



ВЕКТОРНЫЙ МОДУЛЯТОР AVM4-10M

Руководство по эксплуатации
Rev. 1.1

ООО "АДВАНТЕХ"

18 января 2012 г.

111250, Москва,
ул. Красноказарменная,
д.13, стр.1,
тел. +7 (495) 721-47-74, 728-08-03
info@advantex.ru
<http://advantex.ru>

IF/RF & Microwave Design
Advantex

Версии документа

Версия	Дата	Описание
1.0	13 февраля 2010 г.	Предварительная версия. Основана на прошивке R1.0
1.1	18 января 2012 г.	Основано на прошивке R1.1 от 22 декабря 2011г. и ВЧ-блоке AVM4-20M-RF

Содержание

1	Комплектность поставки	5
2	Краткое описание	5
3	Установка, обслуживание и техника безопасности	5
4	Органы управления и внешние интерфейсы	7
5	Графический пользовательский интерфейс	9
5.1	Навигация по меню	10
5.2	Статусная строка	11
5.3	Ввод данных	11
6	Функции прибора	14
6.1	Главное меню	14
6.2	Режим работы (Operation Mode)	15
6.3	Настройки прибора (Settings)	16
6.3.1	Смещение I/Q каналов (IQ offset)	16
6.3.2	Внешняя импульсная модуляция (Ext Pulse Mod)	17
6.4	Сохранение текущих настроек (Save Current)	17
6.5	Загрузка настроек по-умолчанию (Load Default)	18
6.6	Информация о приборе (Info)	18
7	Удаленное управление	18
7.1	Quick Start	19
7.2	Протокол управления SCPI	19
7.2.1	Соответствие стандарту	21
7.2.2	Заметки по стандарту	21
7.3	Список команд SCPI	22
7.3.1	*CLS	22
7.3.2	*IDN?	22
7.3.3	*RST	22
7.3.4	*OPC?	23
7.3.5	SYSTem:ERRor[:NEXT]?	23
7.3.6	OUTPut[:STATe]	24

7.3.7	[SOURce:]FREQuency[:CW]	24
7.3.8	[SOURce:]POWer[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]	24
7.3.9	MEASure[:SCALar]:TEMPerature?	25
7.3.10	STATus:QUEStionable:CONDition?	25
8	Обновление прошивки	25
9	Утилизация	27

Список иллюстраций

1	Структурная схема блока квадратурного модулятора	6
2	Схема подключения приборов	8
3	Лицевая панель	8
4	Задняя панель	9
5	Дисплей	10
6	Клавиатура	12
7	Главное меню	15
8	Режим работы (Operation Mode)	15
9	Настройки прибора (Settings)	16
10	Настройки смещения I/Q каналов (Settings▷IQ offset)	17
11	Настройки внешней импульсной модуляции (Settings▷Ext Pulse Mod)	17
12	Информация о приборе (Info)	19
13	Окно программы <i>HyperTerminal</i>	20
14	Настройки СОМ-порта	20
15	Модель управления прибором и обработки команд	21
16	Дерево команд	23
17	Окно Device Manager (My Computer▷Manage)	26
18	Программа для обновления прошивки – XMI Programmer	28

Список таблиц

1	Числовые операции и ввод данных	12
---	---------------------------------	----

1 Комплектность поставки

В комплект поставки входит следующее:

№	Описание	Кол-во	Прим.
1	Векторный модулятор сигналов AVM4 100 МГц – 4 ГГц	1	
2	Кабель питания с вилкой СЕЕ 7/7 (E+F Type)	1	1
3	Кабель USB A-B, 3м.	1	
4	Кабель RS-232, D-sub 9F - D-sub 9M, 3м.	0/1	2
5	CD-диск с драйверами и документацией	1	
6	Руководство по эксплуатации AVM4 (печатная версия)	1	
7	Технический паспорт	1	
8	Гарантийный талон	1	
9	Упаковочный лист	1	


1. По-умолчанию поставляется кабель типа СЕЕ 7/7 (типа E+F), если не оговорено иное.
2. По-умолчанию не поставляется, если не оговорено специально.

2 Краткое описание

Квадратурный модулятор серии AVM предназначен для формирования модулированного сигнала на несущей частоте. Он может быть применен в целях отладки и тестирования приемников, использующих цифровые виды модуляции, а также цифровых модуляторов, формирующих комплексный сигнал на каналах I/Q для последующего переноса на несущую частоту.

На рис. 1 приведена структурная схема блока квадратурного модулятора, составляющего основной узел прибора. Сигнал со входа гетеродина LO подается на фазо-сдвигатель, один выход которого, сдвинутый на $+45^\circ$, умножается на сигнал со входа I, другой, сдвинутый на -45° , – со входа Q. Далее перемноженные сигналы складываются и подаются на блок фильтрации, основная задача которого состоит в подавлении продуктов переноса сигнала на частоты, кратные гетеродину, т.е. $2f_{LO}$, $3f_{LO}$ и т.д. Сигнал с блока фильтрации подается на блок автоматической регулировки усиления АРУ (AGC – Automatic Gain Control), затем на выход RF Out.

На рис. 2 изображен пример схемы включения прибора. Ко входу гетеродина LO подключен генератор сигнала с частотой требуемой несущей. На входы I и Q подается сигнал с соответствующих выходов baseband-генератора или двух каналов генератора произвольной формы (Arbitrary Waveform Generator). Высокочастотный сигнал с выхода RF Out подается на тестируемый приемник.

 Детектор, используемый в АРУ, является амплитудным

3 Установка, обслуживание и техника безопасности

При установке прибора обратите внимание на следующее:



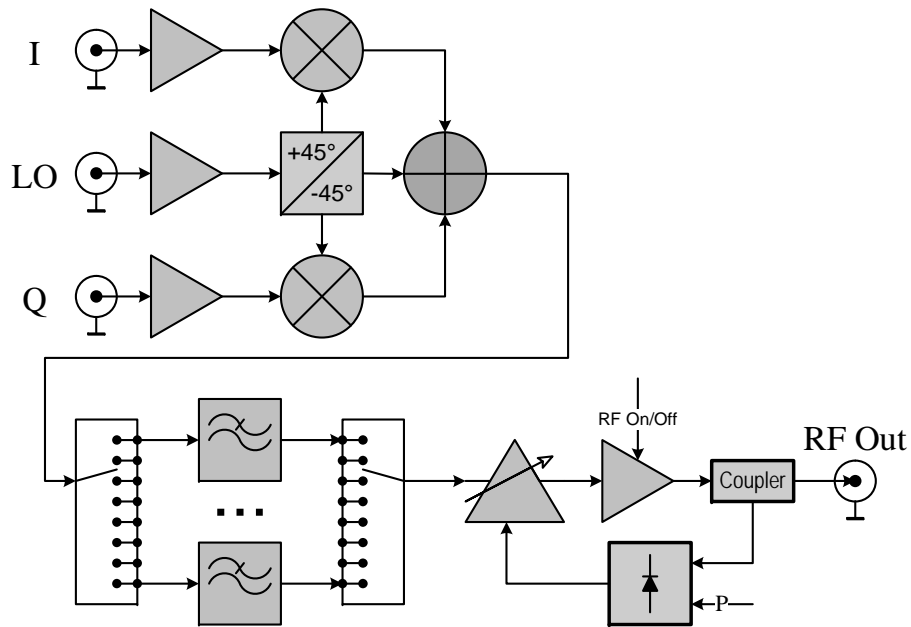


Рис. 1: Структурная схема блока квадратурного модулятора

- Прибор предназначен для использования в помещении, его конструкция не предусматривает защиту от дождя и грязи.
- Снизу и сзади прибора должно быть предусмотрено свободное пространство для нормальной вентиляции.
- Перед подсоединением кабелей и прочих устройств к разъемам прибора убедитесь, что разъем используемого кабеля соответствует разъему на приборе и находится в исправном состоянии. В противном случае можно повредить разъем на приборе.
- Используйте трех-контактную розетку питания с заземлением. Заземленный контакт шнура питания подключен к корпусу прибора.
- При подключении к прибору прочих устройств убедитесь, что все приборы заземлены и их корпуса имеют одинаковый потенциал, в противном случае можно сжечь используемый вход или выход.

При включении питания желательно придерживаться следующего порядка:



1. Убедитесь, что кнопка питания на лицевой панели (поз. 1, рис. 3) находится в выключенном положении (отжата).

2. Убедитесь, что выключатель сетевого питания на задней панели (поз. 1, рис. 4) выключен.
3. Подключите шнур питания к прибору и вставьте в розетку.
4. Включите выключатель на задней панели.
5. Нажмите кнопку питания на лицевой панели, на дисплее должны появиться надписи, соответствующие текущему режиму работы прибора.
6. Чтобы выключить прибор, достаточно нажать кнопку питания на лицевой панели.

При длительном неиспользовании прибора рекомендуется отключить питание с помощью выключателя на задней панели. Перед этим следует выключить прибор с помощью кнопки на лицевой панели.

С течением времени отклонение уровня выходного сигнала от заданных значений может увеличиться. Возникшие отклонения могут быть устранены путем калибровки. Рекомендуемый срок повторной калибровки – 1 год.



4 Органы управления и внешние интерфейсы

На рис. 3 изображена лицевая панель прибора. Номерами обозначены следующие элементы:

1. Кнопка включения/выключения питания. Отключает все цепи, кроме первичного блока питания;
2. Графический OLED экран с разрешением 128 x 64, цвет желтый, 4-bit;
3. Клавиатура;
4. Поворотный энкодер с нажатием, 24 позиции на 360°;
5. Кнопки контекстного меню;
6. Вход канала Q, разъем типа SMA (female);
7. Вход канала I, разъем типа SMA (female);
8. Вход гетеродина LO, разъем типа SMA (female);
9. Кнопка включения/выключения выходного ВЧ-сигнала (RF Out) и световой индикатор включения выхода (горит - сигнал подается на выход). Фактически она включает/выключает питание выходного каскада генератора, вся остальная часть схемы работает независимо, т.е. при выключенном выходе доступны все функции прибора. При включении питания (кнопка поз. 1) выход RF Out по-умолчанию всегда отключен.
10. Выход сигнала (RF Out), разъем типа SMA (female).



При включении сигнала на выходе образуется кратковременный скачок мощности длительностью около 5 мс. Это происходит из-за отсутствия сигнала на входе АРУ (автоматической регулировки усиления) до включения сигнала RF Out, в этот момент коэффициент усиления максимальный, что и приводит к небольшому выбросу

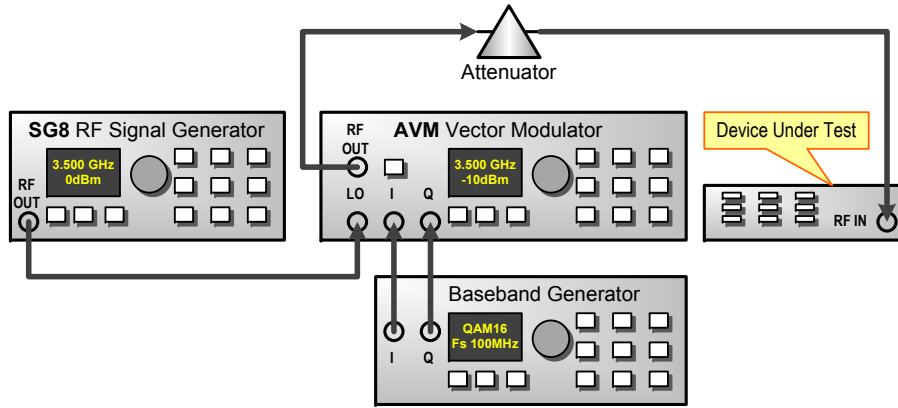


Рис. 2: Схема подключения приборов

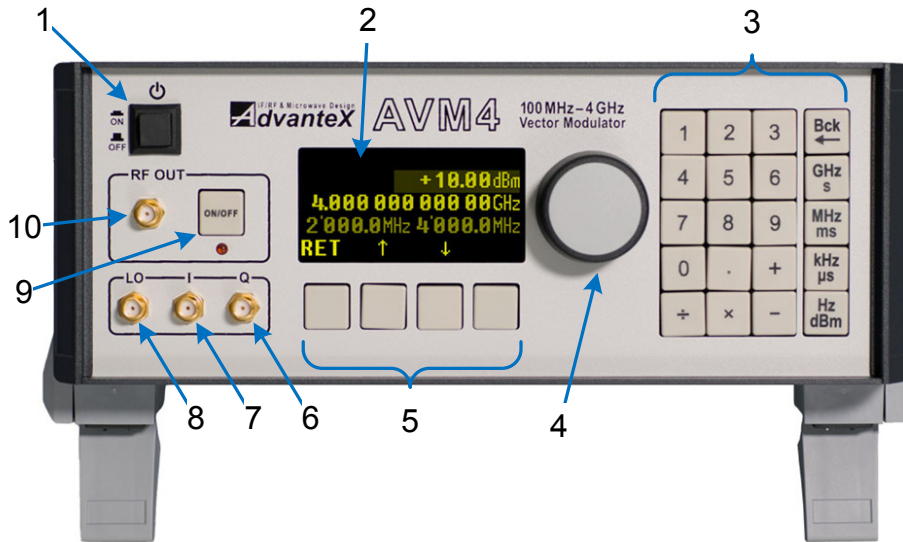


Рис. 3: Лицевая панель

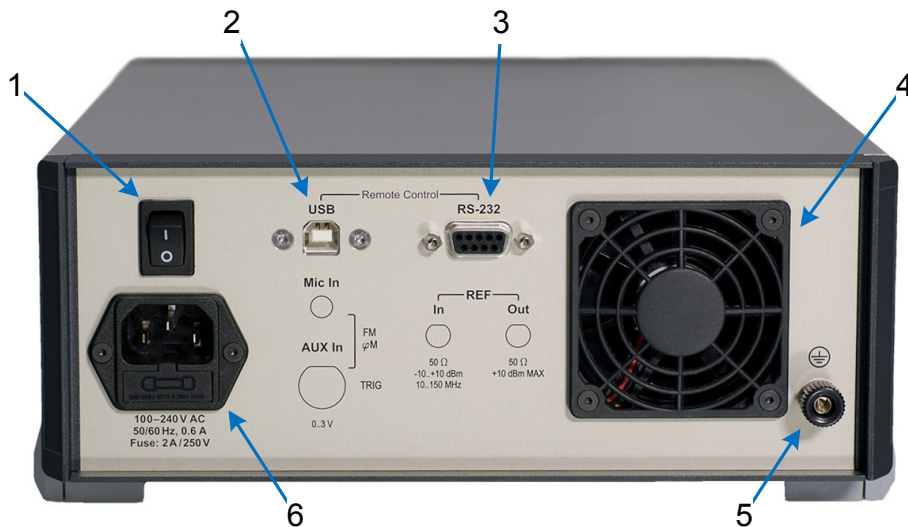


Рис. 4: Задняя панель

На рис. 4 изображена задняя панель прибора. Номерами обозначены следующие элементы:

1. Выключатель питания 220 В, отключает все цепи питания, включая первичный блок питания;
2. Разъем USB;
3. Разъем RS-232 для подключения к COM-порту персонального компьютера. Разъем типа DB-9;
4. Вентилятор;
5. Дополнительная клемма заземления. Заземление предусмотрено через центральный лепесток разъема питания, дополнительная клемма предусмотрена на случай отсутствия цепи земли в розетке питания;
6. Разъем сетевого питания с отсеком плавкого предохранителя.

i Рекомендуется использовать легкоплавкий предохранитель на 2 А

5 Графический пользовательский интерфейс

На рисунке 5 изображен вид экрана прибора. Он разделен на несколько полей: статусная строка (поз. 1), элементы меню, которые могут быть текстовыми, численными или графическими (поз. 2), контекстное меню (поз. 3), зависящее от выделенного в данный момент пункта, и полоса прокрутки (поз. 4), определяющее текущее положение выделенного пункта относительно всего меню. Меню состоит из элементов, расположенных по порядку

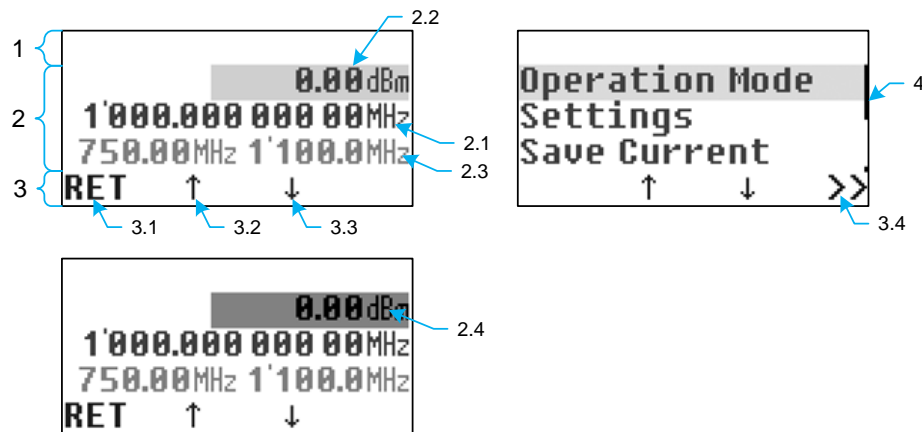


Рис. 5: Дисплей

слева-направо, сверху-вниз (поз. 2.1-2.4). Количество элементов может быть различным и составлять несколько строк. В одной строке может быть более одного элемента. В случае меню, состоящего из более трех строк, появляется полоса прокрутки. Элементы меню могут быть затененными (имеют меньшую яркость, поз. 2.3). Это означает, что в данном режиме работы они заблокированы или используются лишь для отображения информации без возможности редактирования или выполнения команды, соответствующей данному пункту. При перемещении по пунктам меню текущий элемент меню выделяется (поз. 2.2). При вводе числовых данных пункт меню становится активным (имеет большую яркость, поз. 2.4), что означает режим ввода числовых данных. Меню может иметь иерархическую структуру, перемещение между уровнями производится с помощью контекстного меню.

5.1 Навигация по меню

Навигация по элементам меню (перемещение по пунктам, переход в под-меню и переход на уровень вверх) осуществляется с помощью кнопок, соответствующих контекстному меню (рис. 3, поз. 5), и поворотного энкодера (поз. 4).

- RET – переход на уровень вверх;
- ↑ – переход к предыдущему пункту;
- ↓ – переход к следующему пункту;
- >> – переход в суб-меню (на уровень вниз);
- OPT – переход в меню опций текущего режима.

Поворот энкодера в режиме навигации по часовой стрелке соответствует команде ↓, против часовой – ↑, нажатие энкодера – >>.

5.2 Статусная строка

Статусная строка (верхняя строка экрана) служит для отображения текущего режима и параметров работы прибора. Ниже приведена информация, отображающаяся в статусной строке в виде символов.

Предупреждения и ошибки:

- UNC – (Uncalibrated) один из параметров текущего режима имеет значение за пределами калибровочной зоны;
- OVT – (Overtime) микроконтроллер не успевает обработать очередь событий;
- #XX – (Error Code) код последней ошибки.

5.3 Ввод данных

Ввод числовых данных может быть выполнен с помощью клавиатуры (рис. 3, поз. 3), либо с помощью поворотного энкодера (поз. 4).

По-умолчанию энкодер находится в режиме навигации по меню. Нажатие энкодера¹ на выделенном числовом элементе меню (например, рис. 5, поз. 2.2) переводит элемент меню в режим числового ввода, поворот энкодера при этом соответствует увеличению или уменьшению числового значения. Для выхода из режима числового ввода в режим навигации достаточно повторно нажать энкодер или воспользоваться одной из кнопок контекстного меню (RET, ↓, ↑).

Цифровая клавиатура разделена на несколько групп (рис. 6):

1. Цифровые кнопки (группа D);
2. Удаление последнего символа (B);
3. Ввод/единицы измерения (группа E);
4. Операции (группа C).

При нажатии любой из кнопок групп D, B, C активируется режим числового ввода. Нажатие кнопки из группы E производит ввод значения и выход из режима числового ввода. При нажатии кнопок группы E в режиме навигации происходит изменение множителя числа, например, если текущее значение частоты 1'000'000'000.00 Hz, то после нажатия [MHz] отобразится значение 1'000.000 000 00 MHz, и так далее. Также при изменении множителя изменяется шаг приращения значения при повороте энкодера. Обычно минимальный шаг энкодера равен одной десятой выбранного множителя. Т.е. если текущие единицы kHz, то шаг энкодера равен 0.1 kHz. При увеличении скорости вращения шаг увеличивается.

В таблице 1 приведены примеры операций и соответствующие последовательности ввода команд.

¹Под нажатием энкодера подразумевается одиночный щелчок энкодером

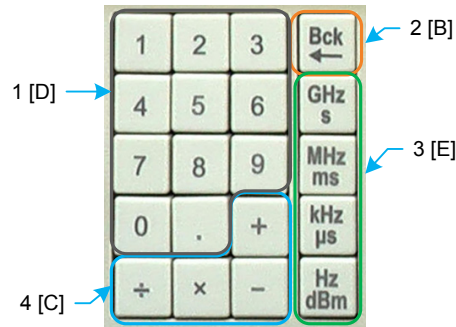


Рис. 6: Клавиатура

Таблица 1: Числовые операции и ввод данных

Последовательность	Выражение	Описание
E	R	Служит для изменения масштаба значения, например, Hz, kHz, MHz, GHz, а также для повтора предыдущей команды. Для повтора предыдущей команды (операции с последним операндом) необходимо нажимать ту же кнопку “E”, что использовалась при вводе предыдущей команды. В противном случае производится выход из режима повтора ²
C E	$R \cdot (-1)$	В качестве команды “C” возможен только “-”. Служит для ввода отрицательного значения.
D E	D	Непосредственный ввод числа. Масштаб (множитель) определяется значением “E”, т.е. единицами измерения, например, μs, ms, dBm, kHz и т.д.
D C E	$D \cdot (-1)$	В качестве команды “C” возможен только “-”. Служит для ввода отрицательного значения. Например, чтобы ввести -10 dBm, следует нажать “1”, “0”, “-”, “dBm”

(продолжение на следующей странице)

²Выход из режима повтора также производится при нажатии “Bck” после “E”

(продолжение таблицы 1, начало на с. 12)

Последовательность	Выражение	Описание
C D E	$R \otimes D$	Совместно с командой “E” используется для быстрого ввода значений с линейным или экспоненциальным шагом. Например, для того, чтобы последовательно установить частоту 100, 110, 120, 130, 140 MHz, достаточно установить частоту 100 MHz, затем нажать “+”, “1”, “0”, “MHz”, при каждом последующем нажатии “MHz” частота будет увеличиваться на 10 MHz. Также данная последовательность удобна для смещения на небольшую величину от установленного значения, например, необходимо установить 0.999 998 GHz. Для этого достаточно установить 1 GHz командой D E, затем вычесть из текущего значения 2 kHz последовательностью C D E
D C D E	$D_1 \otimes D_2$	Используется для расчета и одновременного ввода выражений, например, значений кратных частот ³
C D C E	$(R \otimes D) \cdot (-1)$	Редко используется

(продолжение на следующей странице)

³При выполнении последовательностей с несколькими операндами все операнды кроме последнего имеют текущий множитель (ц, м, к, М, Г), т.е. тот, что был до начала ввода. Последний операнд имеет множитель, соответствующий нажатой кнопке “E”, завершающей последовательность. Для операндов, соответствующих безразмерному коэффициенту при операциях “*” и “/” множитель равен 1. Например, последовательность “*”, “2”, “kHz” умножит текущее значение частоты на 2 и отобразит результат в kHz. Коэффициенты при операциях “*” и “/” имеют точность 10^{-3} и максимальное значение не менее 10^{+3}



(продолжение таблицы 1, начало на с. 12)

Последовательность	Выражение	Описание
C D C D E	$(R \otimes_A D_1) \otimes_B D_2$	Используется для расчета и одновременного ввода выражений. При использовании последовательностей с любым количеством операций промежуточный результат не загружается в устройство, используется лишь конечный результат после ввода “E”. Таким образом, промежуточные значения ограничиваются лишь разрядностью числа ⁴ . При повторном нажатии “E” повторяется выполнение последней операции с последним операндом из последовательности
D C D C D E	$(D_1 \otimes_A D_2) \otimes_B D_3$	Используется для расчета значений вида $D \cdot m/n$

R – текущее значение, \otimes – операция (+, -, /, *), D – введенное число.

6 Функции прибора

6.1 Главное меню

Главное меню прибора состоит из следующих элементов (рис. 7):

Operation Mode – (режим работы) содержит под-меню с управляемыми параметрами – мощностью выходного сигнала⁵ и диапазоном частот;

Settings – (настройки) содержит под-меню с основными настройками прибора, относящимися ко всем режимам работы или к группе режимов;

Save Current – (сохранить текущие) команда сохранения текущих настроек и значений всех численных параметров. При включении прибор будет инициализирован сохраненными значениями;

Load Default – (загрузить по-умолчанию) команда загрузки значений по-умолчанию (“заводских” значений) для всех параметров;

Info – (информация) содержит под-меню с информацией о приборе.

⁴integer 64-bit, следует также учесть внутренний множитель, отвечающий за работу с фиксированной точкой: для частоты в Hz – 10^4 ; dBm, deg – 10^2 ; s – 10^9

⁵Вместо мощности сигнала часто используется термин “уровень сигнала” (Level), что одно и то же

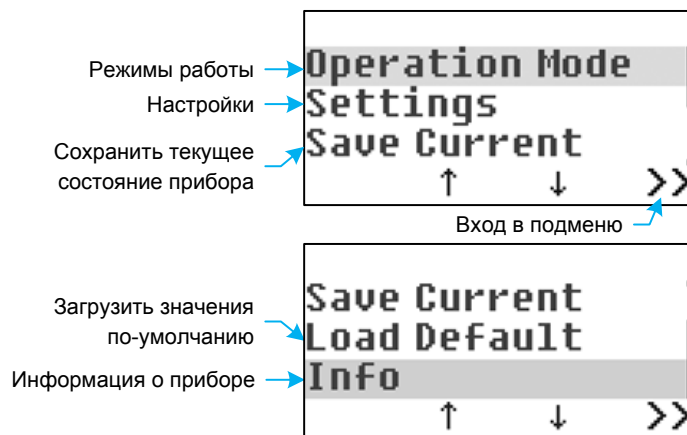


Рис. 7: Главное меню



Рис. 8: Режим работы (Operation Mode)

При включении питания прибор пытается считать из энергонезависимой памяти (EEPROM) значения настроек, сохраненные ранее командой Save Current. Если контрольная сумма совпадает, т.е. данные действительны, то загружаются сохраненные значения, если нет, то загружаются значения по-умолчанию, заданные при производстве прибора.

6.2 Режим работы (Operation Mode)

Прибор имеет один режим работы, его параметры перечислены в меню Operation Mode (рис. 8):

Level – уровень выходного сигнала;

Frequency – частота сигнала, подаваемого на вход LO. Это значение частоты используется для определения диапазона фильтрации, а также для калибровки уровня выходного сигнала;

Frequency Band – диапазон работающего в данный момент выходного

i Калибровка уровня выходного сигнала выполняется при синусоидальном сигнале на выходе, т.е. при подаче на I/Q сигналов sin и cos

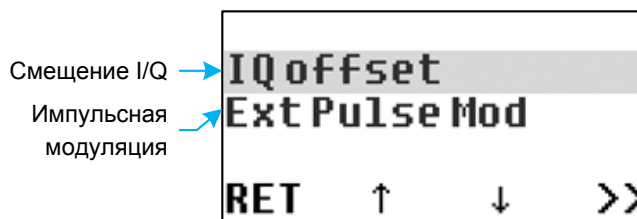


Рис. 9: Настройки прибора (Settings)

фильтра. Значения определяются автоматически на основании введенного значения в поле Frequency.

Сигнал, формируемый на выходе прибора соответствует следующему выражению:

$$S(t) = \sqrt{P} \cdot \Re \left[(I(t) + jQ(t)) \exp \left(j\omega t - j\frac{\pi}{4} \right) \right],$$

где P – уровень выходного сигнала $S(t)$, $I(t)$ и $Q(t)$ – входные сигналы, ω – несущая частота, \Re – оператор действительной части комплексного числа.

После включения питания прибор находится в этом режиме работы независимо от текущего положения относительно меню. Изменения, внесенные в параметры, сохраняются при выходе из данного пункта меню и переключении в другой вплоть до выключения питания.

При включении питания загружаются те настройки, которые были текущими при нажатии команды Save Current.

6.3 Настройки прибора (Settings)

Меню настройки прибора (Settings) содержит следующие пункты (рис. 9):

IQ offset – под-меню настроек смещения I/Q каналов;

Ext Pulse Mod – под-меню настроек импульсной модуляции по внешнему сигналу, подаваемому на вход TRIG.

6.3.1 Смещение I/Q каналов (IQ offset)

Меню настроек смещения I/Q каналов содержит следующие пункты (рис. 10):

- **IQ offset Auto** – автоматическое смещение. При подключении I/Q каналов с развязкой по постоянному току можно воспользоваться уже откалиброванными значениями смещений, хранящимися в памяти прибора, для уровня гетеродина LO 0 дБм и заданной частоты;
- Значение смещения канала I;
- Значение смещения канала Q.

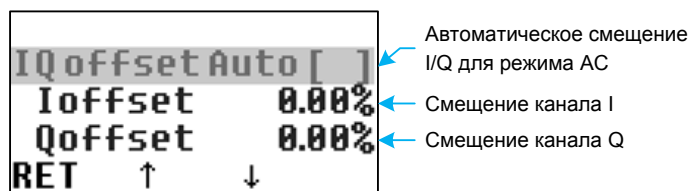


Рис. 10: Настройки смещения I/Q каналов (Settings>IQ offset)

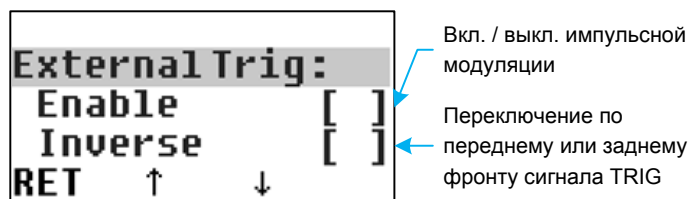


Рис. 11: Настройки внешней импульсной модуляции (Settings>Ext Pulse Mod)

Диапазоны регулировки смещения: $\pm 100\%$. Шкала смещения относительная, 100% соответствуют приблизительно 200 мВ. Следует также учесть, что схема входных каскадов рассчитана на подключение внешних источников с выходным сопротивлением по постоянному току равным 50 Ом. Именно в этом случае значения смещений 0% приблизительно соответствуют максимальному подавлению несущей.

Если используется подключение с развязкой по постоянному току, то возникает дополнительное смещение, которое можно компенсировать указанными настройками.

6.3.2 Внешняя импульсная модуляция (Ext Pulse Mod)

Меню настроек внешней импульсной модуляции содержит следующие пункты (рис. 11):

- **Enable** – включение внешней импульсной модуляции по сигналу на входе TRIG;
- **Inverse** – включение выходного сигнала RF Out по заднему фронту сигнала TRIG (по-умолчанию сигнал RF Out включается по переднему фронту).

6.4 Сохранение текущих настроек (Save Current)

Команда меню сохраняет текущие настройки и значения прибора в энергонезависимую память EEPROM. При включении питания прибор считывает,



проверяет на целостность и инициализирует параметры режимов считанными значениями. Если значения при включении вычитаны с ошибкой⁶, то загружаются значения по-умолчанию.

6.5 Загрузка настроек по-умолчанию (Load Default)

Команда инициализирует все параметры прибора значениями по-умолчанию, т.е. заводскими значениями, и переходит в режим работы. Фактически команда эквивалентна инициализации прибора при включении питания с настройками по-умолчанию (заводскими настройками).

6.6 Информация о приборе (Info)

Меню информации о приборе содержит следующие пункты (рис. 12):

Part Number – полное название прибора, включающее серию, модификацию, конструктивное исполнение;

Serial Number – серийный номер прибора;

Firmware Revision – версия прошивки в формате Rx.x mm/dd/yy, где x.x – номер прошивки, mm - месяц, dd – число, yy – год выхода прошивки;

Operation Time – время наработки прибора в часах. Увеличивается каждый час работы на единицу, если время работы менее часа, то при выключении прибора оно не учитывается;

Power-On Count – количество включений прибора;

Temperature – температура внутри блока квадратурного модулятора.

7 Удаленное управление

Управление данным прибором основано на стандарте SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments). Управление осуществляется через интерфейсы RS-232 и USB, расположенные на задней панели прибора, рис. 4, (USB работает в режиме последовательного порта), т.е. прибором легко управлять из любой программы, имеющей доступ к COM-порту компьютера. Активным может быть только один из портов, выбор происходит автоматически и один раз на все время работы прибора до выключения. Сигналом для выбора является любой пришедший байт на один из портов (не обязательно байт команды). Подключение по USB в приборе реализовано с помощью моста USB to UART и с точки зрения программного обеспечения компьютера представляет собой COM-порт, рис. 17. При данном способе

⁶Это может быть, например, после обновления прошивки с набором параметров, несовместимым со старой версией

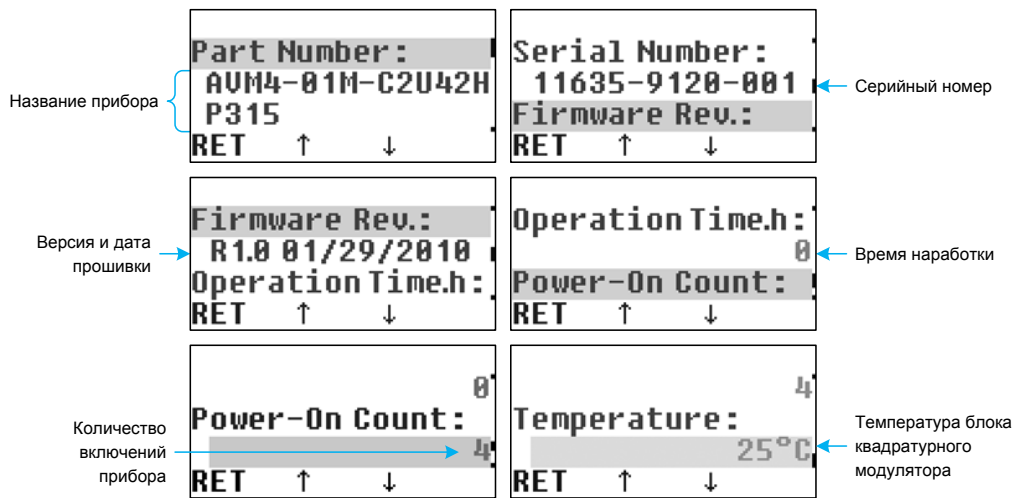


Рис. 12: Информация о приборе (Info)

подключения требуется установка драйвера⁷ моста (микросхема CP2102). На сайте производителя имеются драйвера для следующих операционных систем: Win2K/XP/2K3, Vista, Windows 7, Mac OS, Linux 3.1.

7.1 Quick Start

В качестве программы управления, например, можно воспользоваться стандартным приложением Windows *HyperTerminal* (Start▷Programs▷Accessories▷Communications▷HyperTerminal) для отправки команд в прибор, рис. 13. Настройки последовательного порта: 115200 bps, 8 data bits, parity none, 1 stop bit, flow control none, рис. 14. Для большего удобства использования терминала рекомендуем выставить настройки (File▷Properties, вкладка Settings, кнопка ASCII Setup...) “Echo typed characters locally” и “Send line ends with line feeds”. Например, последовательность строк в программе HyperTerminal:

```
*rst
freq 100MHz
pow -1dBm
```

вернет прибор в состояние по-умолчанию, установит частоту прибора 100 МГц и выходную мощность -1 дБм.

7.2 Протокол управления SCPI

На рис. 15 изображена модель обработки команд SCPI.

⁷Последнюю версию драйвера можно скачать с сайта компании [Silicon Labs](http://www.siliconlabs.com)

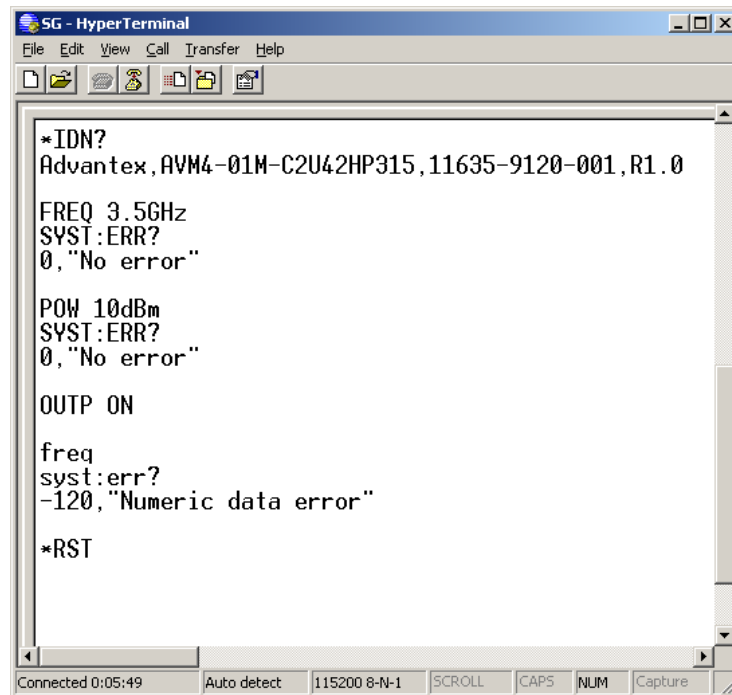


Рис. 13: Окно программы *HyperTerminal*

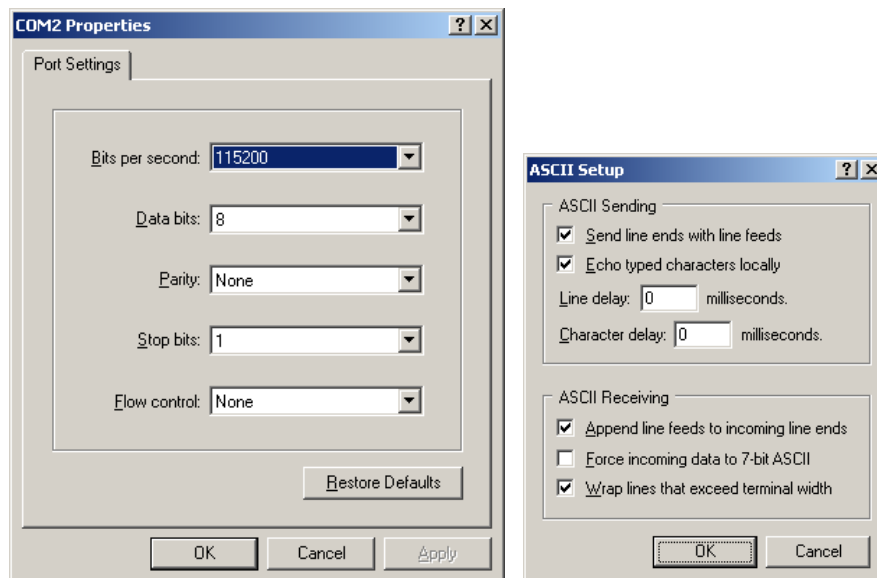


Рис. 14: Настройки COM-порта

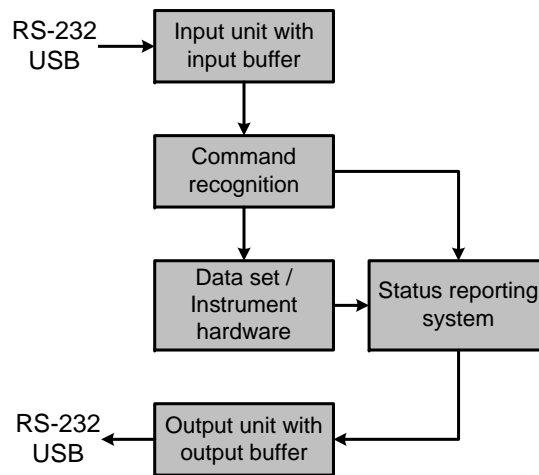


Рис. 15: Модель управления прибором и обработки команд

7.2.1 Соответствие стандарту

Набор команд прибора построен на основе SCPI версии 1999.0, но не совместим с ним полностью. Причины несовместимости:

- поддерживаются не все команды из обязательного списка (см. список команд);
- парсер распознает только одну команду в строке, длина строки не более 64 символов;
- длина буфера команд равна двум, т.е. не ожидая завершения выполнения первой команды можно сразу отправить вторую, но не более;
- не поддерживается в требуемом объеме отчетность о состоянии прибора;
- не поддерживается полный список форматов данных;
- документация не соответствует всем требованиям стандарта.

i В задачах, где требуется отправить несколько команд друг за другом без фиксированной временной задержки, для корректной работы SCPI рекомендуется использовать команду *OPC?

7.2.2 Заметки по стандарту

Приведенные заметки по стандарту помогут понять работу с SCPI-прибором.

- SCPI-команды не чувствительны к регистру, т.е. команды *RST и *rst идентичны.
- Часть слова, написанная заглавными буквами, соответствует краткой форме, т.е. для задания частоты, например, можно воспользоваться как командой FREQ, так и FREQUENCY.

- Слова, помещенные в квадратные скобки, являются необязательными. Команда для задания частоты [SOURce:]FREQuency[:CW] будет иметь одинаковый эффект в виде SOURce:FREQuency:CW, FREQuency:CW, SOURce:FREQuency, FREQuency.
- Если параметром к команде является число в некоторых единицах измерения, то существует единица измерения по-умолчанию. Например, команды FREQ 1GHz, FREQ 1E9Hz и FREQ 1000000000 задают одну и ту же частоту 1 ГГц, единица измерения по-умолчанию – Гц.
- Команды, оканчивающиеся знаком вопроса, являются запросами и возвращают ответ. Например, команда *IDN? возвращает строку-идентификатор прибора. У многих команд, задающих какое-либо значение, есть форма запроса, например, FREQ? – возвращает текущее значение частоты.
- Команды, предусматривающие ввод численных параметров, могут также принимать следующие: MINimum – минимальное значение, MAXimum – максимальное значение, DEFault – значение по-умолчанию. Например, команда FREQ MAX загрузит максимальную частоту 4 ГГц, или FREQ DEF загрузит 1 ГГц.
- Если в результате команды прибор не произвел должных действий, стоит проверить буфер сообщений об ошибках запросом SYSTem:ERRor:[NEXT]?. В случае отсутствия сообщений в буфере будет возвращена строка 0, 'No error', иначе – первое сообщение из буфера, содержащее стандартный код и описание ошибки.

7.3 Список команд SCPI

Рис. 16 содержит дерево команд (не включая стандартные). Пунктиром отмечены необязательные для ввода команды.

7.3.1 *CLS

Команда *CLS очищает буфер сообщений об ошибках.

7.3.2 *IDN?

Команда является запросом. В ответ приходит строка, содержащая информацию о приборе в следующем формате: *производитель, модель, серийный номер, информация о прошивке*.

7.3.3 *RST

Команда устанавливает прибор в заранее известное состояние (аналог команды меню Load Default), а именно: частота 1 ГГц, мощность 0 дБм, выход отключен.

Удаленную работу с прибором рекомендуется начинать с этой команды.

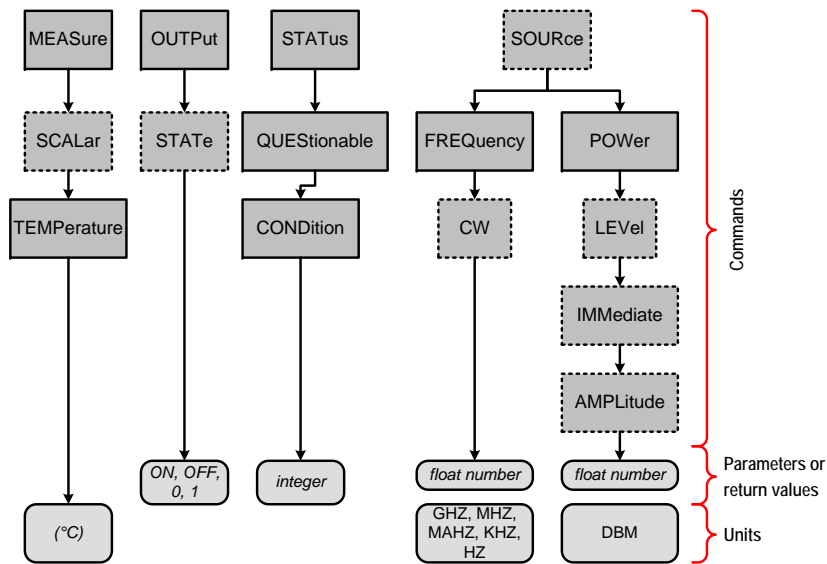


Рис. 16: Дерево команд

7.3.4 *OPC?

Команда является запросом. Команда после выполнения возвращает 1. Это означает, что все предыдущие команды завершили свое выполнение. Хорошей практикой является использование этой команды вместо временной задержки между командами.

Примеры использования: Если необходимо отправить несколько команд, следующих непосредственно друг за другом, например, задать частоту и мощность, то целесообразно это сделать следующим образом:

```

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

7.3.5 SYSTEM:ERRor[:NEXT]?

Команда является запросом. В ответ приходит строка, содержащая код и описание ошибки, расположенной в буфере сообщений. Если в буфере нет сообщений, то возвращается строка 0, "No error".

Буфер сообщений организован в виде FIFO (First In First Out, Первый Вошел Первый Вышел). Если пришедшая команда не соответствует требова-



ниям парсера, либо по каким-то причинам не может быть исполнена, формируется соответствующее сообщение, которое помещается в буфер. Буфер рассчитан на 2 сообщения. Очищается буфер двумя способами: вычитыванием по одному сообщению и командой *CLS. В случае, если буфер полон, и приходит еще одно сообщение, то сообщение, которое пришло в буфер последним, перетирается сообщением -350, "Queue overflow".

7.3.6 OUTPUT[:STATe]

Команда включает либо выключает выходной сигнал, аналогично кнопке RF OUT ON/OFF на лицевой панели.

Параметры: Для включения используются параметры 1 или ON, для отключения – 0 или OFF.

Команда в форме запроса возвращает значения 0 или 1.

Примеры использования:

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

7.3.7 [SOURce:]FREQuency[:CW]

Команда задает частоту выходного сигнала (гетеродина LO).

Параметры: Параметр задается в форме
[+|-]float_num[E[+|-]int_num] [GHZ|MHZ|MAHZ|KHZ|HZ].

Единицей измерения по-умолчанию является HZ. Заданное значение будет округлено с точностью устройства – 10^{-4} . Если заданный параметр не укладывается в диапазон устройства, то будет применено граничное значение, сообщение об ошибке сформировано не будет.

Команда в форме запроса возвращает текущее значение частоты в герцах. Форма ответа: [+|-]float_num.

Примеры использования:

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

7.3.8 [SOURce:]POWer[:LEVel][:IMMediate][:AMPLitude]

Команда задает мощность выходного сигнала.

Параметры: Параметр задается в форме `[+|-]float_num[E[+|-]int_num]` [DBM]. Единицей измерения по-умолчанию является DBM. Заданное значение будет округлено с точностью устройства – 10^{-2} . Если заданный параметр не укладывается в диапазон устройства, то будет применено граничное значение, сообщение об ошибке сформировано не будет.

Команда в форме запроса возвращает текущее значение уровня в дБм. Форма ответа: `[+|-]float_num`.

Примеры использования:

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

7.3.9 MEASure[:SCALar]:TEMPerature?

Команда возвращает значение температуры выходного усилителя в блоке синтезатора частот в градусах Цельсия. Форма ответа: `[+|-]float_num`.

Примеры использования:

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

7.3.10 STATus:QUEStionable:CONDition?

Команда возвращает значение статуса состояния прибора. Форма ответа: `integer_num`. Значение 0 означает, что все в норме, 3-й бит означает, что установленная мощность выходного сигнала вне диапазона калибровки.

Примеры использования:

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

8 Обновление прошивки

В состав прибора входит микроконтроллер (MCU), который управляет всеми СВЧ-узлами, графическим дисплеем и обработкой клавиатуры. Микроконтроллер имеет два типа энергонезависимой памяти: Flash, в которой хранится программа, и EEPROM, в которой хранится информация об устройстве, в т.ч. информация о текущей версии прошивки (программы для микроконтроллера). Поэтому обновление состоит из двух файлов в формате Intel Hex, один – для Flash, и второй – для EEPROM. Обновление прошивки осуществляется через интерфейс RS-232 или USB, подключаемый к порту персонального компьютера. Подключение по USB в

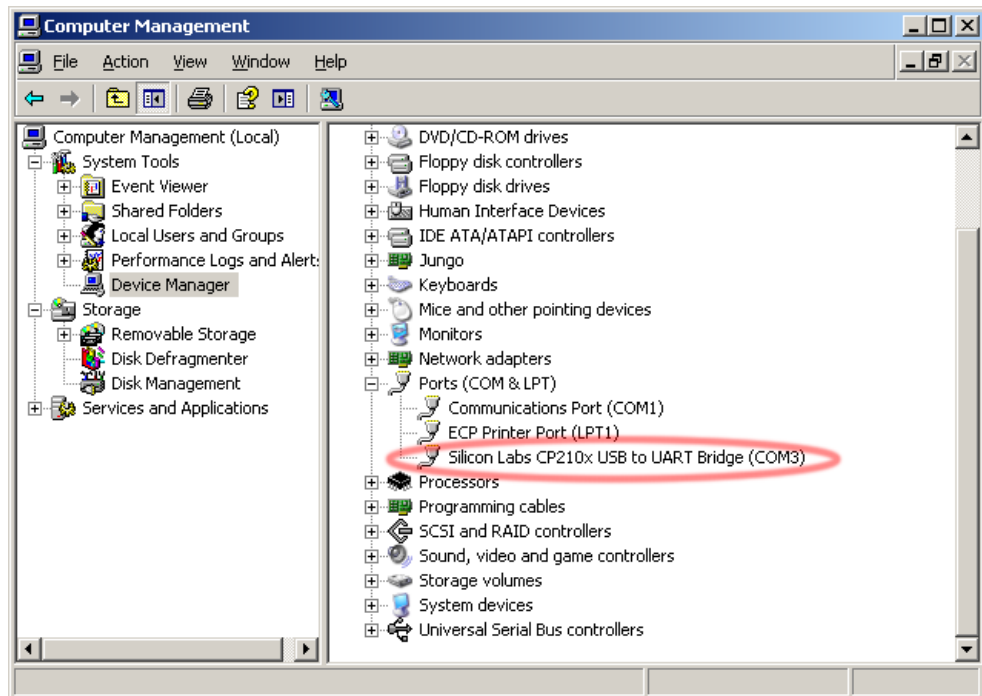


Рис. 17: Окно Device Manager (My Computer > Manage)

приборе реализовано с помощью моста USB to UART и с точки зрения программного обеспечения компьютера представляет собой COM-порт, рис. 17. При данном способе подключения требуется установка драйвера⁸ моста (микросхема CP2102). Поддерживаются следующие операционные системы: Win2K/XP/2K3, Windows 7.

После установки драйвера при подключении устройства в списке оборудования компьютера появляется COM-порт, его номер указан в конце строки (рис. 17).

При включении питания прибор всегда переходит в режим обновления прошивки и ждет соответствующей команды от компьютера. Если в течение пол-секунды команда не приходит, прибор переходит в штатный режим работы и уже не реагирует на команды записи или чтения Flash и EEPROM, т.к. в штатном режиме работы интерфейсы RS-232 и USB служат для удаленного управления прибором. Для обновления прошивки используется программа XMI Programmer (XMEGA Instrument Programmer), рис. 18. Последовательность действий следующая:

1. Выключить питание прибора;

⁸Последнюю версию драйвера можно скачать с сайта компании [Silicon Labs](http://www.siliconlabs.com)



2. Подключить прибор к персональному компьютеру через RS-232 или USB;
3. Запустить программу XMI Programmer;
4. Выбрать порт, нажать кнопку Connect. Если выбран не тот порт, нажать кнопку Stop, выбрать порт, нажать Connect;
5. Включить прибор. В течение одной секунды должно установиться соединение (строка Connecting... Ok!). Если этого не произошло то скорее всего выбран не тот порт, в таком случае нажмите Stop, выключите прибор, смените порт в выпадающем меню, нажмите Connect и включите прибор. Должна появиться надпись Connecting... Ok!;
6. Выберите пункт Write to MCU, флажок напротив пункта Rewrite All EEPROM Data оставьте невыделенным⁹;
7. Выберите файлы прошивки для Flash и EEPROM;
8. Нажмите кнопку Go! Процесс обновления занимает около 30 секунд и включает в себя проверку записанных данных, результаты операций выводятся в окно программы;
9. После успешного выполнения можно закрыть программу.

Текущую прошивку можно сохранить в файлы, если выбрать пункт Read from MCU.

9 Утилизация

Для утилизации прибора, отслужившего свой срок, следует обратиться к ближайшему представительству компании, специализирующейся на утилизации электронного оборудования¹⁰, либо связаться с нами по электронной почте sales@advantex.ru или телефону +7(495)721-47-74.

⁹Если этот пункт выделить, то будет переписана вся область памяти EEPROM, а не только та часть, которая содержит информацию о текущей версии прошивки. Т.е. индивидуальные данные прибора (серийный номер, время наработки, количество включений) будут стерты, что нежелательно

¹⁰Для поиска подобной компании достаточно воспользоваться системой поиска [Yandex](https://yandex.ru) по ключевому запросу “утилизация электронного оборудования”

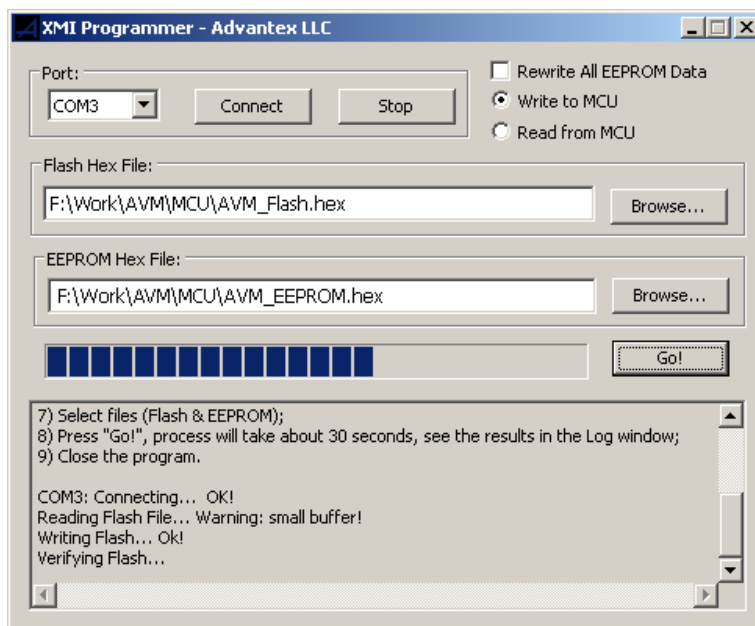


Рис. 18: Программа для обновления прошивки – XMI Programmer