

# Синтезатор частот Г7-РСС13

## Руководство по эксплуатации

Версия 1 | июнь 2025



## Оглавление

Обзор .....	3
Руководство по эксплуатации пульта дистанционного управления .....	3
1. Быстрый старт.....	4
2. SCPI команды .....	6
3. Обновление прошивки .....	13

## Обзор

Синтезатор Г7-РСС13 состоит из двух блоков: плата управления на базе микроконтроллера и ВЧ-модуля на базе трех ФАПЧ-контуров. Первая петля ФАПЧ с очень узкой полосой используется для стабилизации внешнего опорного сигнала и генерации высококачественного внутреннего сигнала 100 МГц.

Вторая петля ФАПЧ с частотным смещением используется для получения сигнала с высоким разрешением по частоте. Этот сигнал поступает на третью N-целочисленную ФАПЧ, за которой следует переменный аттенюатор и усилитель.

Сигналы низкой полосы частот подаются непосредственно от DDS, который используется во второй петле ФАПЧ.

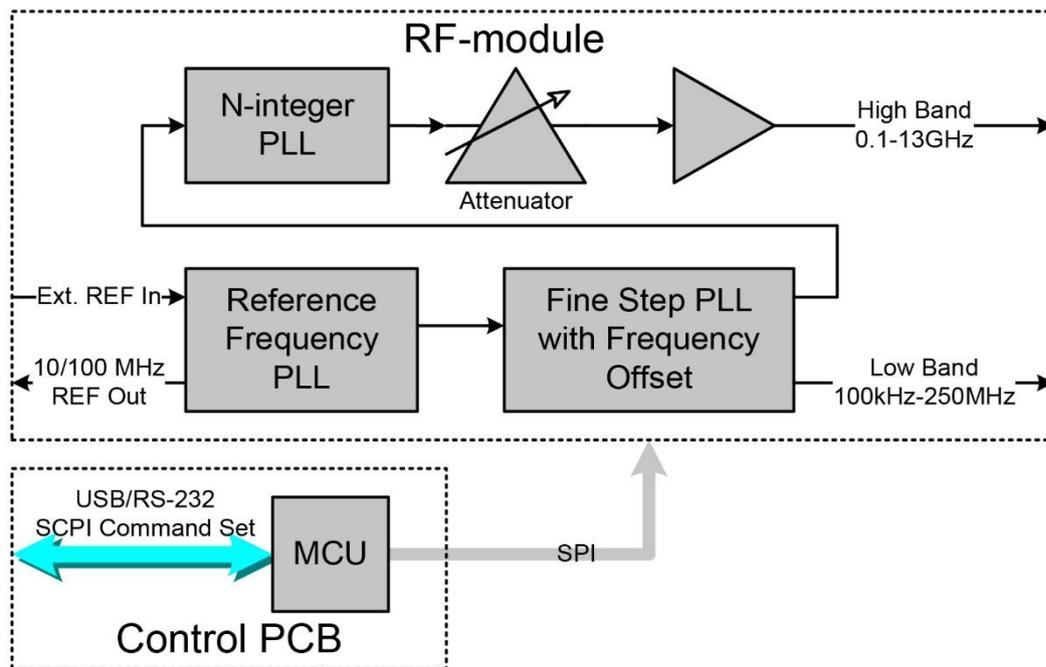


Рисунок 1: Блок-схема синтезатора Г7-РСС13

## Руководство по эксплуатации пульта дистанционного управления

Дистанционное управление синтезатором Г7-РСС13 основано на протоколе SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). Оно реализовано через интерфейсы RS-232 и USB, расположенные на задней панели прибора, рис. 1 (USB в ОС отображаются как COM-порт), поэтому им можно легко управлять с помощью любого программного обеспечения, имеющего доступ к COM-порту ПК. Активным может быть только один порт, выбор осуществляется автоматически и остается неизменным до выключения питания. Выбор активного порта происходит, когда любой байт поступает на один из портов (не

обязательно действительная команда). Соединение через USB реализуется с помощью моста USB-UART, поэтому с точки зрения программного обеспечения ПК он выглядит как COM-порт, рис. 2. Этот метод требует установки драйвера (интегральная схема CP2102). Драйвер доступен для следующих ОС: Win2K/XP/2K3, Vista, Windows 7, Mac OS, Linux 3.1. Драйвер (его последнюю версию) можно загрузить с сайта производителя моста CP2102 компании Silicon Labs.



Рисунок 2: Задняя панель

## 1. Быстрый старт

В качестве простого приложения для дистанционного управления можно использовать стандартное приложение Windows - HyperTerminal (Пуск → Программы → Аксессуары → Связь → HyperTerminal) для отправки SCPI-команд на прибор, рис. 3. Настройки COM-порта следующие: 115200 бит/с, 8 бит данных, четность отсутствует, 1 стоповый бит, управление потоком отсутствует, рис. 4.

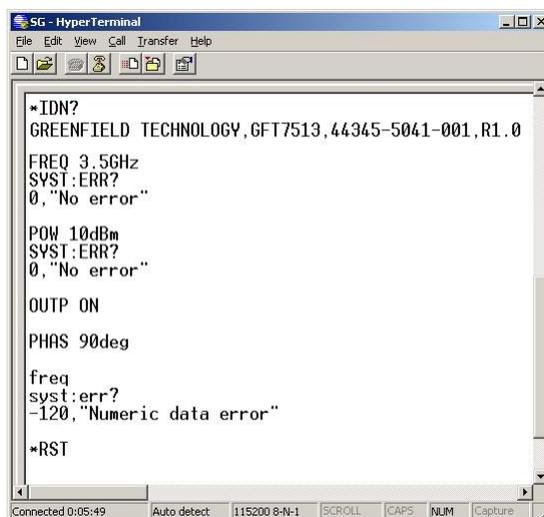


Рисунок 1: Пример дистанционного управления с помощью приложения HyperTerminal

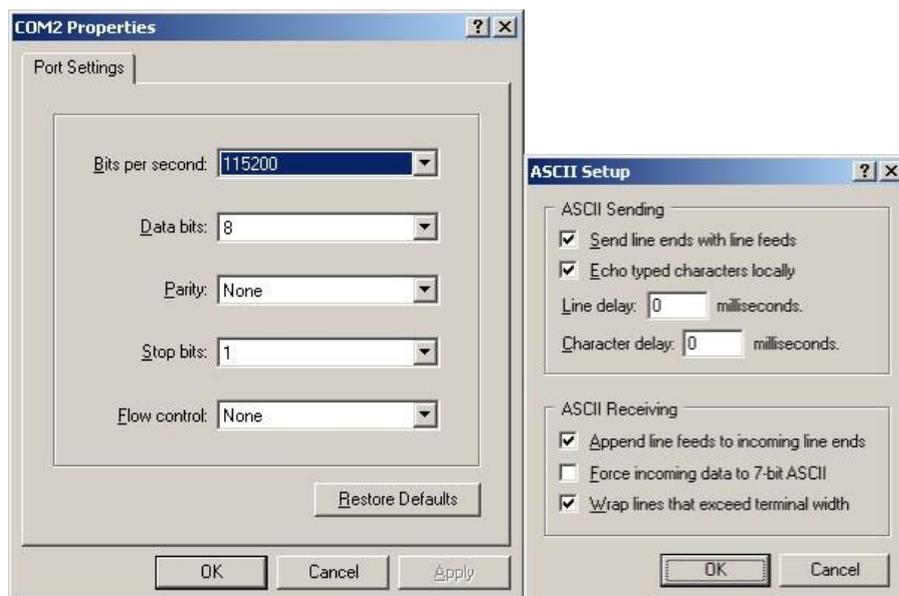


Рисунок 2: Параметры COM-порта

Для более удобного использования HyperTerminal рекомендуется настроить параметры (Файл → Свойства, вкладка Настройки, кнопка ASCII Setup...) «Отражать введенные символы локально» и «Отправлять концы строк с символами перевода строки». Например, следующая последовательность команд, введенных в приложении HyperTerminal:

**\*rst**

**freq 100MHz**

**pow -1dBm**

перезагрузит прибор, установит выходную частоту 100 МГц и уровень выходного радиочастотного сигнала -1 дБм.

## 2. SCPI команды

На рисунке 5 показана модель обработки команд SCPI.

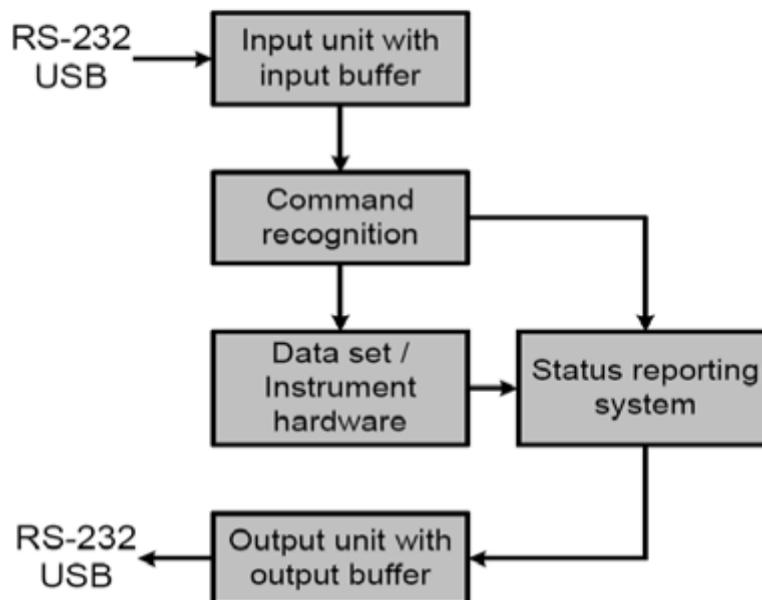


Рисунок 3: Модель управления прибором и обработки команд

### 2.1 Соответствие стандарту SCPI

Набор команд управления прибором основан на SCPI версия 1999.0, но не является полностью совместимым. Различия перечислены ниже:

- не все необходимые команды реализованы (см. список команд);
- анализатор команд распознает только одну команду в одной строке, и размер строки не должен превышать 64 символа;
- длина буфера команд равна двум, т. е. можно отправить вторую команду сразу после первой (не дожидаясь завершения первой команды), но не более;
- в приложениях, где одна команда следует за другой немедленно, без какой-либо временной задержки, для правильной работы SCPI рекомендуется использовать команду \*OPC?
- информация о состоянии не полностью поддерживается;
- поддерживаются не все форматы данных;
- документация не соответствует всем требованиям стандарта.

### 2.2 Краткое описание SCPI

Некоторые заметки, приведенные ниже, могут помочь новичкам начать работу с SCPI-инструментом.

- Команды SCPI не чувствительны к регистру, т. е. команды \*RST и \*rst идентичны.
- Первая часть названия команды, написанная заглавными буквами, соответствует краткой форме команды. Например, для установки частоты можно написать FREQ, а также FREQency.

- Команды, помещенные в скобки, являются опциональными. Например, команда [SOURCE:FREQUENCY:CW] имеют одинаковый эффект, если записаны в следующих формах: SOURCE:FREQUENCY:CW, FREQUENCY:CW, SOURCE:FREQUENCY, FREQUENCY
- Если команда требует числовой параметр, выраженный в каких-либо единицах, то существует единица измерения по умолчанию. Например, команды FREQ 1GHz, FREQ 1E9Hz и FREQ 1000000000 устанавливают одно и то же значение частоты 1 ГГц, а единица измерения по умолчанию составляет один Гц.
- Команды, заканчивающиеся вопросительным знаком, являются запросами и возвращают ответ. Например, команда \*IDN? возвращает идентификатор прибора. Многие команды, которые устанавливают какое-либо значение, также имеют форму запроса для чтения текущего значения, например FREQ? – возвращает текущее значение частоты.
- Команды, которые обеспечивают ввод числовых параметров, также могут принимать следующие значения: MINimum — минимальное значение, MAXimum — максимальное значение, DEFault — значение по умолчанию. Например, команда FREQ MAX устанавливает максимальную частоту (13 ГГц), а FREQ DEF — 1 ГГц (значение по умолчанию).
- Если введенная команда не дала желаемого результата, стоит проверить буфер ошибок с помощью запроса SYSTem:ERRor:[NEXT]?. Если это не была ошибка, возвращаемое значение будет следующей строкой 0, "No error", в противном случае возвращается код ошибки и краткое описание.

## 2.3 Список команд SCPI

### 2.3.1 \*CLS

\*CLS команда очищает буфер ошибок.

### 2.3.2 \*IDN?

Эта команда запроса возвращает строку, содержащую информацию о приборе в следующем формате: *производитель, артикул, серийный номер, информация о прошивке.*

### 2.3.3 \*RST

Эта команда предварительно настраивает прибор: режим CW, частота 1 ГГц, уровень 0 дБм, выход выключен, внутренняя ссылка, выход ссылки выключен.

Рекомендуется начинать процесс дистанционного управления с команды \*RST.

### 2.3.4 \*OPC?

Эта команда запроса возвращает 1 после завершения. Это означает, что все предыдущие команды завершены. Рекомендуется использовать эту команду вместо фиксированной временной задержки между командами.

**Примеры:** если вам нужно отправить несколько команд, следующих одна за другой, например, для установки частоты и уровня, рекомендуется сделать это именно таким образом:

```
freq 100 mhz
*opc?
1
pow 1 dbm
*opc?
1
```

### 2.3.5 SYSTem:ERRor[:NEXT]?

Эта команда запроса возвращает строку с кодом ошибки и ее описанием из буфера ошибок. Если буфер пуст, то возвращаемая строка содержит 0, «Нет ошибки».

Буфер ошибок организован в виде FIFO (First In First Out). Если входная команда не удовлетворяет требованиям парсера или по какой-либо причине не может быть выполнена, то соответствующее сообщение помещается в буфер ошибок. Буфер может содержать 2 сообщения. Очистить буфер можно двумя способами: поочередно считывая ошибки с помощью команды SYST:ERR? или используя команду \*CLS. Если буфер уже заполнен, и приходит еще одно сообщение об ошибке, то последнее сообщение об ошибке будет переписано следующим образом -350, «Переполнение очереди».

### 2.3.6 OUTPut[:STATe]

Команда включает или выключает выход ВЧ, как и аппаратная кнопка RF OUT ON/OFF, расположенная на передней панели.

**Параметры:** для включения выхода: 1 или ON, для выключения – 0 или OFF.

В форме запроса команда возвращает 0 – если выход РЧ выключен, и 1 – если он включен.

**Примеры:**

```
output on
outp off
outp:state 1
OUTPUT 0
OUTP:STAT?
```

### 2.3.7 OUTPut:ROSCillator[:STATe]

Команда включает и выключает выход REF OUT, расположенный на передней панели прибора.

**Параметры:** для включения выхода: 1 или ON, для выключения – 0 или OFF.

В форме запроса команда возвращает 0 – если выход REF OUT выключен, и 1 – если он включен.

**Примеры:**

```
output:rosc on
outp:rosc off
outp:rosc:state 1
```

### 2.3.8 [SOURce:]FREQuency[:CW]

Команда устанавливает выходную частоту

**Параметры:** Параметр имеет следующий вид

[+|-] float\_num[E[+|-]int\_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ].

Единица измерения по умолчанию — Гц. Введенное значение округляется с точностью до 10<sup>-4</sup>. Если указанное значение выходит за пределы допустимого диапазона, то применяется ближайшее предельное значение, сообщение об ошибке не формируется. Форма запроса команды возвращает текущую частоту в Гц. Результат имеет следующий вид: [+|-].

**Примеры:**

```
freq 2.1GHz
frequency 21e-1ghz
sour:freq:cw 21E8
freq max
```

### 2.3.9 [SOURCE:]POWER[:LEVEL][:IMMEDIATE][:AMPLITUDE]

Команда устанавливает уровень выходного сигнала ВЧ.

**Параметры:** Параметр имеет следующий вид [+|-]float\_num[E[+|-]int\_num][DBM].

Единица измерения по умолчанию — дБм. Введенное значение округляется с точностью до  $10^{-2}$ . Если указанное значение выходит за пределы допустимого диапазона, применяется ближайшее предельное значение, сообщение об ошибке не формируется. Форма запроса команды возвращает текущий уровень выходного сигнала в дБм. Результат имеет следующий вид: [+|-]float\_num.

**Примеры:**

```
pow 5.1dbm
source:power 1.23
POWER 123E-2DBM
POW MAX
```

### 2.3.10 [SOURCE:]PHASe[:ADJust]

Команда устанавливает фазовое смещение радиочастотного сигнала. Команда активна только при включенной функции PHASe:ENABLE.

**Параметры:** Параметр имеет следующий вид [+|-]float\_num[E[+|-]int\_num][DEGree].

Единица измерения по умолчанию — DEGREE. Введенное значение округляется с точностью до  $10^{-2}$ . Если указанное значение выходит за пределы допустимого диапазона, применяется ближайшее предельное значение, сообщение об ошибке не формируется. Форма запроса команды возвращает текущее смещение фазы в градусах. Результат имеет следующий вид: [+|-]float\_num.

**Примеры:**

```
phas 90deg
PHASE 90DEG
phase:adj 90.1e-1
```

### 2.3.11 [SOURCE:]ROSCillator:SOURCE

Команда включает и выключает вход REF IN, т. е. переключает между внутренним и внешним источником опорной частоты.

**Параметры:** Значение входного параметра может быть INTERNAL – используется внутренний источник опорной частоты, или EXTERNAL – используется внешний источник опорной частоты.

Форма запроса команды возвращает текущий используемый источник: INT или EXT.

**Примеры:**

```
rosc:source INT
rocs:sour ext
```

### 2.3.12 [SOURCE:]ROSCillator:EXTERNAL:FREQUENCY

Команда устанавливает значение внешней опорной частоты на входе REF IN.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

[+|-]float\_num[E[+|-]int\_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]. По умолчанию единицей измерения является Гц. Входное значение округляется с точностью до  $10^{-4}$ . Если указанное значение выходит за пределы допустимого диапазона, то применяется ближайшее предельное значение, сообщение об ошибке не формируется. Форма запроса команды возвращает текущее значение опорной частоты в Гц. Результат имеет следующий вид: [+|-]float\_num.

**Примеры:**

```
gosc:ext:freq 100MHZ
SOURCE:ROSC:EXTERNAL:FREQUENCY 32MHz
gosc:ext:freq DEF
```

**2.3.13 MEASure[:SCALar]:TEMPerature?**

Команда считывает внутреннюю температуру блока синтезатора РЧ в °С. Результат имеет следующий вид: [+-]float\_num.

**Примеры:**

```
meas:scal:temp?
meas:temp?
```

**2.3.14 STATus:QUESTionable:CONDition?**

Команда возвращает текущее состояние прибора. Результат имеет следующий вид: integer\_num. Нулевое значение означает, что все в порядке, «1» в 4-м бите означает, что мощность, установленная на приборе, находится за пределами откалиброванной области, «1» в 6-м бите означает, что PLL не зафиксирован.

**Примеры:**

```
STAT:QUES:COND?
8
```

**2.3.15 STATus:QUESTionable[:EVENT]?**

Команда возвращает значение регистра событий сомнительного статуса. Результат имеет следующий вид: integer\_num. Команда очищает регистр событий сомнительного статуса. 6-й бит регистра устанавливается в «1», если происходит событие разблокировки PLL. Следующая команда вернет это значение, а затем регистр будет очищен до следующего события. Нулевое значение означает, что все в порядке, «1» в 6-м бите означает, что произошло событие разблокировки PLL.

**Примеры:**

```
STAT:QUES:EVENT?
32
```

**2.3.16 [SOURce:]PHASe[:ADJust]:ENABLE**

Команда включает режим регулировки фазы. Этот режим имеет большой минимальный шаг фазы (около 3 Гц) и немного более высокий фазовый шум, чем в нормальном режиме.

**Параметры:** Значение входного параметра может быть 0 или OFF – режим регулировки фазы выключен, и 1 или ON – режим включен. Форма запроса команды возвращает текущий используемый режим: 0 или 1.

**Примеры:**

```
phas:enab ON
phase:adjust:enable off
```

**2.3.17 [SOURce:]FREQuency[:CW]:BAND**

Команда устанавливает активный выход — выход высокого диапазона (HB) или выход низкого диапазона (LB), которые расположены на передней панели прибора.

**Параметры:** Значение входного параметра может быть LB — включен низкий диапазон (100 кГц-250 МГц) и HB — включен высокий диапазон (0,1-13 ГГц).

Форма запроса команды возвращает текущий используемый режим: LB или HB.

**Примеры:**

```
freq:band HB  
freq:band LB
```

### 2.3.18 OUTPut:ROSCillator:DIVider

Синтезатор имеет внутреннюю опорную частоту 100 МГц. Для получения сигнала 10 МГц (с разъема REF Out, расположенного на передней панели прибора) необходимо включить внутренний делитель. Эта команда включает данный делитель. Когда делитель выключен, REF Out соответствует сигналу 100 МГц.

**Параметры:** Значение входного параметра может быть 0 или OFF – делитель выходной опорной частоты выключен (т. е. 100 МГц REF Out), и 1 или ON – делитель выхода включен (т. е. 10 МГц REF Out).

**Примеры:**

```
outp:rocs:div on  
outp:rocs:div 0
```

### 2.3.19 SAVE:CURRENT

Команда сохраняет текущее состояние прибора в его энергонезависимой памяти. Эти ранее сохраненные настройки автоматически загружаются сразу после включения питания. Есть одно исключение: выходы всегда находятся в выключенном состоянии после включения питания (в целях безопасности).

### 2.3.20 [SOURce:]FREQuency:MODE

Команда включает режим Sweep Frequency.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид: [CW|SWEEP]. Форма запроса команды возвращает текущий используемый режим: CW или SWEEP.

**Примеры:**

```
freq:mode cw  
freq:mode swe
```

### 2.3.21 [SOURce:]FREQuency:CENTer

Команда устанавливает центральную частоту для режима развертки частоты.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

[+|-]float\_num[E[+|-]int\_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]. По умолчанию единицей измерения является Гц.

Форма запроса команды возвращает текущее значение центральной частоты в Гц. Результат имеет следующий вид: [+|-]float\_num.

**Примеры:**

```
freq:cent 10MHz  
freq:cent 1 GHz
```

### 2.3.22 [SOURce:]FREQuency:SPAN

Команда устанавливает диапазон частот для режима развертки частоты.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

[+|-]float\_num[E[+|-]int\_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]. По умолчанию единицей измерения является Гц.

Форма запроса команды возвращает текущее значение диапазона частот в Гц. Результат имеет следующий вид: `[+|-]float_num`.

**Примеры:**

```
freq:span 10MHz
freq:span 1 GHz
```

### 2.3.23 [SOURce:]FREQuency:STARt

Команда устанавливает начальную частоту для режима развертки частоты.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

`[+|-]float_num[E[+|-]int_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]`. По умолчанию единицей измерения является Гц.

Форма запроса команды возвращает текущее значение начальной частоты в Гц. Результат имеет следующий вид: `[+|-]float_num`.

**Примеры:**

```
freq:star 100MHz
freq:start 1 GHz
```

### 2.3.24 [SOURce:]FREQuency:STOP

Команда устанавливает частоту остановки для режима частотной развертки.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

`[+|-]float_num[E[+|-]int_num][GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]`. По умолчанию единицей измерения является Гц.

Форма запроса команды возвращает текущее значение частоты остановки в Гц. Результат имеет следующий вид: `[+|-]float_num`.

**Примеры:**

```
freq:stop 1500 MHz
```

### 2.3.25 [SOURce:]SWEep[:FREQuency]:DWEll

Команда устанавливает время задержки для режима частотного развертки. Время задержки — это время между двумя соседними шагами частоты.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид: `float_num[E[+|-]int_num] [S|MS|US]`. По умолчанию используется единица измерения US.

Форма запроса команды возвращает текущее время задержки в микросекундах. Результат имеет следующий вид: `[+|-]float_num`.

**Примеры:**

```
swe:dwe1 5 ms
```

### 2.3.26 [SOURce:]SWEep[:FREQuency]:STEP[:LINear]

Команда устанавливает шаг частоты для режима развертки.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид:

`[+|-]float_num[E[+|-]int_num] [GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ]`. По умолчанию единицей измерения является Гц.

Форма запроса команды возвращает текущее значение шага частоты для режима развертки в Гц. Результат имеет следующий вид: `[+|-]float_num`.

**Примеры:**

```
swe:step 1 MHz
```

### 2.3.27 [SOURce:]SWEep[:FREQuency]:SHAPE

Команда задает форму процесса развертки частоты.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид: [SAWTooth|TRlangle]. Форма запроса команды возвращает текущий используемый режим: SAWTooth или TRlangle.

**Примеры:**

```
swe:shap sawt
swe:shap tri
```

### 2.3.28 [SOURce:]SWEep[:FREQuency]:MODE

Команда устанавливает режим запуска процесса частотной развертки.

**Параметры:** Входной параметр имеет следующий вид: [AUTO|SINGLE|STEP]. Режим AUTO означает, что частота развертывается от начального до конечного значения, и этот процесс повторяется автоматически без входного сигнала запуска.

Режим SINGLE означает, что частота развертывается от начального до конечного значения и ожидает сигнала запуска на входе TRIG In. После появления сигнала запуска частота повторяет процесс.

Режим STEP означает, что прибор ожидает события запуска на входе TRIG In для каждого шага частоты. Форма запроса команды возвращает текущий используемый режим: AUTO, SINGLE или STEP.

**Примеры:**

```
swe:mode auto
swe:mode single
swe:mode step
```

### 2.3.29 [SOURce:]SWEep:RESet[:ALL]

Команда сбрасывает текущий цикл развертки.

**Примеры:**

```
swe:res
```

## 3. Обновление прошивки

Микроконтроллер, управляющий ВЧ-модулем синтезатора, имеет два типа энергонезависимой памяти: Flash, содержащую программный код, и EEPROM, в которой хранится вся информация об устройстве, включая информацию о текущей версии прошивки. Таким образом, обновление прошивки состоит из двух файлов в формате Intel Hex, один – для Flash, а другой – для EEPROM. Обновление прошивки осуществляется через интерфейс RS-232 или USB, подключенный к ПК. Подключение через USB реализовано с помощью моста USB-UART, поэтому с точки зрения программного обеспечения ПК он выглядит как COM-порт, рис. 7. Этот метод требует установки драйвера 2 (интегральная схема CP2102). После установки драйвера и подключения прибора к ПК COM-порт появляется в списке оборудования. Его номер указан в конце строки (рис. 6).

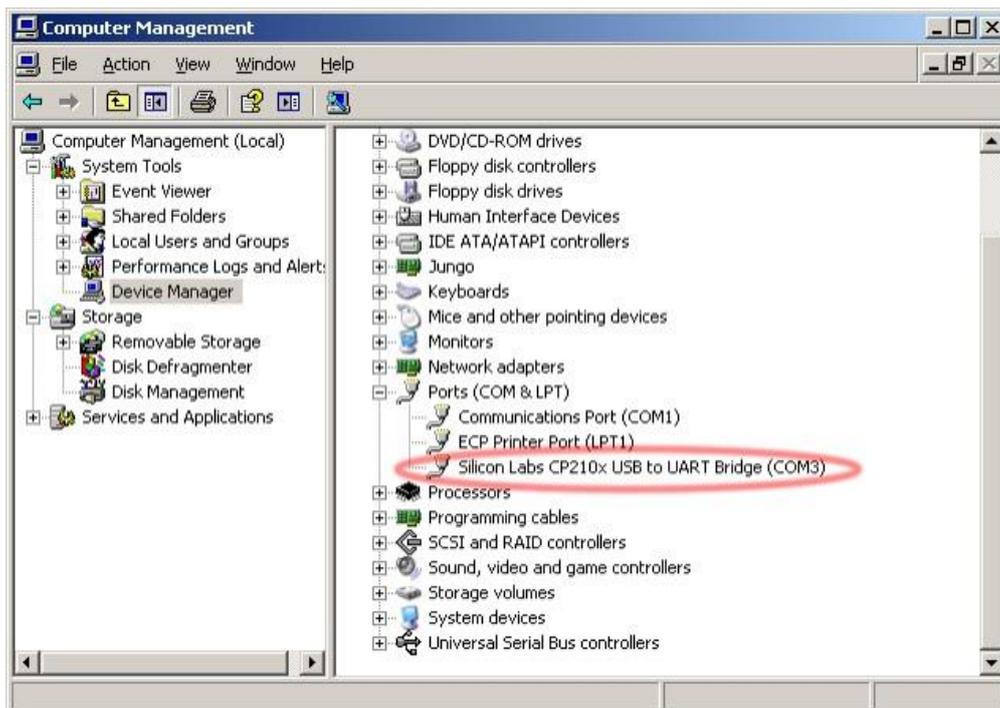


Рисунок 6: Окно диспетчера устройств (Мой компьютер → Управление)

При включении питания оценочная плата переходит в режим обновления прошивки и ожидает соответствующей команды от ПК. Если команда не поступает в течение половины секунды, плата выходит из режима обновления и больше не реагирует на команды чтения/записи Flash или EEPROM, поскольку в обычном режиме для удаленного управления используются интерфейсы RS-232 и USB. Для обновления прошивки используется приложение XMI Programmer (XMEGA Instrument Programmer), рис. 7. Последовательность действий, следующая:

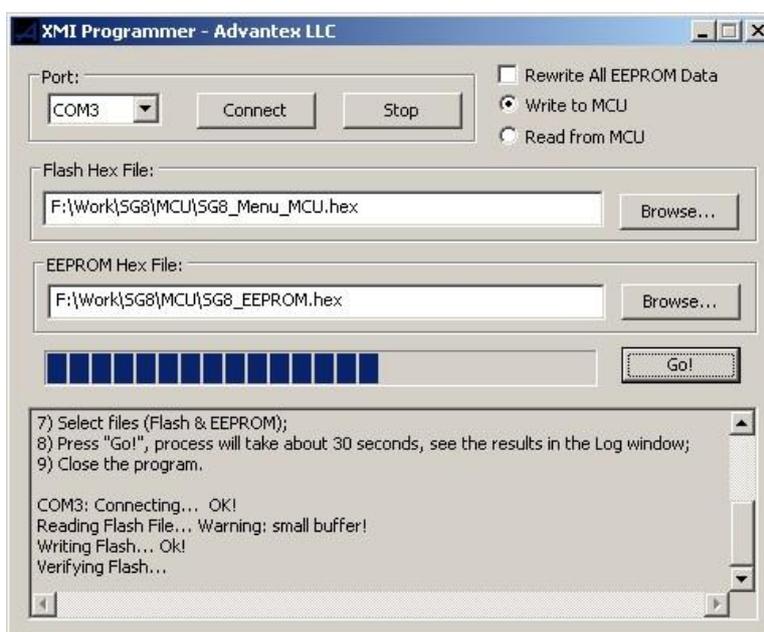


Рисунок 7: Приложение для обновления прошивки – XMI Programmer

1. Выключите прибор;
2. Подключите его к ПК через кабель RS-232 или USB;
3. Запустите программное обеспечение XMI Programmer;
4. Выберите порт, затем нажмите кнопку «Connect» (Подключить). Если вы выбрали неверный порт, нажмите кнопку «Stop» (Остановить), выберите правильный порт, затем нажмите «Connect» (Подключить);
5. Включите прибор. Соединение должно быть установлено в течение секунды (вы увидите строку «Connecting... Ok!»). Если этого не произошло, вероятно, был выбран неправильный порт. В таком случае нажмите кнопку «Stop», выключите прибор, измените порт в раскрывающемся списке, нажмите «Connect», а затем включите прибор. Должна отобразиться строка «Connecting... Ok!».
6. Выберите радио-бокс «Записать в MCU», флаг «Перезаписать все данные EEPROM» должен оставаться неактивным; если вы выберете этот флаг, то будет перезаписана вся память EEPROM, а не только та часть, которая содержит информацию о текущей версии прошивки. То есть, будут стерты личные данные прибора (серийный номер, время работы, количество включений), что нежелательно.
7. Выберите файлы для Flash и EEPROM;
8. Нажмите кнопку «Go!». Процесс обновления прошивки занимает около 30 секунд и включает в себя проверку целостности данных, результаты операций отображаются в окне журнала;
9. После успешной проверки записанных данных вы можете закрыть приложение. Вы можете сохранить текущую прошивку и данные EEPROM, выбрав радио-кнопку «Read from MCU» на 6-м шаге.