
- Если мобильному стандарту удалось связаться с рубидиевым модулем и gps-приемником, будут показаны порты, к которым подключены эти устройства.
- Чекбокс «*Синхронизировать время каждый час по GPS*» включает или выключает установку системного времени по времени GPS-приемника в начале каждого часа.

Если Вы используете стандарт в качестве NTP-сервера, **отключайте синхронизацию** времени каждый час от приемника, т.к. в этом случае собственное время стандарта будет более плавно подстраиваться с помощью сервиса ntpd. Если Вы не используете ntp-сервер, или стандарт не подключен к локальной сети – включите синхронизацию каждый час по времени gps-приемника. Однако ошибка синхронизации времени в этом случае будет намного больше, по сравнению с синхронизацией ntp,

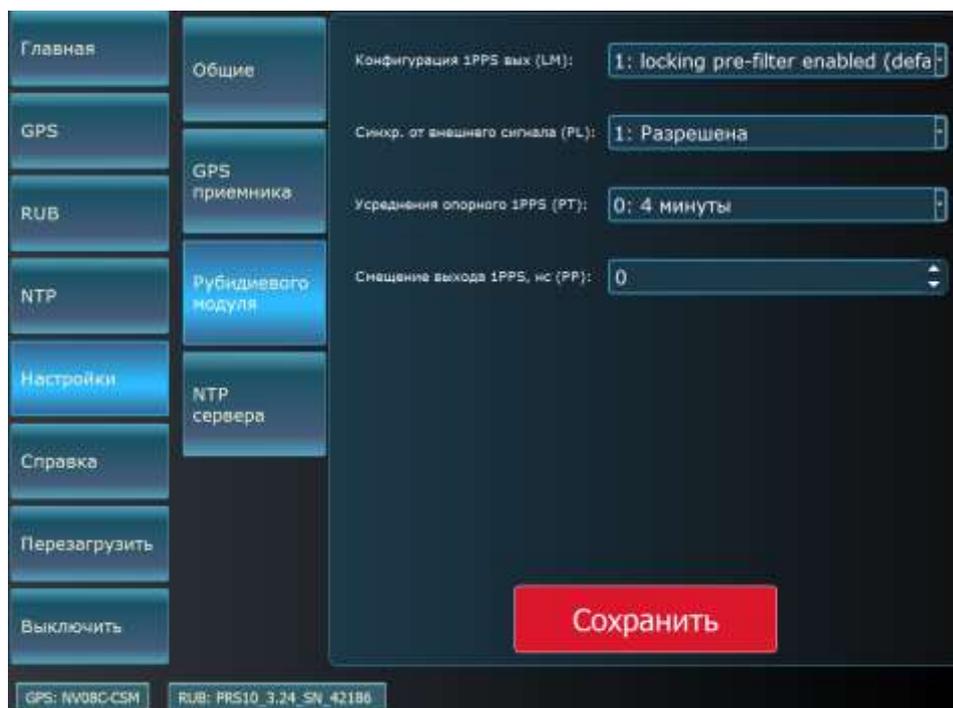


Примечание: если в общих настройках Вы отключите gps-приемник, рубидиевый модуль, или стандарту не удалось установить соединение – в нижней строке статуса будет сообщение о неудачном подключении, а соответствующий пункт основного меню (RUB или GPS) будет не активным и выделен черным цветом).

Вкладка «**GPS**» позволяет произвести необходимые настройки приемника (систему координат, навигационную систему, угол закрытия антенны, задержку антенного кабеля и т.д.).



Вкладка «**RUB**» позволяет произвести необходимые настройки рубидиевого модуля PRS10 (в скобках названий указаны команды управления в соответствии с User manual PRS10).



Поле «**Конфигурация 1PPS**» позволяет включить или выключить выход сигнала 1 Гц рубидиевого модуля.

Поле **«Синхр. от внешнего сигнала»** позволяет разрешить или запретить синхронизацию рубидиевого модуля от внешнего опорного источника 1 Гц (gps-приемника или другого источника 1 Гц). Если Вы выберете опцию – отключить, рубидиевый модуль будет формировать выходную частоту автономно, без подстройки частоты по опорному сигналу.

Поле **«Усреднения опорного 1PPS»** позволяет выбрать, за какой интервал времени происходит усреднение внешнего опорного сигнала для подстройки частоты рубидиевого модуля.

Интервал усреднения внешнего опорного сигнала следует выбирать исходя из характеристик источника опорного сигнала. Большой интервал усреднения уменьшает шум опорного источника (случайная составляющая погрешности), однако вносит систематическую составляющую погрешности (например, при синхронизации от gps-приемника, большой интервал усреднения будет вносить погрешность за счет суточных изменений атмосферной задержки). Таким образом, время усреднения внешнего опорного сигнала следует подбирать экспериментально для каждого конкретного источника опорного сигнала, исследуя метрологические характеристики частотных выходов стандарта частоты с конкретным источником опоры и разным временем усреднения.

Поле **«Смещение выхода 1PPS»** позволяет смещать фазу выходного сигнала 1 Гц стандарта частоты от 0 до 999999999 нс, с дискретностью 1 нс.

Вкладка **«Настройки» – «Сети»** предназначена для настройки конфигурации сетевого подключения стандарта частоты.

Вкладка **«Настройки» – «NTP-сервера»** позволяет произвести настройки встроенного ntp-сервера. Существуют два варианта конфигурации ntp-сервиса:

- Синхронизация времени по шкале UTC(UA),
- Синхронизация времени только от gps-приемника.

Обе конфигурации вызываются соответствующими кнопками вкладки настройки NTP-сервера. Редактировать конфигурацию нужно в окне просмотра. После изменения конфигурации, новые настройки вступят в силу после перезагрузки.

Детальное описание конфигурации ntp-сервиса смотрите в официальной документации ОС Linux в описании файла настроек ***ntp.conf***.

В нижней части окна программы находится строка состояния, которая разделена на две части:

«GPS» – здесь выводятся сообщения пользователю, которые относятся к работе и настройке gps-приемника.

«RUB» – здесь выводятся сообщения пользователю, которые относятся к работе и настройке внутреннего рубидиевого модуля PRS10.

GPS: NV08C-CSM

RUB: PRS10_3.24_SN_42186

2.7 Отключение дисплея

Включать или выключать дисплей мобильного стандарта можно из основной программы. Для этого:

- на задней панели тумблер «дисплей» переключите в нижнее положение;
- в этом положении переключателя, кнопка «*» на матричной клавиатуре будет включать/выключать дисплей. Удерживайте эту кнопку две секунды для включения или выключения дисплея.
- для принудительного включения дисплея переведите тумблер «дисплей» на задней панели в верхнее положение.

Примечание: если тумблер «дисплей» на задней панели находится в нижнем положении – включение дисплея происходит только управляющей программой. Если и при последней загрузке программы дисплей был выключен кнопкой «», при следующей перезагрузке он включится только после полного запуска основной программы стандарта частоты, что займет около 30 секунд. Для того, чтоб дисплей работал сразу при включении питания – переключите тумблер «дисплей» на обратной панели обратно в верхнее положение («дисплей включен всегда»).*

2.8 Возможные проблемы запуска программы

Операционная система Linux и основная программа стандарта частоты находятся на карте памяти microSD 8 Гб. Все файлы программы находятся в папке:

/home/pi/mobileStandard

Основная программа стандарта частоты запускается автоматически при загрузке операционной системы. Скрипт запуска программы находится в файле:

/home/pi/mobileStandard/launch_mobile_standard.sh

Если в результате сбоя программы она не запускается – вывод ошибок программы сохраняется в лог-файл стандарта частоты:

/home/pi/mobileStandard/fs017_logfile.txt

Лог-файл автоматически очищается при каждой новой загрузке операционной системы, т.к. с течением времени этот файл может достигать больших размеров и хранить старую и ненужную информацию.

Если программа мобильного стандарта не запускается при загрузке операционной системы, выполните следующие действия:

- нажмите на клавиатуре одновременно сочетание клавиш «Ctrl» + «Alt» + «t», запустится текстовая консоль;
- введите команду «sudo mc» и нажмите «Enter», запустится файловый менеджер «Midnight Commander».
- перейдите в папку «/home/pi/mobileStandard/» и посмотрите содержание файла **fs017_logfile.txt**, в котором будут содержаться сообщения об ошибке запуска программы.

2.9 Резервная копия системы с программой мобильного стандарта

В случае повреждения карты памяти microSD с операционной системой и программой стандарта, восстановить систему на рабочую карту памяти можно из файла-образа с операционной системой «FS-017.rdr»:

- проверьте на другом компьютере исправность карты памяти мобильного стандарта. Если карта памяти не исправна – замените ее новой картой памяти microSD 8 Гб.

- скачайте образ SD карты. Файл образа представляет собой архив ZIP.

- распакуйте полученный архив. Внутри находится файл с расширением RDR. Это и есть образ SD карты.

- вставьте карту в картридер и подключите его к компьютеру. Откройте программу Windows Explorer и посмотрите, какая буква диска присвоена вашей карте. Кроме того, если на карте памяти уже что-то было записано, то лучше будет её отформатировать, чтобы избежать проблем на следующих шагах.

- скачайте программу R-Drive Image.

- распакуйте полученный архив и запустите программу. Лучше будет запустить ее с правами Администратора.

- выберите функцию «восстановить из образа» и укажите программе, где лежит распакованный образ SD карты.

- укажите также букву диска SD карты. Очень важно здесь не ошибиться, т.к. при неправильно указанной букве вы потеряете данные на жестком диске компьютера!

- нажмите кнопку Next и подождите до окончания процесса записи.

- закройте R-Drive Image и отключите картридер с помощью «Безопасного извлечения устройства».

- вставьте карту памяти в мобильный стандарт, включите и он загрузится.