

Oscillometer – Real-Time Spectrum Analyzer
Oscillometer – Real-Time Spectrum Analyzer

Functions	Назначение
Basic characteristics	Основные характеристики
System requirements	Системные требования
Recommended source of test signals	Источник измерительных сигналов
Time Overlap	Перекрытие во времени
Data Tapering (Smoothing) Windows	Взвешивающие (сглаживающие) окна
Averaging FFT results	Усреднение результатов анализа
Oscilloscope Modes	Режимы осциллографа
Dual Channel Processing Modes	Режимы двухканального анализа спектра
Standard Frequency Weighting	Стандартное взвешивание результатов
Quick Post Process	Работа с буфером
MultiMeter	Мультиметр
Graphic Panel	Графическая Панель
Control Panel	Панель управления
Main Menu	Главное меню
If you do not see a signal	Если Вы не видите сигнала
Unstable image of a spectrum	Неустойчивое отображение спектра
About Lissajous figures	О фигурах Лиссажу
Limitations of Demo Version	Ограничения демонстрационной версии
Registration	Регистрация
Warranties	Гарантии
Technical Support	Техническая поддержка
References	Литература
Acknowledgements	Благодарность
	О концепции элементов управления и отображения

Functions

This version of **OscilloMeter** is intended for real-time investigation of data accepted from the ADC of a standard sound card. For usage with other types of ADC, please mail to the author shmelyoff@newmail.ru to order special version of this program. The prices are moderate.

Basic characteristics

- Oscilloscope consists of an oscilloscope and spectrum analyzer.
- Maximum numbers of channels, sampling frequency, bit rate of data, frequencies range, precision are limited only by type of used ADC.
- The obtained data and images can be saved to files or clipboard.
- Oscilloscope modes (for dual-channel ADC): original signals, sum, difference, dependence of one channel on another, amplitude distribution of input signals.
- The synchronization is independent in each of panel.
- Spectrum analyzer works on algorithm of Fast Fourier transform (FFT).
- The size of the block a FFT is up to 2^{20} samples of an input signal.
- The processing of *overlapped in time* series of samples of an input signal for combination of high resolution of the analysis on time and on frequency simultaneously.
- Smoothing windows (weighing an input signal) - more than 50 types.
- Averaging of results of some FFT: equally weighted - scalar or vector; exponentially weighted - scalar. Number of averaging transforms is from 2 up to 20 or infinite.
- Synchronization of the spectrum analyzer is independent from oscilloscope.
- Holding or decaying maximum values of spectra.
- There are different Dual Channel Processing Modes:

Left , Right	Separate channels spectra.
Left ± Right	Spectra of sum and difference of signals of two channels. Summation is digital not analogous!
Left • Right	Spectrum of digital multiplication of signals of two channels.
Left • Left °	Spectra of “Self-Synchronized” Left signal.
Right • Right °	Spectra of “Self-Synchronized” Right signal.
Real (Left / Right)	Ratio of power of corresponding spectral components versus frequency.
Cross Spectrum	Product of left channel spectrum and complex conjugate right channel spectrum.
Complex (Left / Right)	Vector ratio of corresponding spectral components versus frequency and Coherence Function.
Complex (Right / Left)	Vector ratio of corresponding spectral components versus frequency and Coherence Function.

- The following parameters of input signal are calculated:

Parameter	Inaccuracy of calculation	Description
Peak Frequency	$5 \cdot 10^{-8} \dots 5 \cdot 10^{-7}$ of value	Frequency of the strongest spectral component of signal.
Peak Amplitude	0.01 dB	Amplitude of the strongest spectral component of signal.
Total Power	0.01 dB	Total RMS Power of input signal.
SNR	Signal to Noise Ratio 0.05 dB	The ratio of the fundamental power to the noise power.
SINAD	Signal to Noise Ratio 0.05 dB	The ratio of the fundamental power to the sum of

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

	plus Distortion Ratio		power of noise and harmonics.
SFDR	Spurious-Free Dynamic Range	0.05 dB	The ratio of the fundamental amplitude to the amplitude of highest spur except DC component.
ENOB	Effective Number Of Bits	0.1 bit	Effective Number Of Bits
THD	Total Harmonic Distortion	1...5% of value	The square root of ratio of the harmonics power to the fundamental power.
IMD	Inter-Modulation Distortion	1...5% of value	The square root of the ratio of the power of two strongest tones products to the sum power of these two strongest tones.
DC Offset		1 LSB of ADC	Direct Current Offset
Peak Phase		0.0001 degree	Phase shift between fundamentals in channels

System Requirements

Hardware requirements:

- IBM PC or compatible with 80486 CPU or higher (Pentium 166 recommended minimum)
- 32 MB RAM minimum.
- VGA monitor capable of displaying at least 256 colors.
- Hard Disk with 1MB free space. Additional space is required to save data files.
- Windows compatible sound card: 16 bit or 24 bit card only.
- Mouse or other pointing device.

Software requirements:

- Microsoft Windows 95 or greater, Windows NT 4.0 or greater.
- Sound Card drivers (supplied with Sound Card)

Recommended source of test signals

The best choice is “Two-Channel Multi-Tone Sound Frequency Sweep Generator” designed by the author. This generator is always accessible at the site:

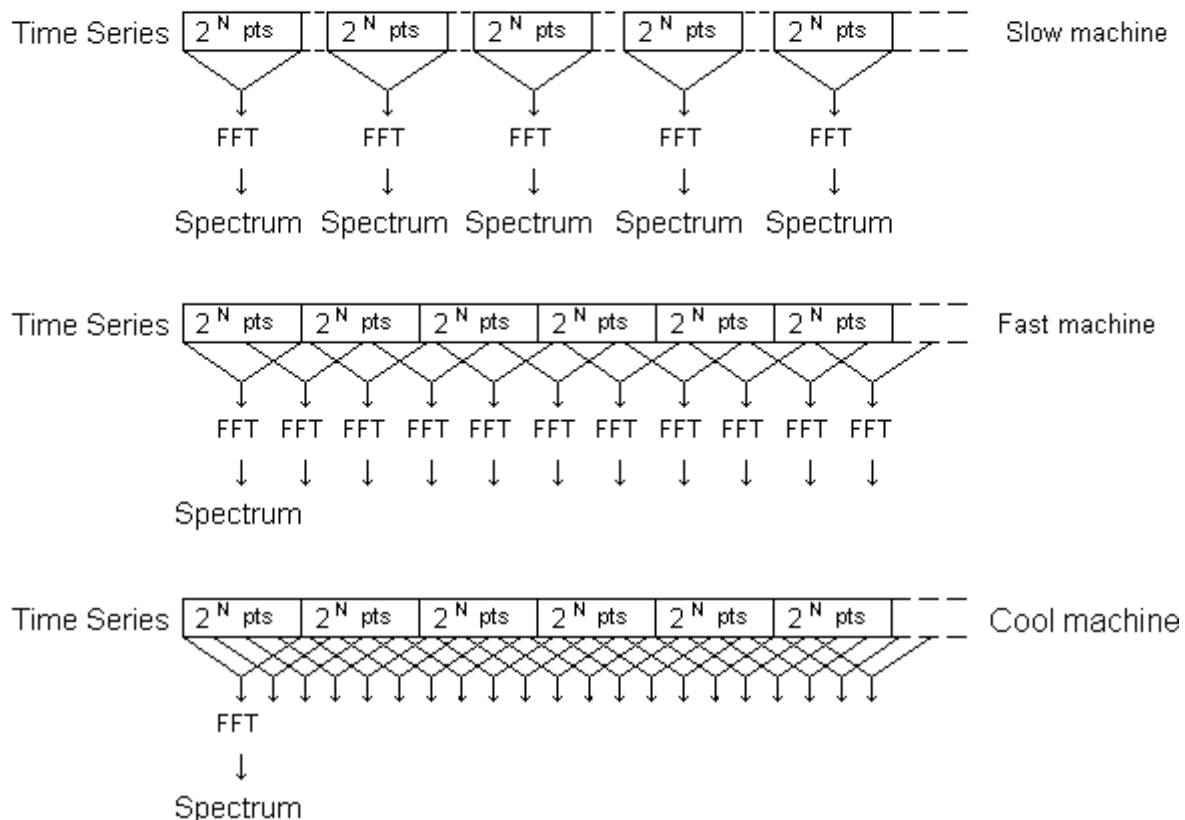
<http://shmelyoff.nm.ru/english.htm>. Another way to get it in web is a search for e.g. “Shmelyoff Sound Frequency Generator”

<http://www.google.com/search?q=Shmelyoff+Sound+Frequency+Generator>. You will find several appropriate links.

Time Overlap

This powerful feature allows increase the time resolution of spectral analysis by re-processing portions of the time series. The value of the FFT size block of data points, which is re-used, for the next trace depends on CPU speed. The faster machine provides the higher overlap percentages and therefore the higher time resolution. Minimal possible non-overlap interval is not less than one chunk of input buffer.

Large FFT sizes produce high frequency resolution but poor time resolution while low FFT sizes have the opposite effect. Overlap processing can be used to provide high resolution in both the frequency and time. For example, if a signal contains quickly sweeping tone, it is difficult to obtain smoothly changing spectrum because frequency changes significantly during a single FFT size time series block. If we perform an FFT and, instead of moving forward a whole FFT size block in the series (or even greater), move forward only a small amount, then we can decrease speed of signal frequency changes in relation to FFT process time. The following figures illustrate the effect of overlap processing



The program automatically produces maximum possible overlapping depending on processor speed. Minimal non-overlap interval is equal to one chunk of input buffer. Decreasing the size of input buffer improves time resolution but can give (on slow machines) not stable spectrum representation of input signal. Be care!

Data Tapering (Smoothing) Windows

The spectrum of input signal is calculated by Discrete Fourier Transform or more correctly – with its special realization named Fast Fourier Transform. This transform deals with finite number of samples of input signal. Therefore, discontinuity at the edges of sample sequence causes the distortion of a spectrum of input signal.

For elimination of such effect, **Data Tapering (Smoothing) Windows** should be applied. They smoothly bring to zero function near the edges of a selected sample sequence. There is a number of **Smoothing Windows** in this program. The use of a specific window depends on a problem to solve. For example, the **Hanning** window was used for distortion measurements. For precise amplitude measurements **Flat-Top** window should be used. Precise frequency measurement requires no window at all (**Uniform**). In general the window selection is always the compromise between the bandwidth, ripple inside this band, highest sidelobe level and maximum sidelobe falloff. The increase of ADC bit depth requires more scrupulous selection of **Smoothing Window** for full realization of extreme accuracy of measurements. See also.

Here are Figures of Merit and Formulas of different *Smoothing Windows*. Click “SHOW” button in *Smoothing Window* selection dialog and you will see the graphic representation of the selected *Window* both in time and frequency domains. The plots are given for FFT block size of 512 points. The *Window* is 100 points *length* and zero padded up to 512 points. The plots are normalized.

Averaging FFT results

Types of averaging:

"**Vector**" (synchronous, coherent) - averaging (arithmetically) of complex value of each harmonic of signal uniformly in time. For effective use the synchronize FFT must be on.

"**Linear**" (scalar, asynchronous, incoherent) - averaging of power of each harmonic uniformly in time.

"**Exponential**" - decaying in time averaging of the power of each harmonic of signal.

Number of averaged transformations:

1 - no averaging at all;

2 ... 20;

inf - infinite in time averaging.

Oscilloscope Modes

Left , Right

Left + Right

Left - Right

Left ~ Right

Right ~ Left

Distribution

-

Reset Distribution

Separate Channels Mode

Digital Sum of two Channels

Digital Difference of two Channels

Left versus Right

Right versus Left

Amplitude Distribution Density Mode

Clear Distribution Data

Dual Channel Processing Modes

Left , Right	Separate channels spectra.
Left ± Right	Spectra of sum and difference of signals of two channels. Summation is digital not analogous!
Left • Right	Spectrum of digital multiplication of signals of two channels.
Left • Left °	Spectra of “Self-Synchronized” Left signal.
Right • Right °	Spectra of “Self-Synchronized” Right signal.
Real (Left / Right)	Ratio of power of corresponding spectral components versus frequency.
Cross Spectrum	Product of left channel spectrum and complex conjugate right channel spectrum.
Complex (Left / Right)	Vector ratio of corresponding spectral components versus frequency and Coherence Function.
Complex (Right / Left)	Vector ratio of corresponding spectral components versus frequency and Coherence Function.

Quick Post Process

Once the input buffer is full, (it takes usually some seconds), you can stop further input and investigate received signal at different FFT size and Data Tapering (Smoothing) Windows. The results of averaging will be lost.

MultiMeter

Parameter	Inaccuracy of calculation	Description
Peak Frequency	$5 \cdot 10^{-8} \dots 5 \cdot 10^{-7}$ of value	Frequency of the strongest spectral component of signal.
Peak Amplitude	0.01 dB	Amplitude of the strongest spectral component of signal.
Total Power	0.01 dB	Total RMS Power of input signal.
SNR	0.05 dB	The ratio of the fundamental power to the noise power.
SINAD	0.05 dB	The ratio of the fundamental power to the sum of power of noise and harmonics.
SFDR	0.05 dB	The ratio of the fundamental amplitude to the amplitude of highest spur except DC component.
ENOB	0.1 bit	Effective Number Of Bits
THD	1...5% of value	The square root of ratio of the harmonics power to the fundamental power.
IMD	1...5% of value	The square root of the ratio of the power of two strongest tones products to the sum power of these two strongest tones.
DC Offset	1 LSB of ADC	Direct Current Offset
Peak Phase	0.0001 degree	Phase shift between fundamentals in channels

MultiMeter Control Panel

S N R	low = 5	SNR Low Limit (bins of periodogram)
E N O B	Pure	ENOB Pure / Full Scale
T H D	h = 10	THD Harmonics counter
I M D	h = 5	IMD Harmonics counter

$$\text{ENOB}(\text{pure}) = (\text{SINAD}(\text{dB}) - 1.76) / 6.02$$

$$\text{ENOB}(\text{Full Scale}) = (\text{SINAD}(\text{dB}) - \text{Peak Amplitude}(\text{dB}) - 1.76) / 6.02$$

$$\text{THD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^h P_{i \cdot f_1}}{P_{f_1}}}, \quad 0 < i \cdot f_1 < f_{\text{Nyquist}}$$

$$\text{IMD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^h P_{|i \cdot f_1 \pm j \cdot f_2|}}{P_{f_1} + P_{f_2}}}, \quad \begin{aligned} &0 < |i \cdot f_1 \pm j \cdot f_2| < f_{\text{Nyquist}} \\ &|i \cdot f_1 - j \cdot f_2| \neq f_1, f_2 \end{aligned}$$

Double click THD or IMD digital panels to change their data representation from percents to decibels and vice-versa.

The Direct Current component of input signal is calculated directly, as arithmetical average for period equal to one FFT block.

The other values are calculated (and average) by results of FFT. The phase shift between channels is averaging only in a mode of vector averaging of results of FFT.

The Amplitude is normalized by a sinusoidal signal of maximum ADC amplitude.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

For maximum precision of **Peak Frequency** measurement it is necessary to set off usage of weighing (smoothing windows) (i.e. to set Uniform - window).

For maximum precision of **Peak Phase Difference** measurement it is necessary to set usage of any window **except Uniform**.

For maximum precision of **Peak Frequency & Peak Phase Difference** measurements, it is necessary to set usage of any window of **Rife-Vincent** group.

For maximum precision of **Peak Amplitude** measurement of a simple signal use **Flat-Top 5A** window.

For maximum precision of parameters measurement of a composite signal use narrow-band windows **cos 8 min - cos 11 min** or **Rife-Vincent 8 - Rife-Vincent 11**. The last group is the most universal and is suitable for a majority of applications

Results of the measurements of the **SNR, SINAD, ENOB, THD, IMD** extremely depend on choice of weighing (smoothing windows).

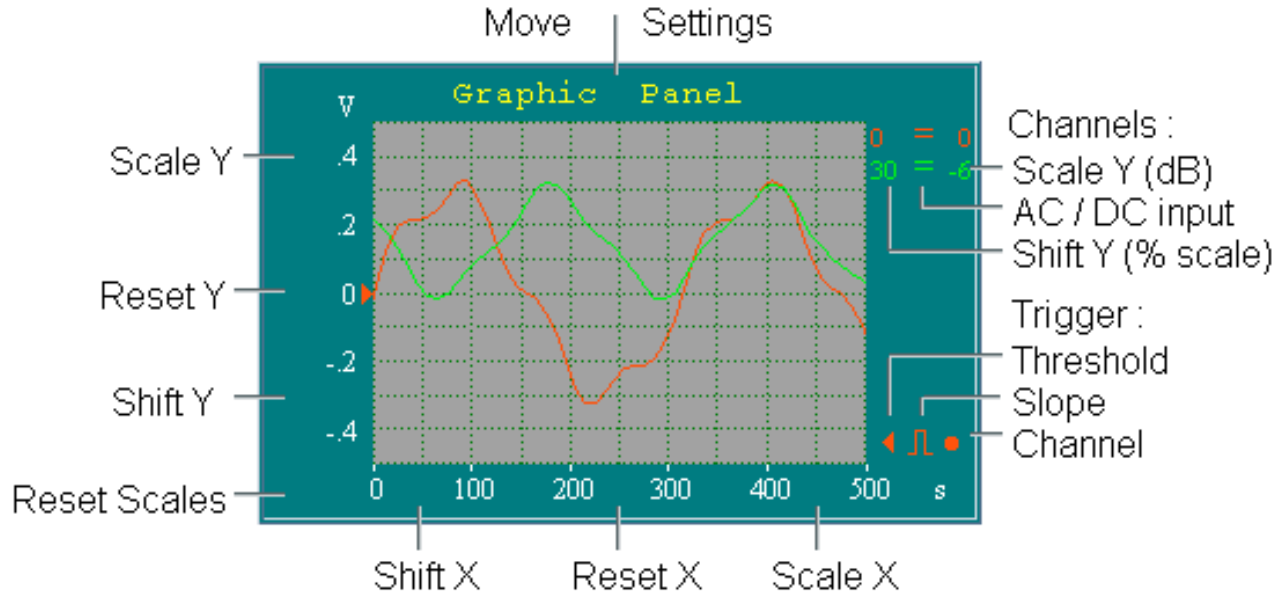
The window should be chosen according to the table. It shows the applicability of windows for ADC with different Bit Depth. FFT size must be not less than 2^{14} . Use Separate channels spectra mode. Only in this case there will be adequate outcomes of calculations. For ADC bit-rate higher than 16 bits the option " FFT High Precision " should be checked in the dialogue Device Selection - > Advanced.

The **SNR, SINAD, SFDR, ENOB and THD** are measured on a sinusoidal signal of required amplitude. Usually it is -1 dB.

IMD is measured on composite signal, e.g. 250 Hz / -2 dB + 8020 Hz / -14 dB. The presets of suitable signals are present in the Sound Frequency Generator included in full delivery.

Right click the title **"MultiMeter"** to copy all data to clipboard. The contrast of digital indicators is adjusted by scrolling of mouse wheel on the title **"MultiMeter"**.

Graphic Panel



Mouse: Left click on a specific zone decreases corresponding value, right click - increases it. Wheel also acts!

Measuring of intervals on the screen. Place the cursor in a starting point. Right-click. Move the cursor to the second point. Read the data under the cursor. Left click to switch off the mode of measuring of intervals.

Custom scaling. Select plot part by moving mouse with pressed left button. To return back click "Reset Scales".

Extra Settings Window:



The explanation is required for the item **Lines->Plot**, which is intended for accelerating plot drawing *by skipping small-sized image details*.

There are four possible modes:

1. **Normal** Draw all
2. **Smooth +** Smoothing positive peaks
3. **Smooth -** Smoothing negative peaks
4. **Average** Averaging data

Defaults are: for oscillogram - “**Normal**”; for spectrogram - “**Smooth -**”.

For adequate mapping of data closely pick an expedient draw mode!

Control Panel	Left Click	Right Click
_ [] X	Hide / Resize / Exit	Factory Defaults / Tile Vertical


Menu	Call Main Menu	
FFT time	?	-
Full time	?	-


SoundGen	Call Sound Generator	Synchro Start
MultiMeter	Show MultiMeter Panel	

Origin	Show Oscilloscope Panel	Auto Scale
L , R	Oscilloscope Modes	Oscilloscope Modes Menu

L , R	<i>second panel:</i> Oscilloscope Modes	

Spectra	Show Spectroscope Panel	Auto Scale
L , R	Dual Channel Mode	Dual Channel Mode Menu
AC / DC in	AC / DC Spectroscope input	Automatic DC correction / Zero Reset
Left +	Synchro channel selection	Trigger Slope
+10.00 %	Decrease Trigger Level	Increase Trigger Level
Peaks	Peaks Modes – Hold – Decay	Reset Peak Hold
Line 5	Averaging Mode & Number	Reset Averaging
Oct 1/12	Octave band power	
Weighting	Standard Frequency Weighting	Standard Frequency Weighting

Rife-Vinc 9	Select Smoothing Window	Quick Select Smoothing Window
PSD 	Normalize the spectrum to a 1 Hz band.	
FFT 2^14	Decrease FFT - block Size	Increase FFT - block Size
44.1 kHz	Decrease Sampling Rate	Increase Sampling Rate
Start/Stop	Start / Stop input	Select Input Device

 SysTray Icon	Show Control Panel	Main Menu



Main Menu may be called: - by **Menu** button click; - by **Tray Icon** right click; - by **Graphic Panel Caption** double click. Use the last one to save Graphic Panel image to file

or to clipboard

Configuration

Single Graph

Always On Top

Hide Hint While Run

Clear Screen

Find Sound Generator

Skin

Lock Reposition

-

Save Configuration

Load Configuration

Factory Defaults

Black-on-White

-

Tile Vertical

Tile Horizontal

Default Position

-

High Priority

-

Terminate

-

Display

Device Selection

Calibrate !

-

Oscillograph

SpectroMeter

MultiMeter

Smoothing Window

-

Sound Generator

System Mixer

-

Memory Info

Timing

-

Save

Save Input Data

Save Spectra to Binary

Save Spectra to Text

-

Save Image to File

Copy Image to Clipboard

Print

-

Configuration options:

Use for one-channel Devices

Place OscilloMeter above other windows

Hide Graphic Panels Hint While Run (improves performance)

Find Sound Generator executable location

Simultaneous reposition of all panels

Black-on-White Graphic Panels

Improves performance but may “freeze” other programs

Terminate the program without saving current settings

Selection of ADC Device, calibration & other settings

Show Calibrate Input Devices dialog

Show Oscillograph panel

Show SpectroMeter panel

Show MultiMeter panel

Show Smoothing Window Selection panel

Enable Synchronous Start of Sound Generator

Invoke Audio Device System Mixer

Estimate Required Memory

Measure FFT processing and full cycle time

Save Data to Files

Save Input Data to Files

Save Spectrum Data to Binary

Save Spectrum Data to Text

Save Image of selected Graphic Panel to File

Copy Image of selected Graphic Panel to Clipboard

For monochrome printer use **Black-on-White** option

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Synchro Start Sound Generator	Enable Synchronous Start of Sound Generator
Synchronize Sample Format	Enable Synchronize Sample Format
Lock Spectrum Scales	Simultaneous changes of Spectrum Graphic Panels scales
-	
Help	Show this Help
About	Show «About» window
Registration	Information About Registration
-	
Start / Stop	Start / Stop input
-	
Exit	Terminate the program

If you do not see a signal, verify :

- Selection of audio device;
- System mixer

Unstable image of a spectrum

This can be stipulated, first of all, by a non-stationary input signal, or simply with a bad contact in the source plug. Other reasons, most likely, are stipulated by hardware features of your computer: insufficient speed as a whole and/or insufficient volume of the main memory, use of slow and/or integrated video and sound subsystems. Try to close other working programs, sometimes it considerably improves Spectrum Analyzer performance.

About Lissajous figures

For a research of dependence of signals from each other in time domain press a button **L ~ R**. The overstrike changes channels by places (**R ~ L**). Establish on the lower graphic panel of the oscilloscope a mode of a separate featuring of signals (**L, R**) and adjust display so that more than one period of each signal is visible. In that case, the **Lissajous figures** will be visible on the upper graphic panel without ruptures.

Limitations of Demo Version.

The Demo version is a fully functional copy of Oscilloscope with the exception that input time is limited to 15 seconds after each "Start" button click.

Registration.

If you have superfluous 499 US dollars, you can purchase a fixit key and the demonstration limitation will be deblocked. For this purpose:

Open the "About" item in the menu of the program. There you will see the serial number of the copy of the program "OscilloMeter" installed on your computer. Copy the number to the clipboard by click the word "Serial". Send the serial number and fee to the author. In exchange you will receive a fixit key and instruction of its application.

The fixit key acts ONLY on YOUR computer.

If for any reason there is a need to re-register a product, i.e. from hard drive crash, replacement of hard drive, or purchase of a new computer, please mail to the author to verify the license information, and re-issue the key. There will be a 59 US dollars fee for this service.

Please mail to author shmelyoff@newmail.ru to get the latest information about ways of payment.

Starting from the version 4 a discount system of payment is applied. Give a brief description of the problems you deal with and try to solve with OscilloMeter and you can buy the program at a special price.

Author:

Oleg Yakovlevitch Shmelyoff, Moscow, Russia.

Warranties

The program is provided "AS-IS". No warranties of any kind, expressed or implied, are made as to it or any medium it may be on. Any remedy for indirect, consequential, punitive or incidental damages arising from it, including such from negligence, strict liability, or breach of warranty or contract, even after notice of the possibility of such damages will not be provided.

Technical Support

Technical Support only for registered users.

E-mail: shmelyoff@newmail.ru

Web: <http://shmelyoff.nm.ru/english.htm>
<http://shmelyoff.by.ru/english.htm>

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Great acknowledgements to Dr. V.P.Kuzmin, Mr. G.G.Skuratov and Mr. I.E.Nikitin for exacting testing.

Назначение

Данная версия Осциллометра предназначена для исследования в реальном времени сигналов, вводимых через АЦП стандартной звуковой карты. Для использования с другими типами АЦП обратитесь к автору shmelyoff@newmail.ru и закажите специальную версию программы. Цены умеренные.

Основные характеристики

- ◆ Осциллометр состоит из осциллографа и анализатора спектра.
- ◆ Максимальное количество каналов, частота дискретизации, разрядность данных, полоса рабочих частот и точность измерений ограничены только типом применяемых АЦП.
- ◆ Сохранение полученных данных и изображений в файлы или буфер обмена.
- ◆ Осциллограф имеет режимы (для двухканальных АЦП): исходные сигналы, сумма, разность, зависимость одного канала от другого, амплитудное распределение входных сигналов.
- ◆ Независимая синхронизация в каждой из панелей.
- ◆ Анализатор спектра работает по алгоритму быстрого преобразования Фурье (БПФ).
- ◆ Размер блока БПФ до 2^{20} выборок входного сигнала.
- ◆ Обработка *перекрывающихся во времени* последовательностей выборок входного сигнала для сочетания высокой разрешающей способности анализа по времени и по частоте одновременно.
- ◆ Сглаживающие окна (взвешивающие входной сигнал) – более 50 типов.
- ◆ Усреднение результатов БПФ: равновзвешенное по реализациям – скалярное или векторное; экспоненциально взвешенное по реализациям – скалярное. Количество усредняемых реализаций от 2 до 20 или бесконечное.
- ◆ Синхронизация анализатора спектра - независимая от осциллографа.
- ◆ Запоминание пиковых значений спектра: фиксированное или с затуханием во времени.
- ◆ Имеются различные режимы двухканального анализа спектра:

Left , Right	Раздельные спектры каналов.
Left ± Right	Спектры суммы и разности сигналов двух каналов. Суммирование цифровое, а не аналоговое!
Left • Right	Спектр цифрового произведения сигналов двух каналов.
Left • Left °	Спектр «Самосинхронизированного» сигнала левого канала.
Right • Right °	Спектр «Самосинхронизированного» сигнала правого канала.
Real (Left / Right)	Действительная передаточная функция – отношение мощностей соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты.
Cross Spectrum	Перекрестный спектр: произведение спектра левого канала на комплексно сопряженный спектр правого канала.
Complex (Left / Right)	Комплексная передаточная функция – векторное отношение соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты и функция когерентности.
Complex (Right / Left)	Комплексная передаточная функция – векторное отношение соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты и функция когерентности.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

- ◆ Вычисляются следующие параметры входного сигнала:

Название параметра	Погрешность вычислений	Описание
Peak Frequency	Peak Frequency $5 \cdot 10^{-8}$... $5 \cdot 10^{-7}$ от измеренной величины	Основная частота - частота наибольшей составляющей входного сигнала.
Peak Amplitude	Peak Amplitude 0.01 дБ	Амплитуда наибольшей составляющей входного сигнала
Total Power	Total Power 0.01 дБ	Мощность входного сигнала.
SNR	Signal to Noise Ratio 0.05 дБ	Отношение сигнал / шум – отношение мощности сигнала основной частоты к мощности шума.
SINAD	Signal to Noise plus Distortion Ratio 0.05 дБ	Отношение сигнал / (шум + искажения) - отношение мощности сигнала основной частоты к суммарной мощности шума и гармоник.
SFDR	Spurious-Free Dynamic Range 0.05 дБ	Динамический диапазон как отношение амплитуд основного сигнала и наибольшего побочного (шумового или гармонического), за исключением постоянной составляющей
ENOB	Effective Number Of Bits 0.1 бит	Эффективное количество бит – реальная разрядность АЦП, учитывающая шумы и искажения.
THD	Total Harmonic Distortion $1 \dots 5\%$ от измеренной величины	Общие гармонические искажения – квадратный корень из отношения суммарной мощности гармоник к мощности основной частоты.
IMD	Inter-Modulation Distortion $1 \dots 5\%$ от измеренной величины	Интермодуляционные искажения – квадратный корень из отношения суммарной мощности продуктов (комбинационных частот) двух самых больших (основных) сигналов к суммарной мощности этих основных сигналов.
DC Offset	Direct Current Offset 1 МЗР АЦП	Постоянная составляющая входного сигнала.
Peak Phase	Peak Phase Difference 0.0001 градуса	Фазовый сдвиг между основными частотами в каналах.

Системные требования:

Аппаратные требования:

- IBM персональный компьютер или совместимый с 80486 центральным процессором или выше (Pentium 166 рекомендованный минимум)
- Минимум оперативной памяти 32 Мбайта.
- Монитор VGA, способный к отображению, по крайней мере, 256 цветов.
- Жесткий диск со свободным пространством 1МБ. Дополнительное пространство требуется, чтобы сохранять файлы данных.
- Windows совместимая звуковая плата: 16 или 24 разрядная.
- Мышь или другое аналогичное устройство управления позицией.

Программные требования:

- Microsoft Windows 95 или выше, Windows NT 4.0 или выше.
- Драйверы звуковой платы (поставляются со звуковой платой).

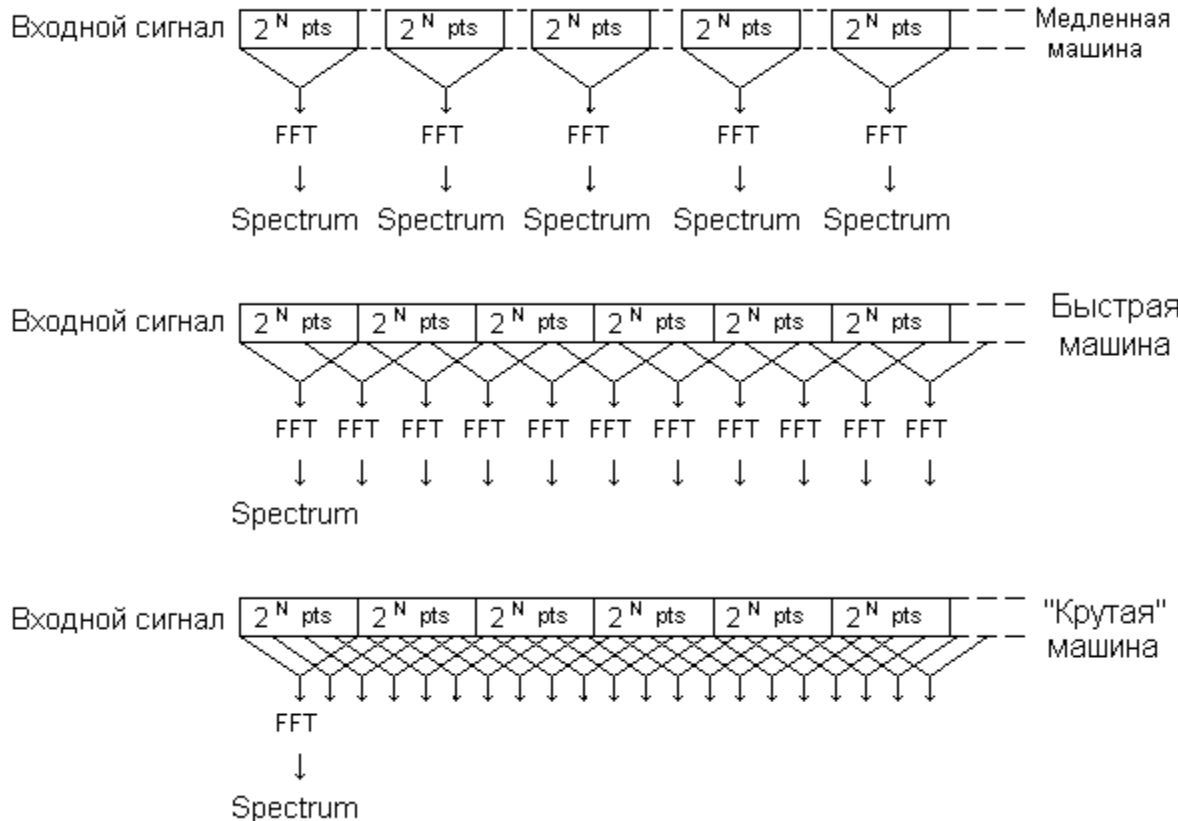
Рекомендуемый источник измерительных сигналов.

Лучший выбор это - “Двухканальный многотоновый звуковой генератор качающейся частоты”, разработанный автором. Этот генератор всегда доступен на сайте <http://shmelyoff.nm.ru>. Другой способ получить его в сети это поиск, например, “Shmelyoff Sound Frequency Generator” <http://www.google.com/search?q=Shmelyoff+Sound+Frequency+Generator>. Вы найдете несколько подходящих адресов.

Перекрытие во времени

Эта эффективная возможность позволяет увеличить временное разрешение спектрального анализа путем повторной обработки части последовательности отсчетов входного сигнала. Размер части блока БПФ, обрабатываемой повторно, зависит от скорости центрального процессора. Более быстрая машина обеспечивает более высокий процент перекрытия и, следовательно, повышает временное разрешение. Минимально возможный не перекрывающийся интервал не может быть меньше чем элементарный входной буфер (buffer size).

Более длинные БПФ-блоки повышают разрешение по частоте, но снижают – по времени, тогда как короткие БПФ-блоки дают противоположный эффект. Обработка с перекрытием во времени может быть использована для обеспечения высокой разрешающей способности сразу и по частоте и по времени. Например, если исследуемый сигнал содержит быстро изменяющийся по частоте тон, становится трудно получить плавное представление спектра, потому что частота изменяется значительно за время обработки одного БПФ-блока. Если выполнить БПФ и вместо продвижения вперед на целый БПФ-блок во входной последовательности продвинуться на малую величину, то таким образом можно уменьшить скорость изменения сигнала по отношению ко времени выполнения БПФ. Следующие рисунки иллюстрируют эффект от обработки с перекрытием во времени.



Программа автоматически производит максимум возможного перекрытия, зависящий от скорости процессора. Минимальный не перекрывающийся интервал равен элементарному входному буферу (buffer size). Уменьшение размера элементарного входного буфера улучшает разрешающую способность по времени, но может привести (на медленных машинах) к нестабильному представлению спектра входного сигнала. Будьте внимательны!

Взвешивающие (сглаживающие) окна

Спектр входного сигнала в данной программе определяется при помощи дискретного преобразования Фурье (ДПФ), а точнее - его специальной реализации - быстрого преобразования Фурье (БПФ). Поскольку эти преобразования имеют дело с конечной выборкой сигнала, разрывы в нем на границах исследуемых участков сильно искажают его спектр.

Для устранения этого эффекта применяются так называемые **взвешивающие (сглаживающие) окна** (*Data Tapering (Smoothing) Windows*). Они плавно сводят на нет функцию вблизи краев анализируемого участка. Выбранный для анализа участок сигнала умножается на весовое окно, которое устраняет разрывы функции на краях данного участка сигнала. В программе имеется выбор **взвешивающих окон**. Использование того или иного окна зависит от поставленной задачи. Например, для измерения коэффициента нелинейных искажений часто применяли окно **Hanning**. Для точного измерения амплитуды – **Flat-Top** окно. А для точного измерения частоты вообще не используют окно (этот случай обозначен в диалоге выбора окон как **Uniform**). В общем случае выбор окна это всегда компромисс между шириной полосы пропускания, неравномерностью внутри этой полосы, подавлением за её пределами и крутизной склонов. Повышение разрядности АЦП требует более скрупулезного подбора взвешивающих окон для полной реализации предельной точности измерений. См. также.

Ниже приведены характеристики окон, а также их аналитические выражения. Данные заимствованы из разных источников, поэтому некоторые почти тождественные окна могут иметь различные обозначения. Окна, предложенные автором данной программы обозначены как **Author's**. Нажмите кнопку “SHOW” в диалоге выбора окон и вы увидите графическое представление выбранного окна одновременно во временной и частотной областях. Для наглядности изображение построено для БПФ-блока размером 512 точек. Окно имеет длину 100 точек и дополнено нулями до размера 512 отсчетов. Графики нормализованы.

Усреднение результатов нескольких последовательных преобразований Фурье.

Типы усреднения:

Vector - **Векторное** (синхронное, когерентное) – усредняется (арифметически) комплексная величина каждой из гармоник равномерно во времени. Для эффективного использования требуется включение синхронизации для БПФ.

Linear - **Линейное** (скалярное, асинхронное, некогерентное) – усредняется мощность каждой гармоники равномерно во времени.

Exponential - **Экспоненциальное** – усредняется мощность каждой гармоники с затуханием во времени.

Количество усредняемых преобразований:

1 - усреднения нет;

2 ... 20;

inf - бесконечное во времени усреднение.

Режимы осциллографа

Left , Right	Раздельный показ каналов
Left + Right	Цифровая сумма двух каналов
Left - Right	Цифровая разность двух каналов
Left ~ Right	Левый против правого
Right ~ Left	Правый против левого
Distribution	Плотность амплитудного распределения
-	
Reset Distribution	Очистить данные амплитудного распределения

Режимы двухканального анализа спектра.

Left , Right	Раздельные спектры каналов.
Left \pm Right	Спектры суммы и разности сигналов двух каналов. Суммирование цифровое, а не аналоговое!
Left • Right	Спектр цифрового произведения сигналов двух каналов.
Left • Left^o	Спектр «Самосинхронизированного» сигнала левого канала.
Right • Right^o	Спектр «Самосинхронизированного» сигнала правого канала.
Real (Left / Right)	Действительная передаточная функция – отношение мощностей соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты.
Cross Spectrum	Перекрестный спектр: произведение спектра левого канала на комплексно сопряженный спектр правого канала.
Complex (Left / Right)	Комплексная передаточная функция – векторное отношение соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты и функция когерентности.
Complex (Right / Left)	Комплексная передаточная функция – векторное отношение соответствующих компонент спектров двух сигналов в зависимости от частоты и функция когерентности.

Работа с буфером

Как только входной буфер заполнен (это занимает обычно несколько секунд), вы можете остановить дальнейший ввод сигнала и исследовать уже полученные данные с другими размерами БПФ-блока (FFT size) и разными типами взвешивающих (сглаживающих) окон (Data Tapering (Smoothing) Windows). Результаты усреднения (если оно было включено) при этом теряются.

Мультиметр

	Название параметра	Погрешность вычислений	Описание
Peak Frequency	Peak Frequency	$5 \cdot 10^{-8}$... $5 \cdot 10^{-7}$ от измеренной величины	Основная частота - частота наибольшей составляющей входного сигнала.
Peak Amplitude	Peak Amplitude	0.01 дБ	Амплитуда наибольшей составляющей входного сигнала
Total Power	Total Power	0.01 дБ	Мощность входного сигнала.
SNR	Signal to Noise Ratio	0.05 дБ	Отношение сигнал / шум – отношение мощности сигнала основной частоты к мощности шума.
SINAD	Signal to Noise plus Distortion Ratio	0.05 дБ	Отношение сигнал / (шум + искажения) - отношение мощности сигнала основной частоты к суммарной мощности шума и гармоник.
SFDR	Spurious-Free Dynamic Range	0.05 дБ	Динамический диапазон как отношение амплитуд основного сигнала и наибольшего побочного (шумового или гармонического), за исключением постоянной составляющей
ENOB	Effective Number Of Bits	0.1 бит	Эффективное количество бит – реальная разрядность АЦП, учитывающая шумы и искажения.
THD	Total Harmonic Distortion	1...5% от измеренной величины	Общие гармонические искажения – квадратный корень из отношения суммарной мощности гармоник к мощности основной частоты.
IMD	Inter-Modulation Distortion	1...5% от измеренной величины	Интермодуляционные искажения – квадратный корень из отношения суммарной мощности продуктов (комбинационных частот) двух самых больших (основных) сигналов к суммарной мощности этих основных сигналов.
DC Offset	Direct Current Offset	1 МЗР АЦП	Постоянная составляющая входного сигнала.
Peak Phase	Peak Phase Difference	0.0001 градуса	Фазовый сдвиг между основными частотами в каналах.

Панель управления Мультиметра

S N R	low = 5	нижний предел при подсчете шума и гармоник (точек периодограммы)
E N O B	Pure	чистый / нормированный на всю шкалу
T H D	h = 10	число учитываемых гармоник
I M D	h = 5	число учитываемых комбинационных частот

$$\text{ENOB}(\text{pure}) = (\text{SINAD}(\text{dB}) - 1.76) / 6.02$$

$$\text{ENOB}(\text{Full Scale}) = (\text{SINAD}(\text{dB}) - \text{Peak Amplitude}(\text{dB}) - 1.76) / 6.02$$

$$\text{THD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^h P_{i \cdot f_1}}{P_{f_1}}}, \quad 0 < i \cdot f_1 < f_{\text{Nyquist}}$$

$$\text{IMD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^h P_{|i \cdot f_1 \pm j \cdot f_2|}}{P_{f_1} + P_{f_2}}}, \quad 0 < |i \cdot f_1 \pm j \cdot f_2| < f_{\text{Nyquist}}$$

$$|i \cdot f_1 - j \cdot f_2| \neq f_1, f_2$$

Двойное нажатие цифровых панелей **THD** или **IMD** изменяет представление их результатов из процентов в децибелы и обратно.

Постоянная составляющая входного сигнала вычисляется **непосредственно**, как среднее арифметическое за период, равный одному блоку БПФ.

Остальные величины вычисляются (и усредняются.) по результатам БПФ. Фазовый сдвиг между каналами усредняется только в режиме векторного усреднения результатов БПФ. Мощность нормирована на синусоидальный сигнал максимальной амплитуды (полной шкалы АЦП).

Для максимальной точности измерения частоты следует отключить использование взвешивающих (сглаживающих окон) (т.е. установить **Uniform** – окно).

Для максимальной точности измерения фазового сдвига между основными частотами в каналах следует включить любое окно **кроме Uniform**.

Для максимальной точности измерения одновременно и частоты и фазового сдвига между каналами следует включить любое окно группы **Rife-Vincent**.

Для максимальной точности измерения амплитуды простого синусоидального сигнала используйте **Flat-Top 5A** окно.

Для измерения параметров сложных (составных) сигналов используйте узкополосные окна **cos 8 min - cos 11 min** или **Rife-Vincent 8 - Rife-Vincent 11**. Последние являются практически универсальными и подходят для большинства применений.

Результаты измерения отношений сигнал / шум, сигнал / (шум + искажения), эффективного количества бит, общих гармонических и интермодуляционных искажений чрезвычайно сильно зависят от выбора взвешивающих (сглаживающих окон). Окно должно выбираться в соответствии с таблицей, в которой указана применимость окон для АЦП различной разрядности (Bit Depth). Размер БПФ блока должен быть не меньше 2^{14} . Используйте режим отдельных спектров каналов. Только в этом случае будут достаточно адекватные результаты вычислений. Кроме того, для АЦП с разрядностью выше 16 бит следует включать опцию “повышенная точность” – “FFT High Precision” в диалоге Device Selection -> Advanced FFT.

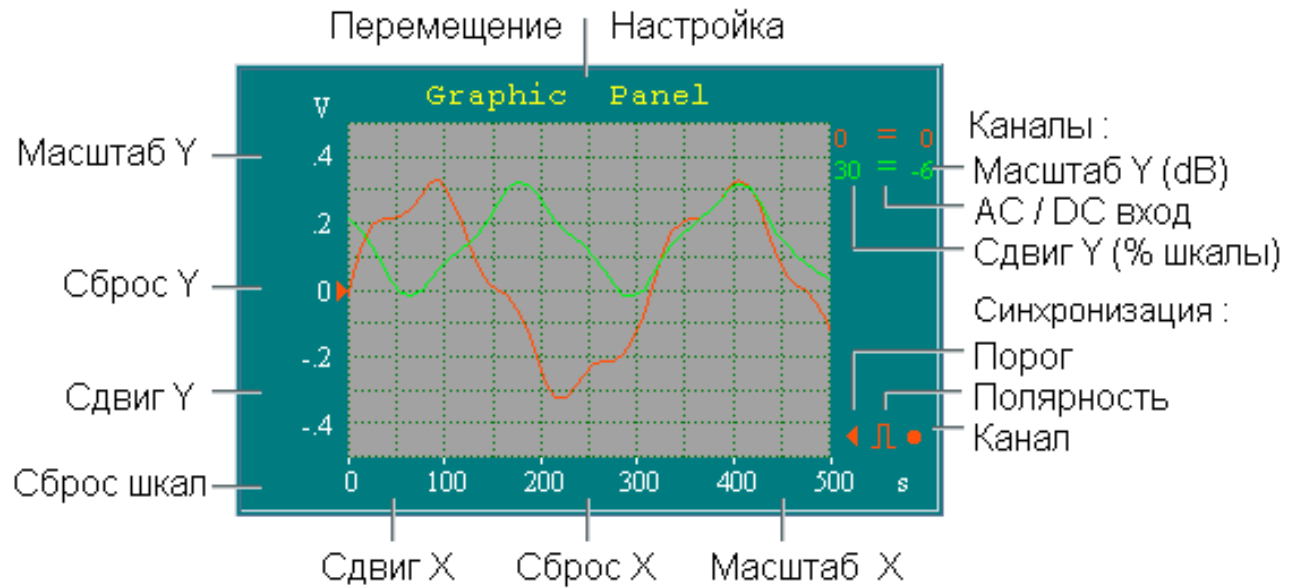
Отношение сигнал / шум, сигнал / (шум + искажения), эффективное количество бит и общие гармонические искажения измеряют при подаче на вход исследуемого устройства синусоидального сигнала требуемой амплитуды. Обычно это –1 дБ.

Интермодуляционные искажения измеряют при подаче составного сигнала, например 250 Гц / -2 дБ + 8020 Гц / -14 дБ. Наборы подходящих сигналов имеются в Генераторе звуковых частот, входящем в полную поставку.

Ориентировочные погрешности измерений Мультиметра, обусловленные вычислениями, определяются на тестовом, чисто «цифровом» сигнале по разбросу показаний при оптимальном подборе взвешивающих (сглаживающих окон).

Что бы скопировать все результаты в буфер обмена щелкните правой кнопкой мыши по заголовку **«MultiMeter»**. Контрастность цифровых индикаторов регулируется вращением колеса мыши на заголовке.

Графическая Панель



Мышь: Левый клик в заданной зоне уменьшает соответствующее значение, правый – увеличивает. Колесо также работает!

Измерение интервалов на экране. Поставьте курсор в начальную точку. Щелкните правой кнопкой мыши. Переместите курсор во вторую точку. Прочтите показания под курсором. Чтобы выключить режим измерения интервалов щелкните левой кнопкой мыши.

Произвольное масштабирование. Выделите необходимый участок графика движением мыши с нажатой левой кнопкой. Чтобы вернуться назад щелкните «Сброс шкал».

Окно дополнительных настроек:



Пояснения требует пункт **Lines->Plot**, предназначенный для ускорения построения графиков *за счет пропуска мелких деталей изображения*.

Имеется четыре возможных состояния:

1. **Normal** рисуется все
2. **Smooth +** сглаживаются положительные выбросы
3. **Smooth -** сглаживаются отрицательные выбросы
4. **Average** данные усредняются

По умолчанию для осциллограмм режим “**Normal**”, для спектрограмм – “**Smooth -**”.

Для адекватного отображения результатов внимательно выбирайте способ построения!

Панель управления	Левая кнопка мыши	Правая кнопка мыши
_ [] X	Спрятать / Вернуть / Выход	Заводские установки / Панели рядом
----- Menu FFT time Full time	Вызов Главного меню ? ?	-
----- SoundGen MultiMeter	Вызов Звукового генератора Показать панель мультиметра	Синхронный старт
----- Origin L , R	Показать панель осциллографа Режимы осциллографа <i>вторая панель:</i>	Автоматическое масштабирование Меню режимов осциллографа
----- L , R	Режимы осциллографа	
----- Spectra L , R	Показать панель анализатора спектра Режимы двухканального анализатора спектра	Автоматическое масштабирование Меню двухканального анализатора спектра
----- AC / DC in	Закрытый / открытый вход анализатора спектра	Коррекция нуля по текущему значению смещения / Сброс нуля
----- Left + +10.00 % Peaks Line 5	Выбор синхронизирующего канала Уменьшить порог синхронизации График : Удержание - Затухание	Полярность запускающего сигнала Увеличить порог синхронизации Сбросить Удержание
----- Oct 1/12	Усреднение: тип и количество отсчетов	Сбросить Усреднение
----- Weighting	Отображение мощности в дробно-октавных полосах Стандартное взвешивание результатов	Стандартное взвешивание результатов
----- Rife-Vinc 9	Выбор взвешивающего окна	Быстрый выбор взвешивающего окна
----- PSD 	Нормализовать спектр на 1 Гц полосу.	
----- FFT 2^14 44.1 kHz Start/Stop	Уменьшить размер БПФ-блока Уменьшить частоту дискретизации Старт / Стоп	Увеличить размер БПФ-блока Увеличить частоту дискретизации Выбор Входного устройства
-----  Иконка в панели задач	Показать Панель управления	Главное меню



Главное меню может быть вызвано: - кнопкой **Menu**; - правой кнопкой мыши на иконке в панели задач; - двойным щелчком на заголовке графической панели.

Используйте последний способ для сохранения изображения конкретной панели в файл или в буфер обмена.

Configuration	Настройки
Single Graph	Используется для одноканальных устройств
Always On Top	Располагает Осциллометр поверх других окон
Hide Hint While Run	Прячет подсказки графических панелей во время ввода для ускорен
Clear Screen	Очистить экран
Skin	Выбор оформления
Find Sound Generator	Определить местоположение звукового генератора
-	
Save Configuration	Сохранить конфигурацию в файле
Load Configuration	Загрузить конфигурацию из файла
Factory Defaults	Вернуть заводские установки
-	
Tile Vertical	Расположить панели рядом
Tile Horizontal	Расположить панели друг над другом
Default Position	Позиция по умолчанию
Black-on-White	Черно-белое изображение графических панелей
-	
High Priority	Увеличивает быстродействие, но может затормозить другие програ
-	
Terminate	Завершить программу без сохранения текущих установок
-	
Display	
Device Selection	Выбор входного устройства, калибровка и другие настройки
Calibrate !	Вызов диалога калибровки входного устройства
-	
Oscillograph	Показать осциллограф
SpectroMeter	Показать спектроанализатор
MultiMeter	Показать мультиметр
Smoothing Window	Показать панель выбора взвешивающего окна
-	
Sound Generator	Показать звуковой генератор
System Mixer	Вызвать системный микшер
-	
Memory Info	Оценка требуемой памяти
Timing	Показать время выполнения БПФ и полного цикла обработки
-	
Save	Сохранение данных
Save Input Data	Сохранить входные данные в файл
Save Spectra to Binary	Сохранить спектры в двоичные файлы
Save Spectra to Text	Сохранить спектры в текстовые файлы
-	
Save Image to File	Сохранить изображение выбранной панели в файл
Copy Image to Clipboard	Копировать изображение выбранной панели в буфер обмена
Print	Печатать. Для монохромных принтеров примените опцию Black-on
-	

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Synchro Start Sound Generator	Разрешить синхронный старт звукового генератора
Synchronize Sample Format	Синхронизировать формат данных звукового генератора
Lock Spectrum Scales	Одновременное изменение масштаба панелей спектроанализатора
-	
Help	Вызов данной справки
About	Показ окна “О программе”
Registration	Информация о регистрации программы
-	
Start / Stop	Начать / остановить ввод данных с АЦП
-	
Exit	Завершить работу

Если Вы не видите сигнала, проверьте:

- Выбор аудио устройства;
- Системный микшер

Неустойчивое отображение спектра

Может быть связано, прежде всего, с нестационарным входным сигналом, а то и просто с плохим контактом во входном разъеме. Другие причины, скорее всего, обусловлены аппаратными особенностями вашего компьютера: недостаточное быстродействие в целом и/или недостаточный объем оперативной памяти, использование медленных и/или интегрированных видео и звуковых подсистем. Попробуйте закрыть другие параллельно работающие программы, иногда это значительно улучшает производительность спектроанализатора.

О фигурах Лиссажу

Для исследования зависимости сигналов друг от друга во временной области нажмите кнопку **L ~ R**. Повторное нажатие меняет каналы местами (**R ~ L**). Установите на нижней графической панели осциллографа режим раздельного показа сигналов (**L , R**) и настройте развертку так, чтобы было видно более одного периода каждого из сигналов. Это гарантирует, что на верхней графической панели будет видна фигура Лиссажу **без разрывов**.

Ограничения демонстрационной версии.

Демонстрационная версия - полностью функциональная копия Осциллометра за исключением того, что время непрерывного ввода сигнала ограничено 15 секундами после каждого нажатия кнопки "Start"

Регистрация.

Если у Вас есть лишние 499 американских долларов, то Вы сможете купить регистрационный ключ, и демонстрационное ограничение будет разблокировано. Для этого:

Откройте пункт "About" в меню программы. Там Вы увидите серийный номер копии программы "OscilloMeter", установленной на Вашем компьютере. Скопируйте номер в буфер обмена, щелкнув мышью по слову "Serial". Пришлите серийный номер и оплату автору. Взамен Вы получите регистрационный ключ и инструкцию по его применению.

Регистрационный ключ действует ТОЛЬКО на ВАШЕМ компьютере.

Если по любой причине имеется потребность заново регистрировать программу: из-за аварийного отказа жесткого диска, замены жесткого диска или покупки нового компьютера, пожалуйста, напишите автору, чтобы проверить информацию лицензии и получить новый ключ. Это будет стоить дополнительно 59 долларов.

Напишите автору shmelyoff@newmail.ru и вы получите свежую информацию о способах оплаты.

Начиная с версии 4 действует система скидок при оплате. Опишите вкратце проблемы, с которыми вы имеете дело и пытаетесь решить при помощи программы "OscilloMeter" и вы сможете купить программу по специальной цене.

Автор:

Олег Яковлевич Шмелёв, Москва, Россия.

Гарантии

Программа распространяется по принципу "как есть". При этом не предусматривается никаких гарантий, явных или подразумеваемых. Вы используете программу на свой собственный риск. Ни автор, ни его уполномоченные агенты не несут ответственности за потери данных, повреждения, потери прибыли или любые другие виды потерь, связанные с использованием (правильным или неправильным) этой программы.

Техническая поддержка только для зарегистрированных пользователей.

E-mail: shmelyoff@newmail.ru

Web: <http://shmelyoff.nm.ru>
<http://shmelyoff.by.ru>

References

Литература

1. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing
by Steven W. Smith, Second Edition, California Technical Publishing, San Diego,
California, 1999. www.DSPguide.com
2. The handbook of formulas and tables for signal processing
by Alexander D. Poularikas. CRC Press LLC, 1999.
- 3 Albrecht, H.H., “A Family Of Cosine-Sum Windows For High-Resolution
Measurements”, Proc. ICASSP (Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing),
vol.5, 2001, pp.3081-3084.
- 4 Schoukens, J., R. Pintelon and H. Van hamme, 'The Interpolated Fast Fourier
Transform: A Comparative Study,' IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement,
IM-41, No. 2, April 1992, pp.226-232.
- 5 Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы)
Алексей Лукин , 2002. Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа,
МГУ.
<http://graphics.cs.msu.su/courses/cg02b/library/dspcourse.pdf>
- 6 Рабинер Л.Р., Гоулд В. Теория и применение цифровой обработки
сигналов. М.: Мир, 1978.

Благодарность

Большая признательность *к.ф.-м.н., доц.* В.П.Кузьмину, а также Г.Г.Скуратову и И.Е. Никитину за тщательное тестирование этой программы.

Цифровая Панель

Оригинальный элемент управления и индикации – "Цифровая Панель" предназначен для ввода и отображения числовых поименованных значений. Ввод производится поразрядно при помощи мыши. Следует навести курсор на требуемую цифру индикатора и нажатием левой или правой кнопки мыши установить необходимое значение. При этом левая кнопка уменьшает, а правая увеличивает число. Пересчет старшего разряда происходит автоматически. Если навести курсор на символы размерности, то нажатием левой или правой кнопки мыши можно соответственно уменьшать или увеличивать значение на индикаторе в десять раз. Знак числа (если он показан на индикаторе) изменяется нажатием кнопок мыши аналогично. При удержании кнопки в нажатом положении более чем 0.5 секунды происходит автоповтор действия. Если при нажатой кнопке мыши увести курсор с индикатора, то автоповтор будет продолжаться уже независимо от дальнейшего состояния мыши. Для остановки автоповтора следует вновь навести курсор на индикатор и нажать любую кнопку мыши. Если у Вас есть мышь с колесом, то можно воспользоваться последним. Поворот колеса от себя увеличивает значение цифры индикатора и наоборот.

Oscillometer – Real-Time Spectrum Analyzer

2-term cos(N·X)	-43.187	0.538355	1.36766	1.30550	1.73868	1.81884	
3-term cos(N·X)	-71.482	0.42438	1.70371	1.61612	1.13525	2.26377	
4-term cos(N·X)	-98.173	0.363582	1.97611	1.86875	0.85056	2.62431	
5-term cos(N·X)	-125.427	0.323215	2.21535	2.09137	0.68006	2.94118	
6-term cos(N·X)	-153.566	0.293558	2.43390	2.29514	0.56526	3.23077	
7-term cos(N·X)	-180.468	0.27122	2.63025	2.47830	0.48523	3.49095	
8-term cos(N·X)	-207.512	0.253318	2.81292	2.64883	0.42506	3.73304	
9-term cos(N·X)	-234.734	0.238433	2.98588	2.81041	0.37780	3.96231	
10-term cos(N·X)	-262.871	0.225735	3.15168	2.96538	0.33950	4.18209	
11-term cos(N·X)	-289.635	0.215153	3.30480	3.10851	0.30908	4.38506	
Author's 6	-130	0.313659	2.28287	2.12		2.85	8.35
Author's 7	-160	0.286735	2.49177	2.26		3.15	9.46
Author's 8	-174	0.265730	2.68460	2.34		3.42	10.4
Author's 9	-174	0.248752	2.86456	2.56		3.74	11.1

Window bandwidth (bins)

name	Level (Full scale)			name	Level (Full scale)		
	-130 dB	-180 dB	-220 dB		-130 dB	-180 dB	-220 dB
Authors6	11	-	-	Nuttall 3C3	32	99.6	249.7
Authors7	11.8	-	-	Nuttall 4C1	52	-	-
Authors8	13.1	14.7	-	Nuttall 4C3	26.7	86.2	222.9
Authors9	14.6	16	20.6	Nuttall 4C5	20.2	45	86.9
BHarris 4m	35.4	-	-	Rife-Vincent 3	20.2	45	86.9
Cos 5 min	11	-	-	Rife-Vincent 4	17.1	30.8	51
Cos 6 min	11.6	-	-	Rife-Vincent 5	16.2	25.6	38.6
Cos 7 min	12.9	14.6	-	Rife-Vincent 6	16.3	23.6	32.2
Cos 8 min	14.4	15.6	17.2	Rife-Vincent 7	17.1	22.7	29.7
Cos 9 min	15.9	17.1	18.1	Rife-Vincent 8	18.1	22.7	28.1
Cos 10 min	17.0	18.7	19.7	Rife-Vincent 9	18.7	23.2	27.9
Cos 11 min	16.9	20.1	21.5	Rife-Vincent 10	21.1	23.9	28.2
Flat-Top 5A	101	689	3305	Rife-Vincent 11	22.6	25	28.2
Hanning	126.3	859	-				

Formulas $(i=0..n-1)$ **Bartlett Mod** $(\sin(\pi \cdot (2 \cdot (i/n) - 1)))^2 / (2 \cdot \pi \cdot \sin((i/n) - 0.5))^2$ **BHarris 3** $0.44959 - 0.49364 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.05677 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$ **BHarris 3 min** $0.42323 - 0.49755 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.07922 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$ **BHarris 4** $0.40217 - 0.49703 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.09892 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.00188 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n),$ **BHarris 4 min** $0.35875 - 0.48829 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.14128 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.01168 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n),$ **Bisquare** $(1.0 - (\text{abs}(i - 0.5 \cdot n + 0.5)))^2 / (0.5 \cdot n - 0.5)^2)^2$ **Blackman** $0.42 - 0.5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.08 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Blackman Exact** $0.42659071367153912296 - 0.49656061908856405847 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.076848667239896818573 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Flat-Top 5** $0.215508 - 0.41593 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.278 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.0836171 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.006939356 \cdot \cos(8 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Hanning** $0.5 - 0.5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Hamming** $0.53836 - 0.46164 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Kaiser-Bessel (Sampled)** $0.40243 - 0.49804 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.09831 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.09831 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n)$ **Rife-Vincent X (maxRolloff)** $(0.5 \cdot (1 - \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n)))^X$ **Nuttall 3 C1**

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

$0.40897 - 0.5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.09103 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$

Nuttall 3 C3

$0.375 - 0.5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.125 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$

Nuttall 3 min

$0.4243801 - 0.4973406 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.0782793 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n)$

Nuttall 4 C1

$0.355768 - 0.487396 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.144232 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.012604 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n)$

Nuttall 4 C3

$0.338946 - 0.481973 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.161054 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.018027 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n)$

Nuttall 4 C5

$0.3125 - 0.46875 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.1875 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.03125 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n),$

Nuttall 4 min

$0.3635819 - 0.4891775 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot i/n) + 0.1365995 \cdot \cos(4 \cdot \pi \cdot i/n) - 0.0106411 \cdot \cos(6 \cdot \pi \cdot i/n)$

Uniform

1

Riemann

$\sin(2 \cdot \pi \cdot i \cdot i) / (\pi - 2 \cdot \pi \cdot i \cdot i)$

Triangular

$2 \cdot i/n, i=0..n/2$

$2 - 2 \cdot i/n, i=n/2+1..n-1$

Welch

$1.0 - ((n - 2 \cdot i) / n \cdot (n - 2 \cdot i) / n)$

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Синхронизация в тракте Анализатора спектра осуществляется независимо от осциллографа. При недостаточной для синхронизации амплитуде входного сигнала преобразование Фурье осуществляется в асинхронном по отношению к входному сигналу режиме. В этом случае кнопка режимов синхронизации подсвечивается малиновым цветом. Использование синхронизации эффективно при векторном способе усреднения результатов БПФ.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Спектральная плотность мощности: вычисляется спектр, нормализованный на полосу частот в 1 Гц. Используется при измерении шумов.

Power Spectral Density

The Power Spectral Density option causes the analyzer to normalize the spectrum to a 1 Hz band. This is useful for making noise power measurements. For instance, when measuring a noise signal without the PSD option selected, the amplitude will change with FFT size and sampling rate. Using the PSD option, the resulting amplitude will be independent of FFT size and sampling rate.

О концепции элементов управления и отображения.

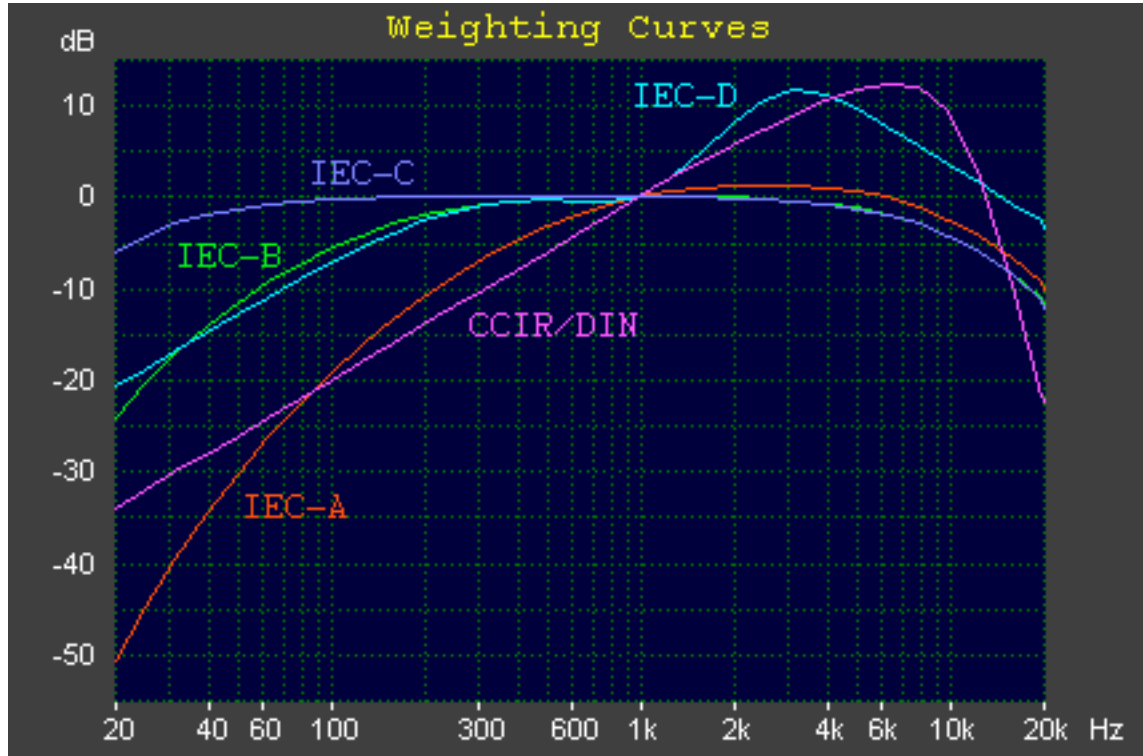
В традиционных измерительных приборах, при некоторой привычке, настоящими кнопками и ручками можно манипулировать, не глядя на них, сосредоточив внимание на элементах отображения. В компьютерных приборах, где ручки и кнопки нарисованы на экране и управляются мышью, работа требует постоянного перемещения взгляда с «органов управления» на элементы отображения и обратно. К этому привыкнуть практически невозможно и таким образом работа существенно затрудняется, а утомляемость резко возрастает.

Для решения этой проблемы были разработаны комбинированные интерфейсные элементы, «территориально» сочетающие в себе функции управления и отображения: цифровая и графическая панели. В них используется идея зон управления без графически выделенных границ, но с логической привязкой к управляемым параметрам. Получилась некая метафора сенсорного экрана.

Другой момент, менее заметный зрительно, но не менее важный, это возможность изменения параметров работы без остановки процесса измерения. В данной программе все настройки на панели управления и графических панелях можно изменять, не останавливая собственно измерений. Это существенно повышает наглядность и удобство работы.

Стандартное взвешивание результатов.

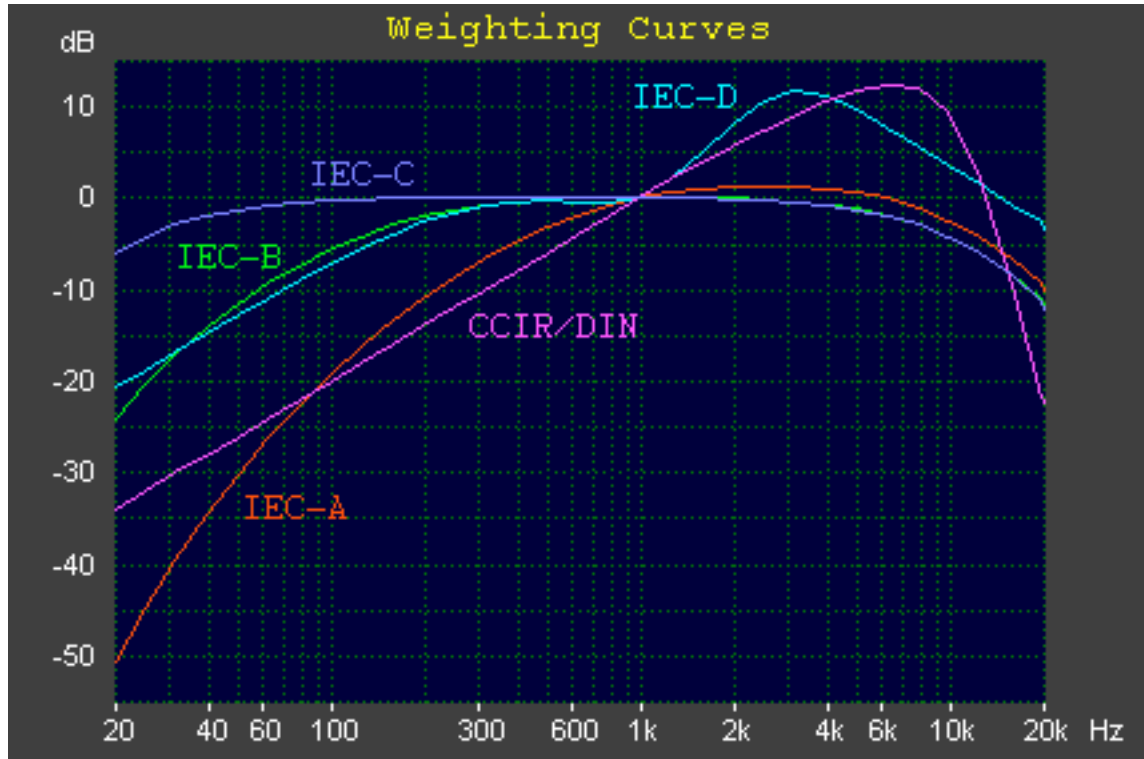
Параметры шумов и искажения вычисляются с учетом субъективного восприятия. Взвешивание производится по рекомендациям Международной электротехнической комиссии (IEC-A, B, C, D) или Международного консультативного комитета по радиовещанию (CCIR-468-2/DIN45405):



Кнопка **Weighting** на Панели управления.

Standard Frequency Weighting

The parameters of noise and distortion are calculated with allowance for subjective perception. The weighing is made under the recommendations of International electrotechnical commission (IEC-A,B,C,D) or International Radio Consultative Committee (Consultative Committee on International Radiocommunications - CCIR-468-2/DIN45405):



Weighting button on **Control Panel**.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

В режиме открытого входа производится коррекция нуля величиной, равной текущему значению постоянной составляющей на входе АЦП. Для получения наилучших результатов следует отключить источник сигнала от входа АЦП.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

In DC input mode automatic DC correction is applied. For the best results the input signal should be off.

Windows for MultiMeter

Window Name	Bit Depth	Window Name	Bit Depth	Window Name	Bit Depth
Author's 6	16	Cos 9 min	32	Nuttall 4 c5	32
Author's 7	24	Cos 10 min	32	Nuttall 4 min	<14
Author's 8	24	Cos 11 min	32	Riemann	<14
Author's 9	32	Flat Top 3	<14	Rife-Vincent 3	32
Bartlett mod	16	Flat Top 5	<14	Rife-Vincent 4	32
BHarris 3	<14	Flat Top 5A	16	Rife-Vincent 5	32
BHarris 3 min	<14	Gaussian 2.5	<14	Rife-Vincent 6	32
BHarris 4	<14	Gaussian 3.0	<14	Rife-Vincent 7	32
BHarris 4 min	15	Gaussian 3.5	<14	Rife-Vincent 8	32
Bisquare	16	Gaussian 4.5	16	Rife-Vincent 9	32
Blackman	16	Hamming	<14	Rife-Vincent 10	32
Blackman exct	<14	Hanning	16	Rife-Vincent 11	32
Bohman	24	Kaiser 2	<15	Triangular	<14
Cos 2 min	<14	Kaiser 3	<15	Uniform	<14
Cos 3 min	<14	Kaiser 4	16	Valle	16
Cos 4 min	<14	Nuttall 3 c1	16	Welch	<14
Cos 5 min	16	Nuttall 3 c3	24		
Cos 6 min	16	Nuttall 3 min	<14		
Cos 7 min	24	Nuttall 4 c1	16		
Cos 8 min	32	Nuttall 4 c3	24		

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Self-Synchronized signal here is the **DIGITAL** product of original signal and its main harmonic.

Oscilloscope – Real-Time Spectrum Analyzer

Самосинхронизированный сигнал здесь – **ЦИФРОВОЕ** произведение исходного сигнала на его основную гармонику.