Issue 3/2025

The Engineering City Journal

Published by the Engineering Association

Yerevan, February 11, 2025

The purpose of the Journal is to disseminate knowledge, experience, and best practice in engineering & manufacturing.
The articles are written by practicing professionals in the Engineering City (EC). They cover issues relevant to their projects, operations, and organizations.
The articles address the challenges of the time. As such, the Journal is also a chronicle of the evolution of the EC, its companies, and its individuals.
It is the aim of the Journal to advance the engineering & manufacturing practice, to enrich the engineering & manufacturing community, and to contribute to the worldwide discourse in engineering & manufacturing.

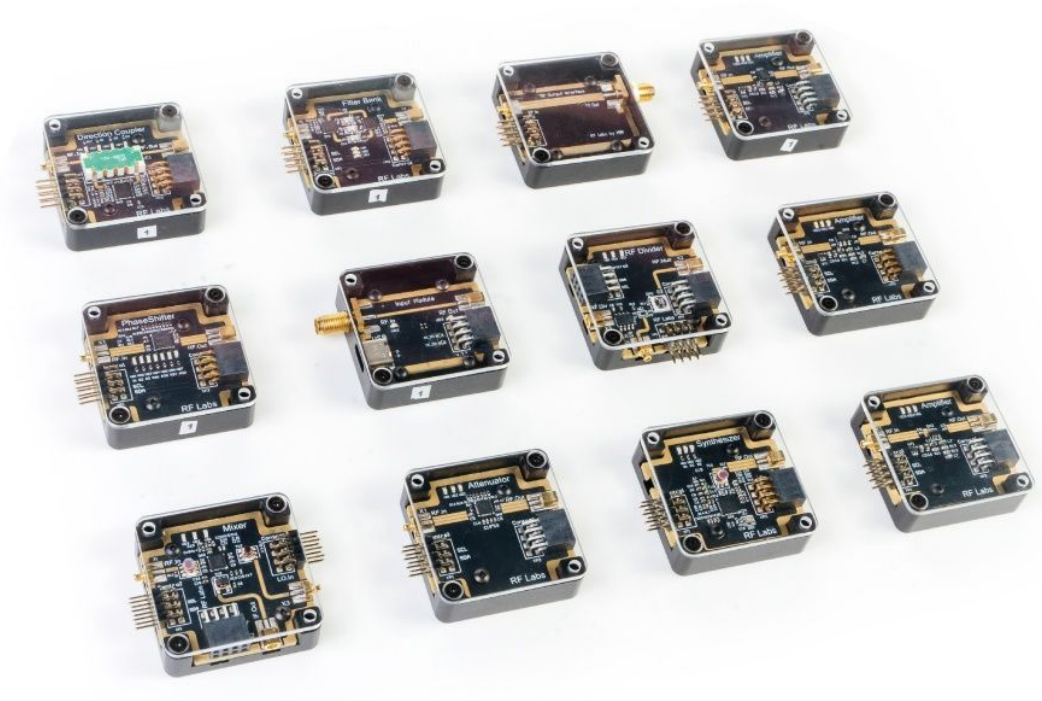
Table of Contents

NEW PRODUCTS CORNER 1
. RF Instruments Prototyping Lab – RF Lab 1
. Electronics Prototyping Lab – SLAB 5
. Multifunctional RF Measurement Instrument – RF Bench 7

New Products Corner

. RF Instruments Prototyping Lab – RF Lab

by Engineering House LLC



Измерительный стенд по прототипированию СВЧ устройств RF Lab

Измерительный стенд **RF Lab®** предназначен для работы с электронными **СВЧ** схемами. Он позволяет наглядно и удобно осуществлять прототипирование, проектирование и исследование различных компонентов и систем СВЧ.

Удобная и быстрая сборка схем - RF Lab выполнен в виде **модульного конструктора.**

Уникальной особенностью является наличие **микроконтроллера в каждом электронном компоненте.**

Может использоваться как измерительная система для инженеров благодаря высокоточным компонентам. Подробные методические материалы.

Назначение и особенности RF Lab®

Измерительный стенд по прототипированию СВЧ устройств RF Lab® представляет собой учебное решение для изучения и проектирования компонентов и систем СВЧ. RF Lab даёт возможность углубить базу знаний о СВЧ системах и подготовить студентов к новым технологическим тенденциям.

Для преподавателей и студентов разработаны подробные методические материалы, включающие лабораторные примеры и задания, охватывающие весь спектр проектирования.

Измерительный стенд RF Lab® представляет собой модульный конструктор, позволяющий быстро собирать электрические схемы различной сложности для изучения и проектирования компонентов и систем СВЧ.

Измерительный стенд RF Lab® позволяет проводить лабораторные работы, измерения и прототипирование:

- проведение лабораторных работ с целью изучения основ схемотехники СВЧ для следующих устройств:
    - приемные устройства;
    - передающие устройства;
    - синтезаторы частот;
    - многоканальные приемо-передающие высокочастотные устройства;
- измерение системных характеристик основных блоков РЧ;
- прототипирование более сложной комплексной системы на основе базовых радиочастотных блоков;
- исследование влияния характеристик отдельных блоков ВЧ на системные характеристики устройства;
- интеграция базовых блоков с антенной системой для изучения принципов радиолокации и цифровой обработки сигналов при интеграции с системой MOKU.

Измерительный стенд RF Lab® может использоваться для обучения студентов следующих специальностей:
- 03.03.03 Радиофизика.
- 11.03.01 Радиотехника.
- 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи.
- 11.03.03 Дизайн и технология электронных средств.

Технические характеристики стенда RF Lab®

диапазон рабочих частот: от 10 МГц до 6 ГГц;
максимальный уровень входного сигнала, 10 дБм;
Питание и управление USB 3.0 Type C;
Тип СВЧ разъемов входного и выходного блока – SMA
Тип СВЧ разъемов функциональных блоков (вход -мама MMCX, выход – папа MMCX)

Компоненты стенда RF Lab®

Каждый компонент СВЧ выполнен в защитном корпусе со стандартными разъемами в виде легко собираемых блоков.

В базовый комплект RF Lab® входит следующий набор компонентов:
Вводной интерфейсный блок;

- Малошумящий усилитель;
- Усилитель мощности;

- Буферный усилитель;
- Конвертер частоты;
- Синтезатор частоты на основе PLL;
- Умножитель и делитель частоты;
- Банк СВЧ фильтров;
- Цифровой аттенюатор;
- Цифровой фазовращатель;
- Направленный ответвитель с детектором мощности;
- Выводной блок.



Возможно расширение базового комплекта дополнительными ВЧ-блоками для расширения функциональности измерительного стенда.

Возможна разработка дополнительных функциональных блоков и их добавление по мере появления.

Каждый электронный блок имеет встроенный микроконтроллер и стабилизатор напряжения.

Благодаря наличию встроенного микроконтроллера и стабилизатора напряжения отсутствует необходимость подключения внешних блоков питания и управления.

Конфигурация и управление работой системы реализованы в главном микроконтроллере вводного блока, который связан с ПК посредством USB интерфейса.

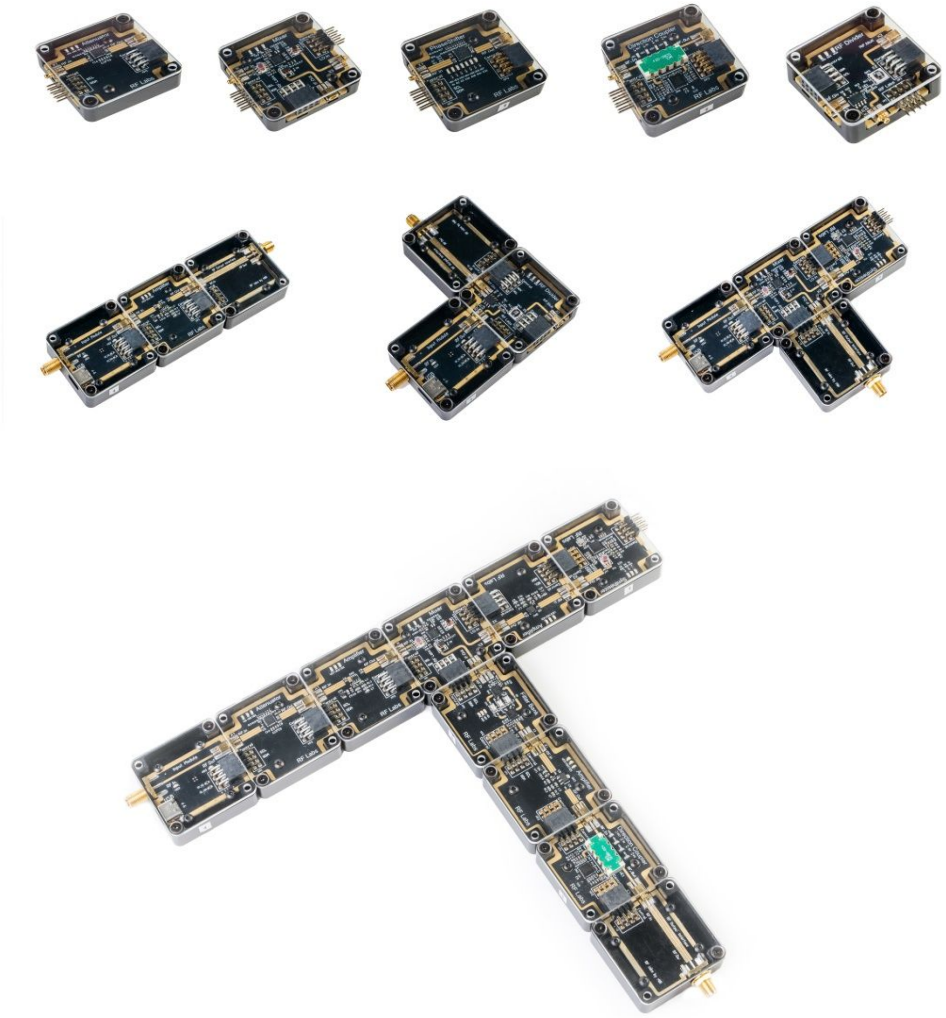
Конфигурация и управление работой функциональных блоков реализовано во внутреннем ведомом микроконтроллере.

Связь между ведущим и ведомым реализована посредством I2C интерфейса, что позволяет подключать до 128 функциональных блоков.

Опционально, каждый функциональный блок имеет возможность хранить измеренные S-параметры в памяти микроконтроллера.

Сборка и подключение

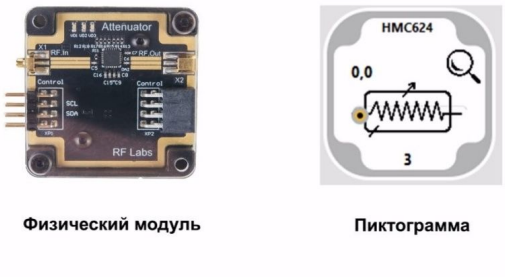
Благодаря универсальным разъемам сборка и разборка схемы выполняется быстро и без усилий, а собранный стенд легко подключается к любым измерительным приборам.



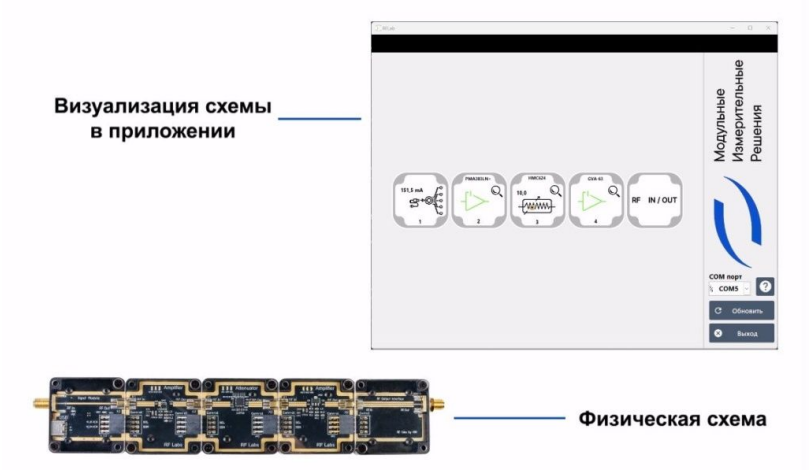
Измерительный лабораторный стенд RF Lab® подключается к любым средствам измерений, обработка результатов измерений осуществляется на компьютере с использованием удобного программного обеспечения.

Программное обеспечение

Измерительный стенд RF Lab® поставляется с интуитивно понятым программным обеспечением, что существенно облегчает процесс обучения.



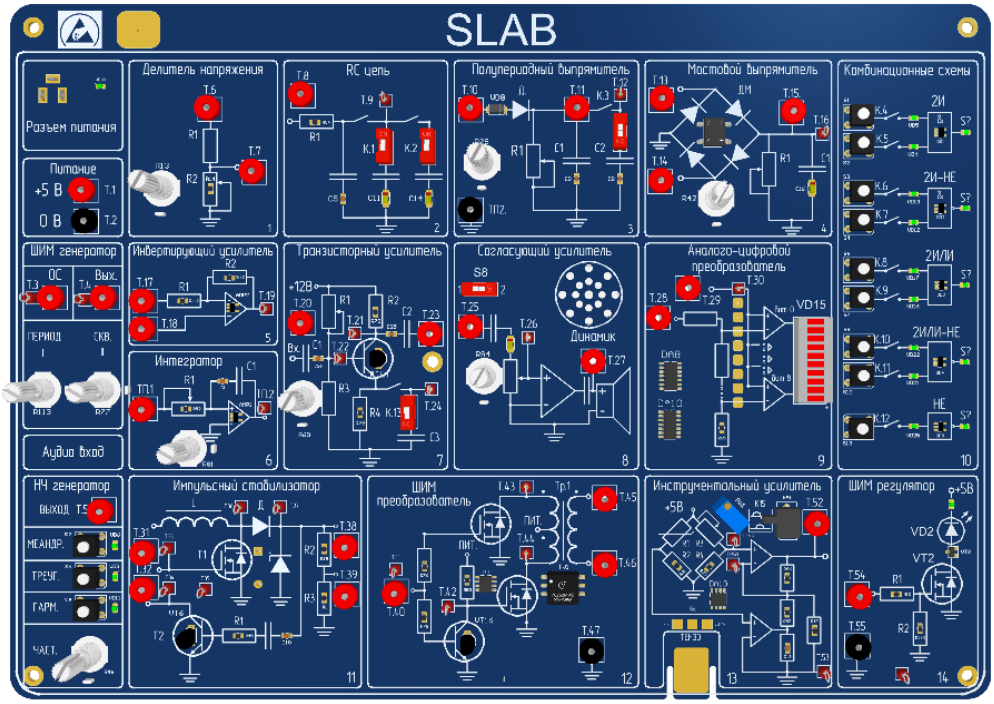
Физический модуль Пиктограмма





[. Electronics Prototyping Lab – SLAB]

by Engineering House LLC



Плата прототипирования Slab

Плата прототипирования и разработки электронных схем SLab представляет собой набор базовых электрических схем с возможностью каскадирования и создания укрупненных функциональных схем.

Обзор

Плата **SLab** включает базовые электрические схемы, которые можно объединять и создавать более сложные функциональные системы.

Функционал платы позволяет использовать её в рамках программ обучения студентов средне-специальных и высших учебных заведений для проведения лабораторных работ с использованием методических указаний, поставляемых в комплекте.

Программное обеспечение

Российская система автоматизированного проектирования печатных плат - САПР Delta Design, позволяющая реализовать полный цикл проектирования.

Дополнительно

Плата SLab имеет встроенные источники сигналов : сигналы постоянного напряжения, переменные сигналы синусоидальной и прямоугольной формы, сигналы с широтно-импульсной модуляцией, а также позволяет подключать внешние источники сигналов. Наблюдение за формируемыми сигналами можно производить посредством внешнего осциллографа на различных участках схем, а так же с помощью встроенных индикаторов на плате.

Плата SLab для прототипирования и разработки электронных схем предлагает набор базовых электрических схем, которые можно комбинировать и объединять для создания сложных функциональных систем.

SLab - эта плата предоставляет преподавателям все компоненты, необходимые для проведения экспериментов на основе проектов в различных курсах электроники, включая силовую электронику, цифровую электронику, схемы и измерения.

Для ВУЗов и колледжей разработаны специальные **комплекты** плата SLab + САПР Delta Design **по выгодным ценам.**

Возможности Slab

Готовые схемы
Плата SLab позволяет студенту произвести прототипирование простых схем обработки аналоговых сигналов и преобразователей напряжения, а также познакомиться с логическими элементами и решениями по преобразованию аналоговых сигналов в цифровой вид.

Симуляция эксперимента в САПР
Используя плату SLab в комплекте с САПР Delta Design, студент получает возможность произвести симуляцию опыта в САПР перед проведением прототипирования и измерений, после чего перейти к работе с реальными сигналами.

Встроенные и внешние источники сигналов
В рамках работы можно использовать как встроенные на плату источники сигналов, так и внешние источники сигналов, в том числе аудио сигналы - например, подключить собственный телефон для проигрывания сигналов и проверке влияния схем на форму исходного сигнала.

Плата SLab имеет встроенные источники сигналов : сигналы постоянного напряжения, переменные сигналы синусоидальной и прямоугольной формы, сигналы с широтно-импульсной модуляцией, а также позволяет подключать внешние источники сигналов. Наблюдение за формируемыми сигналами можно производить посредством внешнего осциллографа на различных участках схем, а так же с помощью встроенных индикаторов

на плате.

Комплектация:
Плата прототипирования и разработки электрических схем SLab;
Источник питания;
Проводники для внешнего соединения;
Методические указания;
Примеры смоделированных схем в средах разработки Delta Design, NI Multisim, Altium Designer.

Рассматриваемые схемы:
Схемы на основе пассивных компонентов и диодов;
Транзисторный усилитель мощности звуковой частоты;
Операционный усилитель;
ШИМ-преобразователь;
Согласующий усилитель;
Инструментальный усилитель (измерение сигнала деформации с использование тензорезистора);
ШИМ-регулятор;
Проектирование схем с АЦП;
Схемы на основе цифровых микросхем;
Импульсный стабилизатор;
Импульсный источник питания

Плата SLab предназначена для обучения студентов, обучающихся по специальностям:
Теоретические основы электротехники,
Аналого-цифровая схемотехника,
Схемотехника импульсных источников питания

. Multifunctional RF Measurement Instrument – RF Bench

by Engineering House LLC



Многофункциональная СВЧ платформа RF-bench - 6-в-1

RF Bench — новая платформа для измерения СВЧ сигнала.

RF Bench представляет собой набор из 6 приборов, необходимых для радиоинженера, в одном формфакторе: векторный генератор сигналов, векторный анализатор сигналов, векторный анализатор цепей, программно-управляемый источник питания, датчик мощности и цифровой ввод/вывод. Наличие всех этих приборов в одной небольшой и портативной упаковке позволяет пользователю проектировать, отлаживать и проверять свои радиосхемы и системы прямо на своем стенде. Прилагаемое программное обеспечение позволяет получить доступ ко всем этим инструментам в одном окне.

RF Bench — новая платформа для измерения СВЧ сигнала.

RF Bench представляет собой набор из 6 приборов, необходимых для радиоинженера, в одном формфакторе: векторный генератор сигналов, векторный анализатор сигналов, векторный анализатор цепей, программно-

управляемый источник питания, датчик мощности и цифровой ввод/вывод. Наличие всех этих приборов в одной небольшой и портативной упаковке позволяет пользователю проектировать, отлаживать и проверять свои радиосхемы и системы прямо на своем стенде. Прилагаемое программное обеспечение позволяет получить доступ ко всем этим инструментам в одном окне.

Функциональные возможности

Оборудование:

- Векторный генератор сигнала
- Векторный анализатор сигнала
- Векторный анализатор цепей
- Датчик мощности
- Программно-управляемый источник питания
- Цифровые вводы/выводы

Программное обеспечение:

- Генерация сигнала
- Однотональная генерация сигнала
- Многотональная генерация сигнала
- Аналоговая модуляция (AM/FM/PM)
- Измерение сигнала в частотной области
- Измерение сигнала во временной области
- Амплитудная частотная характеристика
- S — параметры
- Управление тестируемым устройством через цифровые вводы/выводы
- Измерение мощности

Технические характеристики

Векторный генератор сигнала

Характеристика	Значение
Диапазон частот	от 70 МГц до 6 ГГц
Шаг частоты	< 1 кГц
Разрядность цифро-аналогового преобразователя	12 бит
Диапазон выходной мощности	-70 дБм … 17 дБм
Максимальная полоса генерируемого сигнала	56 МГц
Количество каналов	2
Частота генерации отсчётов	до 61,44 МВыб/с

Векторный анализатор сигнала

Характеристика	Значение
Диапазон частот	от 70 МГц до 6 ГГц
Шаг частоты	< 1 кГц
Частота сбора отсчётов	до 61,44 МВыб/с
Максимальная мощность входного сигнала	-15 дБм
Диапазон усиления	56 МГц
Количество каналов	75 дБ
Максимальная полоса регистрируемого сигнала	56 МГц
Количество каналов	2

Векторный анализатор цепей

Характеристика	Значение
Диапазон частот	от 500 кГц до 4 ГГц
Количество каналов	2-портовый полностью двунаправленный (измеряет одновременно S11, S12, S21, S22)
Динамический диапазон	до 70 дБ в диапазоне МГц, до 40 дБ в диапазоне ГГц
Разрешение регулировки частоты	1 Гц
Количество шагов	1 - 10001
Выходная мощность	-14 дБм при 100 МГц

Датчик мощности

Характеристика	Значение
Диапазон частот	от 1 МГц до 6 ГГц
Динамический диапазон	-30 дБм до +20 дБм
Количество каналов	1

Источник питания

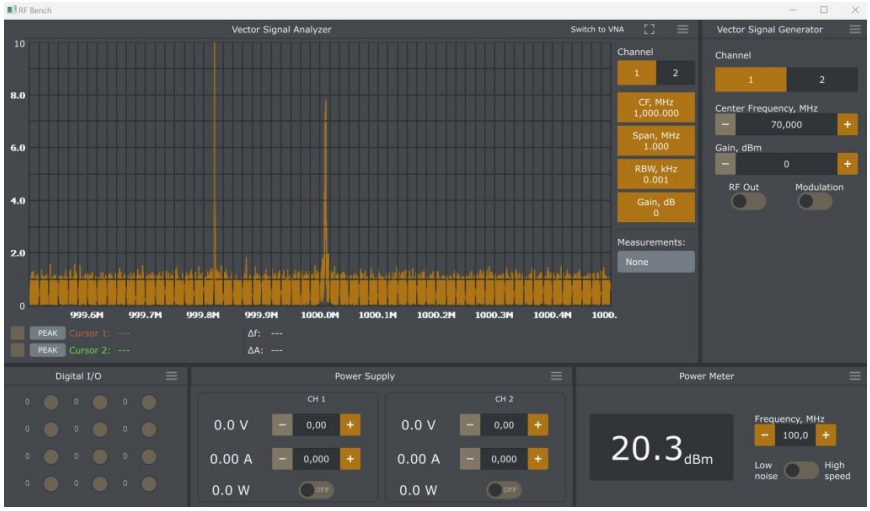
Характеристика	Значение
Диапазон напряжения	от 0 В до 50 В
Диапазон тока	от 0 А до 5 А
Количество каналов	2

Цифровой ввод/вывод

Характеристика	Значение
Диапазон напряжения	-0,5 В до 5,8 В
Количество каналов	12

Программное обеспечение, интерфейс пользователя

Программа работы с инструментами RF Bench обладает интуитивно понятным интерфейсом.

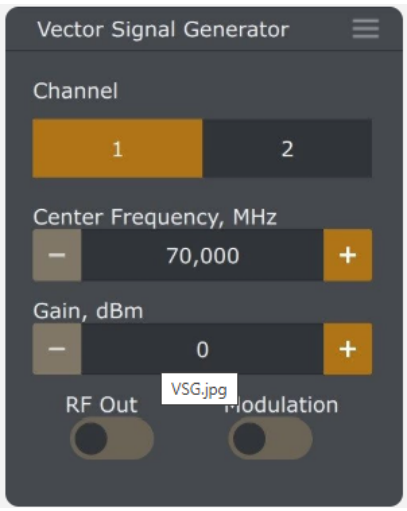


Интерфейс пользователя предоставляет доступ к шести приборам:

- Векторный генератор сигнала (Vector Signal Generator);
- Векторный анализатор сигнала (Vector Signal Analyzer); (разделяет одну область с векторным анализатором цепей, переключение осуществляется по нажатию на экранную кнопку);
- Датчик мощности (Power Meter);
- Источник питания (Power Supply);
- Векторный анализатор цепей (Vector Network Analyzer) (разделяет одну область с векторным анализатором сигнала, переключение осуществляется по нажатию на экранную кнопку);
- Цифровой ввод/вывод (Digital Writer Digital Reader).

Векторный генератор сигнала (Vector Signal Generator)

При запуске Vector Signal Generator открывается окно, приведенное ниже.



Главное окно программы Vector Signal Generator

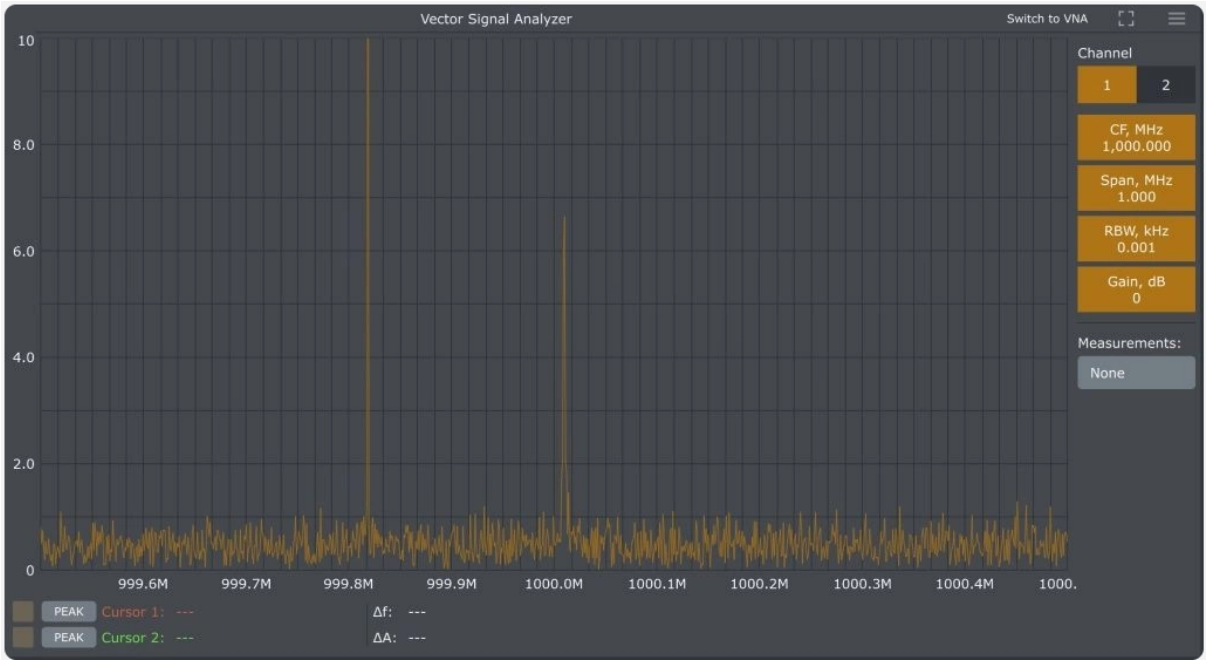
Обозначения элементов главного окна:

1. Channel 0/1 – выбор канала для генерируемого сигнала.
2. Center Frequency – частота сигнала(-ов). Устанавливается одинаковой для обоих каналов.
3. Gain, dB – поля ввода коэффициента усиления сигнала для выбранного канала.
4. RF ON / RF OFF – запуск/остановка генерации выбранного сигнала(-ов).
5. Modulations – включение режима генерации модулированного сигнала.
6. Modulation type – выпадающее меню выбора режима модуляции. Возможны следующие типы сигналов:



Настройки режимов работы Vector Signal Generator

Векторный анализатор сигнала (Vector Signal Analyzer)
При запуске Vector Signal Analizer открывается окно, приведенное ниже



Окно программы Vector Signal Analyzer

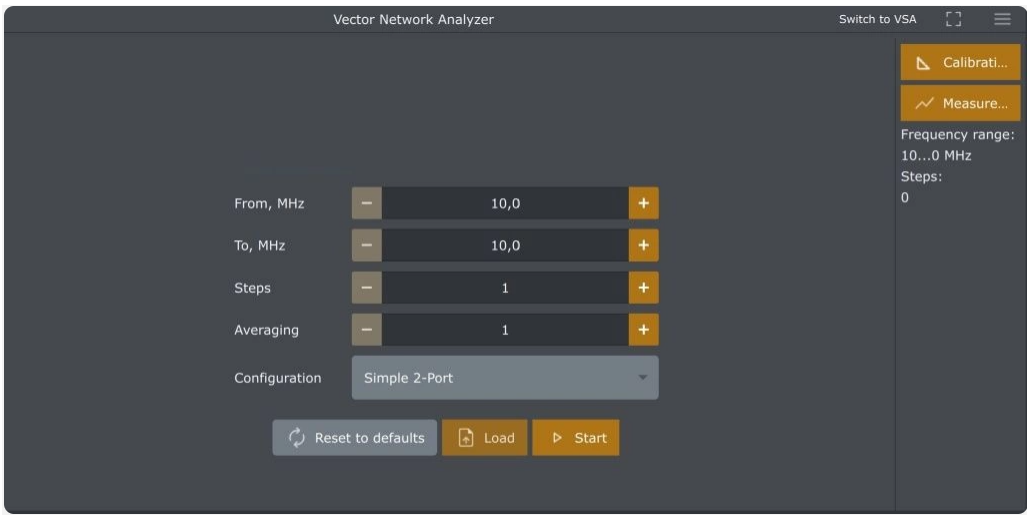
Обозначения элементов главного окна:

1. Channel 0/1 – выбор канала для генерируемого сигнала.
2. CF, MHz – ожидаемая частота измеряемого сигнала(-ов). Устанавливается одинаковой для обоих каналов.
3. Span, MHh – полоса анализируемого сигнала
4. RBW, kHz – размер элемента разрешения.
5. Gain, dB – значение параметра усиления приемного тракта.

Векторный анализатор цепей (Vector Network Analyzer)

1. Переход между измерениями анализатора спектра и анализатора цепей осуществляется по кнопке Switch to VNA/VSA

2. При переходе в режим работы векторного анализатора цепей открывается окно настроек калибровки



Главное окно программы Vector Network Analyzer

Описание окна Calibration

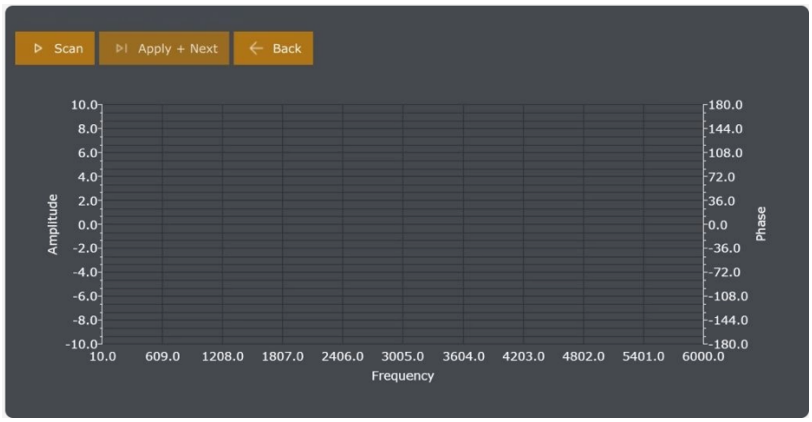
В этом окне могут быть выполнены, сохранены и загружены калибровочные измерения. Сбор данных поддерживается несколькими алгоритмами. Окно Calibration организовано, как мастер (Wizard). На первом шаге устанавливаются параметры сканирования. Затем программное обеспечение выполняет необходимые шаги. После того, как все необходимые данные собраны, отображается готовое окно.
Программное обеспечение имеет внутреннюю температурную компенсацию, но результаты будут лучшими в случае, если устройство будет заранее прогрето. Это особенно важно для частот > 2,7 ГГц. Для более высоких частот нужно оставить устройство подключенным к USB-порту, как минимум на 20 минут перед калибровкой.

Начальный шаг

При нажатии на Calibration откроется панель позволяющая настроить сбор данных, параметров сканирования и алгоритм калибровки.

- From, MHz – начальная частота
- To, MHz – конечная частота
- Steps – количество шагов частоты
- Averages – количество усреднений
- Calibration – комбинированный управляющий элемент, содержит поддерживаемые списки алгоритмов и режимы калибровки.
- Кнопка Reset to default – установка настроек по умолчанию.
- Кнопка Load – означает, что можно загрузить существующий файл калибровки и перейти к шагу Finish мастера установки.
- Кнопка Start- пошагово запускает мастера установки.

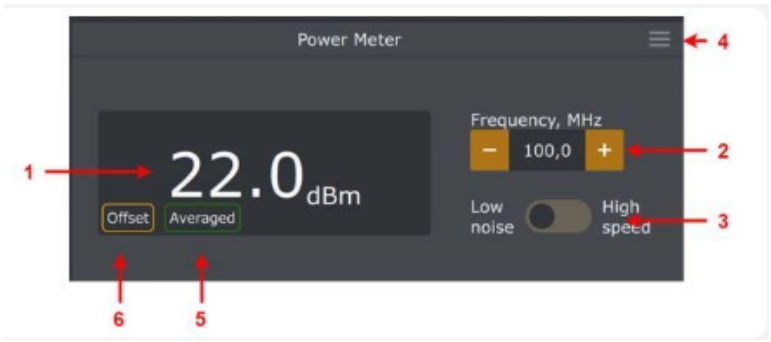
Проведение измерений



Вкладка проведение измерений

Измеритель мощности (Power meter)

Окно Power meter программы позволяет проводить измерения мощности СВЧ сигнала.



Окно программы Power meter

На главном экране измерителя мощности имеется следующие элементы:

1. Измеренная величина (отображается в дБм или мВт)
2. Frequency - настройка частоты (МГц). отображает введенную частоту измерения (по умолчанию установлено 1000 МГц (MHz). После щелчка по данному полю можно вводить значение частоты измеряемого сигнала. Диапазон возможных частот измерения составляет: от 1 МГц до 6 ГГц.
   - Если введенное значение меньше нижнего значения диапазона, устанавливается 1 МГц.
   - Если введенное значение выше верхнего значения диапазона, устанавливается 6 ГГц.

3. Режим работы измерителя – Low noise/High speed – выбор режима измерения с большей апертурой измерения и меньшим шумом измеряемой величины или скоростного режима с ухудшением точности измерения
Low Noise – 100 мс,
High speed – 30 мс.
4. Переход в меню настройки прибора осуществляется по пиктограмме «≡»

Источник питания (Power Supply)
Пользователю после запуска основной программе всегда доступны два источника питания.



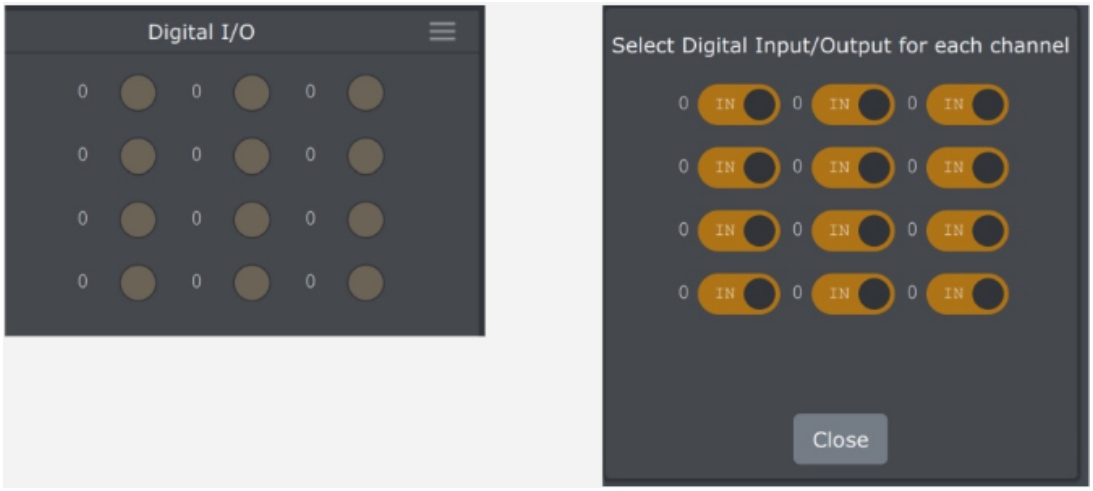
Окно Power Supply

Щелчок по кнопке OK или Cancel, приводит, соответственно, к сохранению (применению) устанавливаемых параметров или отмене введенных изменений.

1. Voltage – измеренное значение напряжения.
2. Current - измеренное значение тока.
3. Wattage - измеренное значение мощности.
4. Переход в меню настройки прибора
5. Индикатор состояния источника питания – зеленая рамка при нормальной работе прибора и включенном выходе.
6. Voltage – настроенное значение напряжения.
7. Current - настроенное значение тока
8. Кнопки On/Off – запускают канал.

Цифровой ввод/вывод

По умолчанию Цифровой ввод/вывод работает на измерение сигналов. Переход в меню для настройки направления линий осуществляется по нажатию на символ «≡»



Окно цифрового входа/выхода и Меню настройки направлений линий прибора









© 2025 The Authors of the articles

All materials contained in *The Engineering City Journal* may be used with reference to the Authors.

For feedback on the *Journal*, its content, and its articles please send to info@engineeringcity.am.

To submit articles, please send to info@engineeringcity.am. Articles can be in any language.