



普通高等教育“十二五”规划教材

◎ 电子信息科学与工程类专业 规划教材

通信电子线路 实验教程

◎ 苗 澎 唐 路 田 玲 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子信息科学与工程类专业规划教材

通信电子线路实验教程

苗 澎 唐 路 田 玲 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书为东南大学“电子电路与综合实验”教学用书,是在多年教学实践和教学改革的基础上,精选了射频通信基本单元电路,充实了射频通信系统应用方面的内容,增加了 MATLAB 和 Multisim 等 EDA 应用实验编写而成的。全书共三个部分。第一部分实验基础知识,主要介绍常用仪器使用、MATLAB 和 Multisim 软件;第二部分 EDA 设计实验,主要有振荡器仿真实验、通信收发机仿真实验、模拟调频与调幅仿真实验、频率合成器仿真实验、混频器仿真实验、高频小信号放大器实验等;第三部分电路实物实验,主要有振荡器实验、模拟调频与调幅实验、混频器实验、高频小信号谐振放大器实验等。

本书可作为高等院校电子信息类各专业的电子电路综合实验教材,也可供从事电子工程设计与开发的工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

通信电子线路实验教程 / 苗澎, 唐路, 田玲编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.7

电子信息科学与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-17526-8

I. ①通… II. ①苗… ②唐… ③田… III. ①通信系统—电子电路—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 147447 号

责任编辑: 凌 毅

印 刷:

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11 字数: 282 千字

印 次: 2012 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

电子电路综合实验是电子类、信息类、通信类专业重要的技术基础实践环节,旨在培养学生分析问题和解决问题的能力。本书是在东南大学多年教学实践,特别是近三年教学试点的基础上,为适应通信电子信息类人才培养的要求,落实拓宽学科口径、强化工程实践训练、培养创新意识和提高动手能力,作为独立设课的“电子电路与综合实验”课程而编写的。

全书分为三个部分。第一部分实验基础知识,主要内容包括:数字示波器、频谱仪、Multisim 软件简介、MATLAB 软件简介、系统仿真工具 Simulink 软件简介;第二部分 EDA 设计实验,主要内容包括:LC 正弦波振荡器实验、简单通信收发机系统仿真实验、信号采样仿真实验、幅度调制仿真实验、模拟解调实验、数字调制与解调、低噪声放大器实验、无源混频器实验、有源混频器实验、频率合成实验、基于 Simulink 的 DDS 系统仿真、射频功率放大器实验;第三部分电路实物实验,主要内容包括:常用仪器使用、正弦波压控振荡器实验、振幅调制与解调电路实验、调频电路实验、调频解调电路实验、高频小信号谐振放大器实验、混频器实验。通过实验,使学生理解与熟悉“通信电子线路”课程中各单元电路的工作原理、各单元电路的组成、元件与组件的作用及参数的选择,掌握单元电路的基本设计方法,受到严格的科学思维和科学研究初步训练,逐步培养学生在电子信息科学与技术及相关领域从事科学研究、科技开发、产品设计的能力。

本书由苗澎、唐路、田玲共同编写。其中,苗澎编写第一部分和第二部分的 2.1~2.5 节,唐路编写第二部分的 2.6~2.12 节,田玲编写第三部分。全书最终由苗澎统稿、定稿。

本书的出版得到了国家自然科学基金(批准号:61106024)、教育部高等学校博士学科点专项科研基金(批准号:20090092120012)、江苏省自然科学基金(批准号:BK2010411)、东南大学教学改革项目(2010-009)、东南大学科研基金(批准号:KJ2010402)的支持。同时感谢美国国家仪器公司(NI)、泰克科技有限公司对本书出版所提供的帮助。

在本书编写过程中,东南大学的许健明、张鑫、张继、尚福海、马红丽、范湉湉、吴笑、陆珊珊、陆嘉峰、袁红烨、尹晓伟等同学在文字校对、排版等方面提供了帮助,在此对他们的工作表示感谢。

由于时间仓促,在编写过程中难免有错误及疏漏,欢迎批评指正。

作者

2012 年 5 月

目 录

第一部分 实验基础知识	1
1.1 数字示波器	2
1.2 频谱仪	10
1.3 Multisim 软件简介	14
1.4 MATLAB 软件简介	30
1.5 系统仿真工具 Simulink 简介	36
第二部分 EDA 设计实验	47
2.1 LC 正弦波振荡器仿真实验	48
2.2 简单通信收发机系统仿真实验	53
2.3 信号采样仿真实验	62
2.4 幅度调制仿真实验	68
2.5 模拟解调仿真实验	77
2.6 数字调制与解调仿真实验	87
2.7 低噪声放大器仿真实验	92
2.8 无源混频器仿真实验	101
2.9 有源混频器仿真实验	108
2.10 频率合成仿真实验	117
2.11 DDS 系统仿真实验	126
2.12 射频功率放大器仿真实验	134
第三部分 电路实物实验	143
3.1 常用仪器使用实验	144
3.2 正弦波压控振荡器实验	147
3.3 振幅调制与解调电路实验	149
3.4 调频电路实验	154
3.5 调频解调电路实验	156
3.6 高频小信号谐振放大器实验	159
3.7 混频器实验	164
参考文献	170

第一部分

实验基础知识

- 1.1 数字示波器
- 1.2 频谱仪
- 1.3 Multisim 软件简介
- 1.4 MATLAB 软件简介
- 1.5 系统仿真工具 Simulink 简介

1.1 数字示波器

1.1.1 概述

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。它能把肉眼看不见的电信号变换成看得见的图像，便于人们研究各种电现象的变化过程。示波器利用狭窄的、由高速电子组成的电子束，打在涂有荧光物质的屏面上，就可产生细小的光点。在被测信号的作用下，电子束就好像一支笔的笔尖，可以在屏面上描绘出被测信号的瞬时值的变化曲线。示波器是一种综合性强的电信号测试仪器，其主要特点是：①利用示波器能观察各种不同信号幅度随时间变化的波形曲线，还可以用它测试各种不同的电量，如电压、电流、频率、相位差、调幅度等；②测量灵敏度高，过载能力强；③输入阻抗高。因此示波器是一种应用非常广泛的仪器。

示波器按照用途和特点可以分为：

(1) 通用示波器 它是根据波形显示基本原理构成的示波器。

(2) 取样示波器 它是先将高频信号采用，变为波形与原信号相似的低频信号，再应用基本原理显示波形的示波器。与通用示波器相比，取样示波器具有频带极宽的优点。

(3) 记忆和存储示波器 这两种示波器均有存储信息的功能，前者采用记忆示波管来存储信息，后者采用数字存储器来存储信息。

(4) 专用示波器 它是为满足特殊需要而实际的示波器，如电视示波器、高压示波器等。

(5) 智能示波器 这种示波器内采用了微处理器，具有自动操作、数字化处理、存储及显示等功能。它是当前发展起来的新型示波器，也是示波器发展的方向。

电子设备可以划分为两类：模拟设备和数字设备。模拟设备的电压变化连续，而数字设备处理的是代表电压采样的离散二代码。例如，传统的电唱机是模拟设备，而 CD 播放器属于数字设备。同样，示波器也分为模拟和数字类型。模拟和数字示波器都能够胜任大多数的应用。但是，对于一些特定应用，由于两者具备的不同特性，每种类型都有适合和不适合的地方。本节仅针对数字示波器进行介绍。

1.1.2 数字示波器的组成和工作原理

与模拟示波器不同，数字示波器通过模数转换器（ADC）把被测电压转换为数字信息。它捕获的是波形的一系列样值，并对样值进行存储，存储限度是判断累计的样值是否能描绘出波形为止。随后，数字示波器重构波形。数字示波器分为数字存储示波器（DSO）、数字荧光示波器（DPO）和采样示波器。数字的手段则意味着，在示波器的显示范围内，可以稳定、明亮和清晰地显示任何频率的波形。对重复的信号而言，数字示波器的带宽是指示波器的前端部件的模拟带宽，一般称为 3dB 点。对于单脉冲和瞬态事件，如脉冲波和阶跃波，带宽局限于示波器采样率之内。

1. 数字存储示波器

常规的数字示波器是数字存储示波器（DSO）。它的显示部分更多基于光栅屏幕而不是基于荧光。

数字存储示波器（DSO）便于用户捕获和显示那些可能只发生一次的事件，通常称为瞬态现象。以数字形式表示波形信息，实际存储的是二进制序列。这样，利用示波器本身或外

部计算机，方便进行分析、存档、打印和其他的处理。波形没有必要是连续的，即使信号已经消失，仍能够显示出来。与模拟示波器不同的是，数字存储示波器能够持久地保留信号，可以扩展波形处理方式。然而，DSO 没有实时的亮度级，因此，它不能表示实际信号中不同的亮度等级。组成 DSO 的一些子系统与模拟示波器的一些部分相似。但是，DSO 包含更多的数据处理子系统，因此它能够收集显示整个波形的数据。从捕获信号到在屏幕上显示波形，DSO 采用串行的处理体系结构。

2. 数字荧光示波器

数字荧光示波器（DPO）为示波器系列增加了一种新的类型。DPO 的体系结构使之能提供独特的捕获和显示能力，加速重构信号。DSO 使用串行处理的体系结构来捕获、显示和分析信号。相对而言，DPO 为完成这些功能采用的是并行的体系结构。DPO 采用 ASIC 硬件构架捕获波形图像，提供高速率的波形采集率，信号的可视化程度很高。它增加了证明数字系统中的瞬态事件的可能性。

3. 数字采样示波器

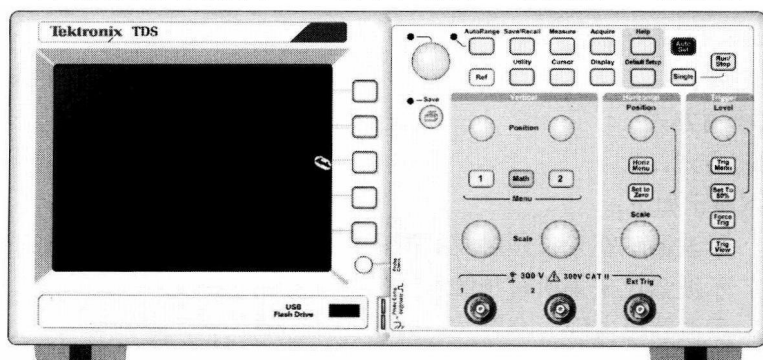
当测量高频信号时，示波器也许不能在一次扫描中采集足够的样值。如果需要正确采集频率远远高于示波器采样频率的信号，那么数字采样示波器是一个不错的选择。这种示波器采集测量信号的能力要比其他类型的示波器高一个数量级。在测量重复信号时，它能达到的带宽及高速定时都十倍于其他示波器。连续等效时间采样示波器能达到 50GHz 的带宽。与数字存储示波器和数字荧光示波器的体系结构不同，在数字采样示波器的体系结构中，置换了衰减器/放大器于采样桥的位置。在衰减或放大之前对输入信号进行采样。由于采样门电路的作用，经过采样桥以后的信号的频率已经变低，因此可以采用低带宽放大器，其结果使整个仪器的带宽得到增加。

然而，采样示波器带宽的增加带来的负面影响是动态范围的限制。由于在采样门电路之前没有衰减器放大器，所以不能对输入信号进行缩放。所有时刻的输入信号都不能超过采样桥的动态范围。因此，大多数采样示波器的动态范围都限制在 1V 的峰-峰值，而数字存储示波器和数字荧光示波器却能够处理 50~100V 的输入。

1.1.3 TDS2000C 型示波器

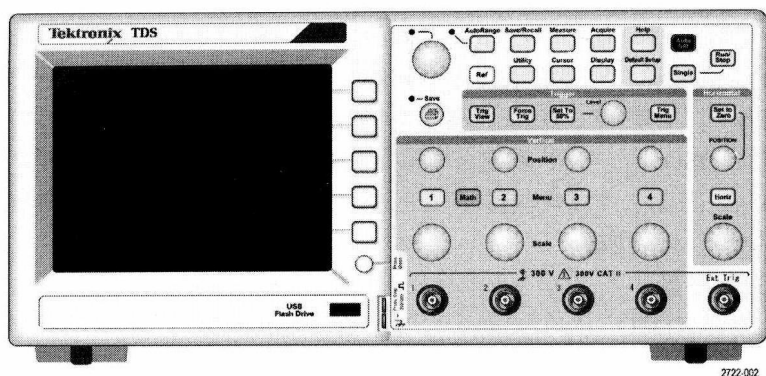
1. 面板操作

TDS2000C 型示波器的面板如图 1.1.1 所示，分为 2 通道型和 4 通道型。



(a) 2 通道型

图 1.1.1 TDS2000C 型示波器的面板



(b) 4 通道型

图 1.1.1 TDS2000C 型示波器的面板 (续)

下面对面板分区域进行说明。

(1) 显示区域

如图 1.1.2 所示。

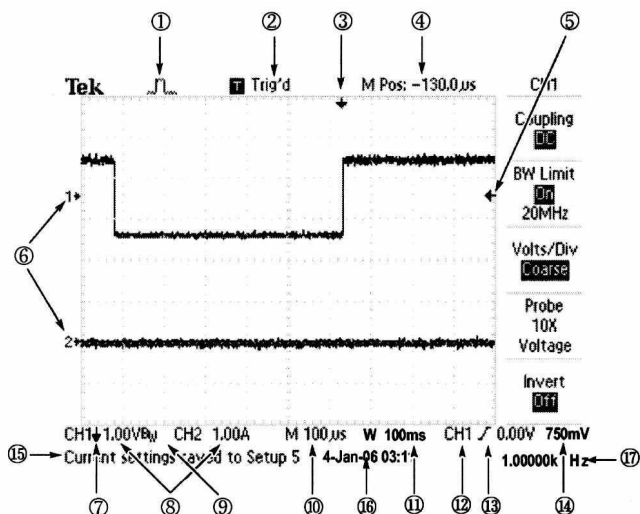


图 1.1.2 面板上显示区域部分

图中各标注处说明如下。

① 显示图标表示获取方式:

- 采样方式;
- 峰值检测方式;
- 平均值方式。

② 触发状态显示如下:

- ☐ Armed 示波器正在采集预触发数据, 在此状态下忽略所有触发;
- ☒ Ready 示波器已采集所有预触发数据并准备接收触发;
- ☒ Trig'd 示波器已发现一个触发, 并正在采集触发后的数据;
- ☒ Stop 示波器已停止采集波形数据;
- ☒ Acq. Complete 示波器已经完成“单次序列”采集;

☒ Auto 示波器处于自动并在无触发状态下采集波形；

☐ Scan 在扫描模式下示波器连续采集并显示波形。

③ 标记显示水平触发位置。旋转“水平位置”旋钮，可以调整标记位置。

④ 显示中心刻度处时间的读数。触发时间为零。

⑤ 显示边沿或脉冲宽度触发电平的标记。

⑥ 屏幕上的标记指明所显示波形的地线基准点。若没有标记，不会显示通道。

⑦ 箭头图标表示波形是反相的。

⑧ 读数显示通道的垂直刻度系数。

⑨ BW 图标表示通道带宽受限制。

⑩ 读数显示主时基设置。

⑪ 如果使用视窗时基，读数显示视窗时基设置。

⑫ 读数显示触发使用的触发源。

⑬ 采用图标显示以下选定的触发类型：



上升沿的边沿触发；



下降沿的边沿触发；



行同步的视频触发；



场同步的视频触发；



脉冲宽度触发，正极性；



脉冲宽度触发，负极性。

⑭ 读数显示边沿或脉冲宽度触发电平。

⑮ 显示区显示有用信息；有些信息仅显示 3s。如果调出某个存储的波形，读数就显示基准波形的信息，如 RefA1.00V, 500 μ s。

⑯ 读数显示日期和时间。

⑰ 读数显示触发频率。

(2) 垂直控制区域

如图 1.1.3 所示，以 4 通道为例进行说明。

Position 位置旋钮 (1、2、3 和 4)：可垂直定位波形。

按钮 1、2、3 和 4 的菜单 Menu：显示“垂直”菜单选择项，并打开或关闭对通道波形显示。

Scale 标度旋钮 (1、2、3 和 4)：选择垂直刻度系数。

数字按钮：显示波形数学运算菜单，并打开和关闭对数学波形的显示。

(3) 水平控制区域

如图 1.1.4 所示。

Position 位置旋钮：调整所有通道和数学波形的水平位置。这一控制的分辨率随时基设置的不同而改变。

Horiz Menu 水平按钮：显示 Horiz Menu (水平菜单)。

Set to Zero 设置为零按钮：将水平位置设置为零。

Scale 标度旋钮：为主时基或视窗时基选择水平的时间/分度 (刻度系数)。如果“视窗设定”已启用，则通过更改视窗时基可以改变视窗宽度。

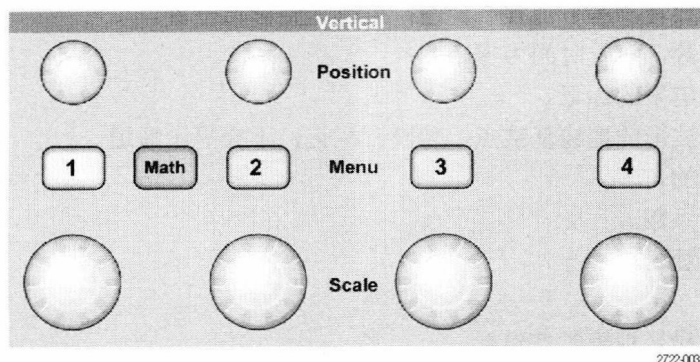


图 1.1.3 垂直控制面板

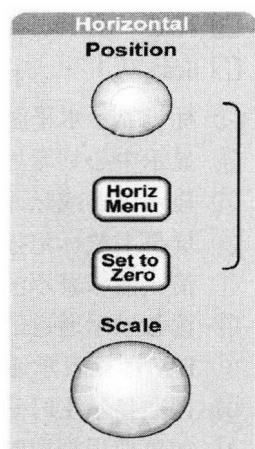


图 1.1.4 水平控制面板

(4) 触发控制区域

如图1.1.5所示。

Level位置按钮：使用边沿触发或脉冲触发时，Level旋钮设置采集波形时信号所必须越过的幅值电平。

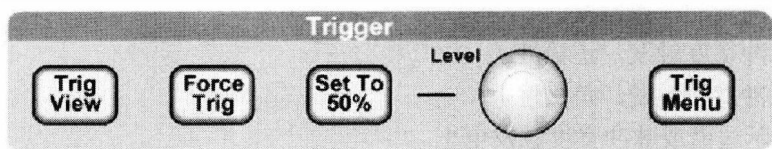


图 1.1.5 触发控制面板

Trig Menu触发菜单按钮：显示Trig Menu（触发菜单）。

Set To 50%设为50%按钮：触发电平设置为触发信号峰值的垂直中点。

Force Trig强制触发按钮：不管触发信号是否适当，都完成采集。若采集已停止，则该按钮不产生影响。

Trig View触发视图旋钮：按下Trig View按钮时，显示触发波形而不是通道波形。可用此旋钮查看触发设置对触发信号的影响，例如触发耦合。

(5) 输入连接器区域

如图1.1.6所示。

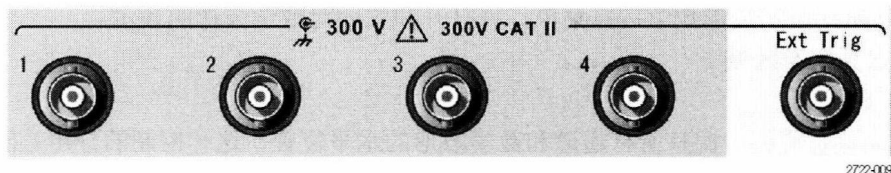


图 1.1.6 输入连接器面板

1、2、3 和4接口：用于显示波形的输入连接器。

Ext Trig外部触发接口：外部触发信源的输入连接器。使用Trig Menu按钮选择Ext 或Ext/5触发电源。按住Trig View按钮来查看诸如“触发耦合”之类的触发设置对触发信号的影响。

2. 常用使用说明

(1) 简单测量单个信号

需要查看电路中的某个信号，但又不了解该信号的幅值或频率；或希望快速显示该信号，并测量其频率、周期和峰-峰值。连接如图1.1.7所示。

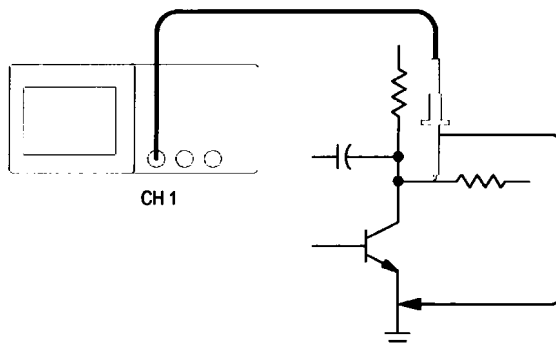


图 1.1.7 测量单个信号连接方式

要测量信号的频率、周期、峰-峰值、上升时间及正频宽，要遵循以下步骤进行操作：

- ① 按下Measure（测量）按钮以查看“测量菜单”。
- ② 按下顶部选项按钮，显示Measure 1 Menu（测量1菜单）。
- ③ 按下“类型” ▶ “频率”。“值”读数将显示测量结果及更新信息。
- ④ 按下“返回”选项按钮。
- ⑤ 按下顶部第二个选项按钮，显示 Measure 2 Menu（测量 2 菜单）。
- ⑥ 按下“类型” ▶ “周期”。“值”读数将显示测量结果及更新信息。
- ⑦ 按下“返回”选项按钮。
- ⑧ 按下中间的选项按钮，显示 Measure 3 Menu（测量 3 菜单）。
- ⑨ 按下“类型” ▶ “峰-峰值”。“值”读数将显示测量结果及更新信息。
- ⑩ 按下“返回”选项按钮。
- ⑪ 按下底部倒数第二个选项按钮，显示 Measure 4 Menu（测量 4 菜单）。
- ⑫ 按下“类型” ▶ “上升时间”。“值”读数将显示测量结果及更新信息。
- ⑬ 按下“返回”选项按钮。
- ⑭ 按下底部的选项按钮，显示 Measure 5 Menu（测量 5 菜单）。
- ⑮ 按下“类型” ▶ “正频宽”。“值”读数将显示测量结果及更新信息。
- ⑯ 按下“返回”选项按钮。

测量单个信号示例如图 1.1.8 所示。

(2) 测量两个信号

如果正在测试一台设备，并需要测量音频放大器的增益，则需要一个音频发生器，此时需将测试信号连接到放大器输入端。将示波器的两个通道分别与放大器的输入和输出端相连，如图1.1.9所示。测量两个信号的电平，并使用测量结果计算增益的大小。

要激活并显示连接到通道 1 和通道 2 的信号，并选择两个通道进行测量，执行以下步骤：

- ① 按下“自动设置”按钮。
- ② 按下 Measure（测量）按钮以查看“测量菜单”。
- ③ 按下顶部选项按钮，显示 Measure 1 Menu（测量 1 菜单）。

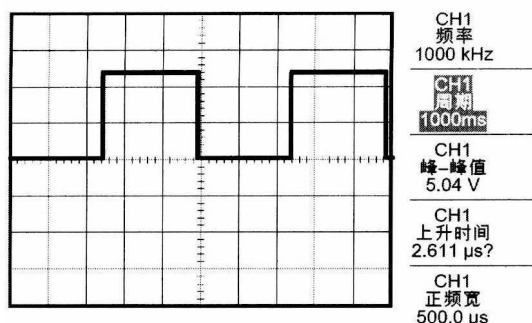


图 1.1.8 测量单个信号

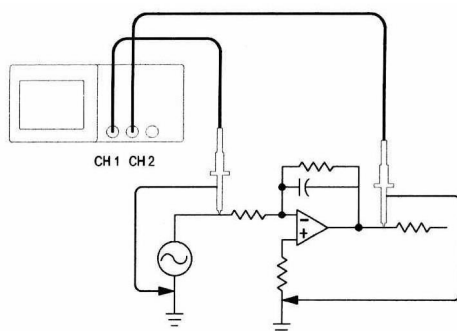


图 1.1.9 测量两个信号连接方式

- ④ 按下“信源” ▶ CH1。
- ⑤ 按下“类型” ▶ “峰-峰值”。
- ⑥ 按下“返回”选项按钮。
- ⑦ 按下顶部第二个选项按钮，显示 Measure 2 Menu（测量 2 菜单）。
- ⑧ 按下“信源” ▶ CH2。
- ⑨ 按下“类型” ▶ “峰-峰值”。
- ⑩ 按下“返回”选项按钮。读取两个通道的峰-峰值幅度。
- ⑪ 要计算放大器电压增益，可使用以下公式：

$$\text{电压增益} = \text{输出幅度} / \text{输入幅度}$$

$$\text{电压增益(dB)} = 20 \times \log (\text{电压增益})$$

测量两个信号示例如图 1.1.10 所示。

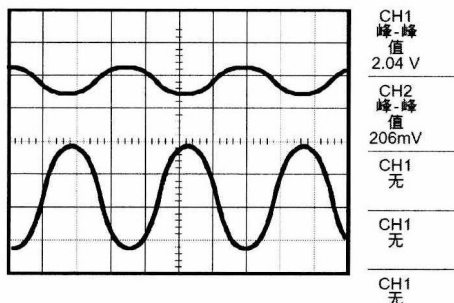


图 1.1.10 测量两个信号

(3) 光标测量

使用光标可快速对波形进行时间和振幅测量。如果需要测量振荡的频率和振幅，执行以下步骤：

- ① 按下 Cursor（光标）按钮以查看“光标”菜单。
- ② 按下“类型” ▶ “时间”。
- ③ 按下“信源” ▶ CH1。
- ④ 按下“光标 1”选项按钮。
- ⑤ 旋转多用途旋钮，将光标置于振荡的第一个波峰上。
- ⑥ 按下“光标 2”选项按钮。

⑦ 旋转多用途旋钮，将光标置于振荡的第二个波峰上。可在 Cursor（光标）菜单中查看时间和频率 Δ （增量）（测量所得的振荡频率）。

- ⑧ 按下“类型” ▶ “幅度”。
- ⑨ 按下“光标 1”选项按钮。
- ⑩ 旋转多用途旋钮，将光标置于振荡的第一个波峰上。
- ⑪ 按下“光标 2”选项按钮。
- ⑫ 旋转多用途旋钮，将光标 2 置于振荡的最低点上。

在 Cursor（光标）菜单中将显示振荡的振幅。同理可以用光标测量脉冲宽度和信号上升时间等，如图 1.1.11 和图 1.1.12 所示。

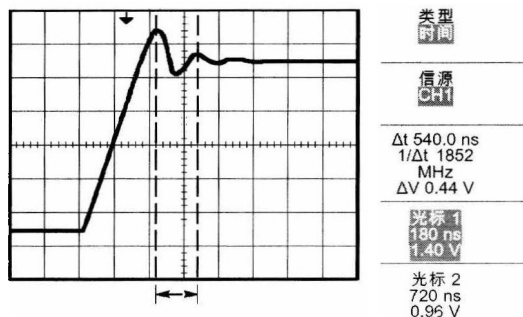


图 1.1.11 光标测量示意图 1

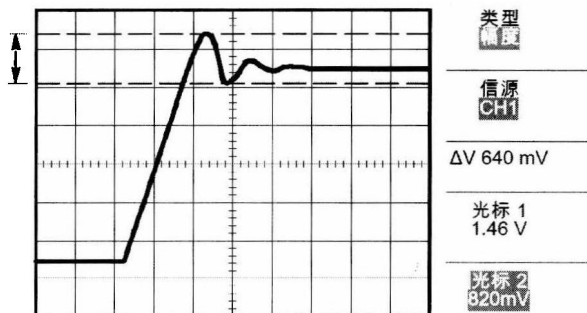


图 1.1.12 光标测量示意图 2

1.1.4 示波器的主要技术特性

示波器的技术特性是正确选用示波器的依据，它有许多项技术特性，下面仅介绍主要的几项。

1. 带宽

带宽是示波器的一个最重要的特性，因为它决定了示波器能够显示的信号范围，所需要的带宽主要是由预计将要遇到的信号上升时间决定的。由于示波器将要显示的可能并不仅限于纯正弦波，所以信号还将包含基本频率之外的谐波。如果不能保证恰当的示波器带宽，示波器便会显示圆化的边沿，而不是原来所期望的清晰、快速的边沿，而这无疑将会影响测量的精度。信号带宽是决定示波器带宽的另一个因素，尽管它在重要程度上不及信号上升时间。由于采用了现代化的数字技术，系统时钟信号通常都是示波器可能要显示的最高频率信号。如果信号的上升时间较慢(500ps 或更慢)，为了显示出正确的波形，示波器的带宽应至少比信号频率大 2~3 倍，如果信号的上升时间较快，那么信号频率对示波器带宽要求的影响就会较小。

2. 通道数

数字内容在现代设计中随处可见，传统的 2 通道型和 4 通道型示波器并不是总能提供用户所需要的通道数。因此，必须对当前的工作任务进行分析，准确地预测出所需的通道数。

3. 采样速率

通常，示波器的采样速率至少应为模拟带宽的 2.5 倍。然而在理想情况下，采样速率应为模拟带宽的 3 倍或更大。为了获得更高的采样速率，很多示波器厂商常常交织多个实时 ADC(模数转换器)。在一般情况下，交织不会产生信号重构问题，但是，不精确的交织可能造成波形失真。因此在购买示波器时，应选择那些采用高精度交织的厂商。

4. 存储器深度

在示波器中，模数转换器(ADC)将输入波形转换成数字信号，然后将得到的数据存储在

示波器的高速存储器中。将要显示的时间乘以要维持的采样速率，就能计算出所需要的存储器深度。如果希望能够在一段较长的时间内以高分辨率在各点之间进行考察，那就需要深存储器。

5. 触发能力

边沿触发是通用示波器用户使用最多的一项功能。然而在某些应用中，示波器的其他触发能力也是非常有用的。对于串行设计人员来说，某些示波器都配有SPI、CAN、USB、I²C、FlexRay和LIN这样一些标准的串行触发协议。这些先进的触发选件在日常调试工作中能够节省大量时间。如果需要捕获偶发事件，毛刺触发使用户能够在正向毛刺或负向毛刺、大于或小于规定宽度的脉冲上进行触发。此外，目前市面上的许多示波器还提供了电视(TV)、高清晰度电视(HDTV)和视频应用的触发能力。

1.2 频谱仪

1.2.1 概述

传统的超外差频谱分析仪基本组成框图如图 1.2.1 所示。外差即指混频，也就是频谱搬移。超指的是高于音频的频率。如图 1.2.1 中，输入信号首先通过一个衰减器和低通滤波器后到达混频器的输入端，与本振信号在混频器中混频。混频器是一个非线性器件，它的输出包含两个输入信号的原始频率分量、和频、差频及它们的各次谐波分量。混频器输出经中频放大和增益控制，如果混频器输出信号的频率分量落在中频滤波器的通带内，就会进入后续的对数放大、包络检波、视频滤波、显示等处理。扫描信号发生器产生的斜坡信号用来在显示器上产生从左到右的水平扫描，同时也用来调谐本振频率。

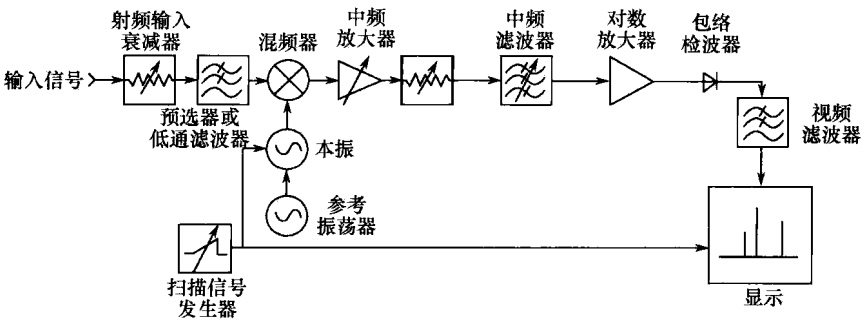


图 1.2.1 超外差频谱分析仪基本组成框图

1.2.2 AT5010/5011 型频谱分析仪

1. 功能简介

AT5010/5011 型频谱分析仪可以检出频率范围为 0.15~1050MHz 的信号频谱分量，其基本组成框图如图 1.2.2 所示。

AT5010/5011 型频谱分析仪实际上是一个3次变频的超外差扫频接收机。被测信号($f_{\text{输入}}=0.15\sim 1050\text{MHz}$)加到第一混频器，在这里与一个压控振荡器($f_{\text{本振}}=1350\sim 2350\text{MHz}$)来的信号混频，这个振荡器称为第一本振。第一本振与输入频率之差($f_{\text{本振}}-f_{\text{输入}}$)为第一中频，它通过调谐在 1350MHz 上的带通滤波器，进入放大器，然后再经过 2 级混频器和放大器。第二中频是

29.875MHz，第三中频是 2.75MHz。在第三中频级中，在到幅度解调器之前，先选择性地通过一个 400kHz 或 20kHz 的带通滤波器。视频信号对数输出可以直接或通过一个低通滤波器，送到 Y 轴放大器，该放大器输出连到 CRT 的 Y 偏转板。

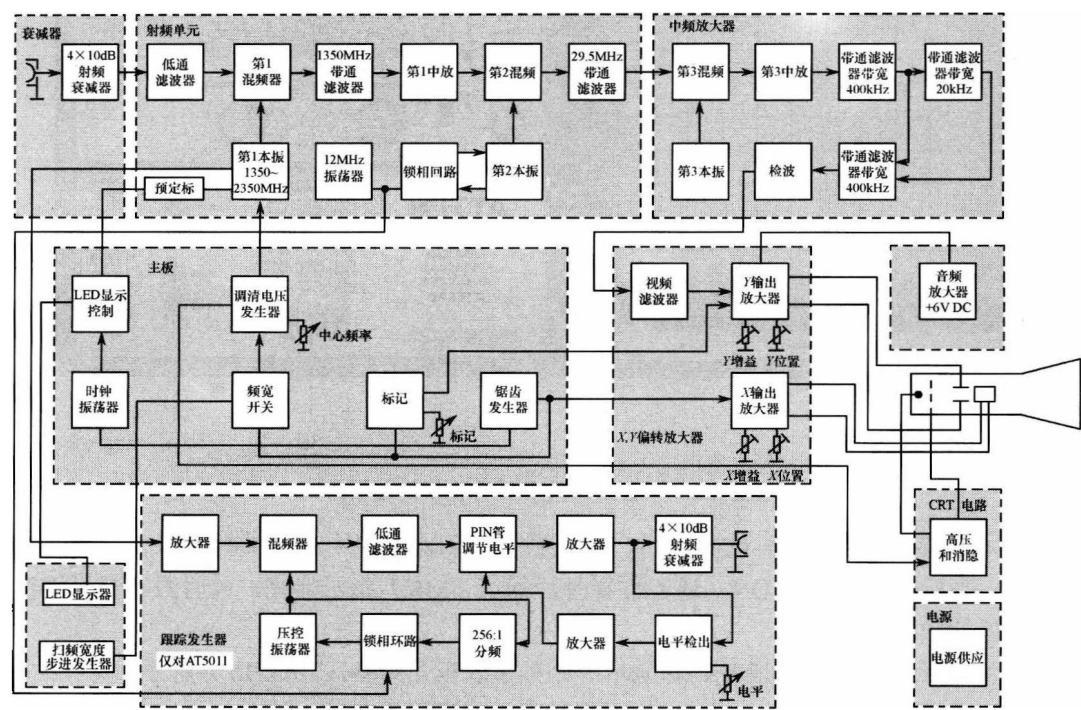


图 1.2.2 AT5010/5011 型频谱分析仪基本组成框图

X 偏转是由斜波发生器电压所驱动的。此电压还和一个直流电压合成后去控制第一本振。频谱仪扫描的频率范围取决于斜波的高度，扫频由扫频宽度调节按钮控制。在 0 扫频宽度模式时，只有直流电压去控制第一本振。

AT5011 还装有跟踪发生器，它提供一个频率范围为 0.15~1050MHz 的正弦电压，跟踪发生器的频率取决于第一本振，跟踪发生器的输出频率和频谱仪的输入频率是同步的。

2. 面板操作系统说明

AT5010 型频谱分析仪的面板如图 1.2.3 所示。面板上各开关、旋钮的名称、作用说明如下。

- ① 聚焦旋钮 (FOCUS)，光点锐度调节。
- ② 亮度旋钮 (INTENS)，光点亮度调节。
- ③ 电源开关 (POWER，通 ON 和断 OFF)，当电源开关打到通处，约经 10s 将有光束出现。
- ④ 轨迹旋转 (TR)。即使有磁性的 (铍莫合金) 屏蔽，地球磁场对水平扫描线的影响仍不可能避免。通过一个内装的电位器可用来调整它，使水平扫描线和水平刻度线基本对齐。
- ⑤ 标记 (MARKER)。当标记按钮置于 OFF (断) 位置时，中心频率 (CF) 指示器亮，此时数字显示器读出的是中心频率。当标记按钮置于 ON (通) 位置时，标记 (MK) 指示器亮，此时数字显示器读出的是标记处的频率。该标记在屏幕上是一个尖峰，标记频率可由标记 (MARKER) 旋钮来调节，它可重合到一根谱线上。

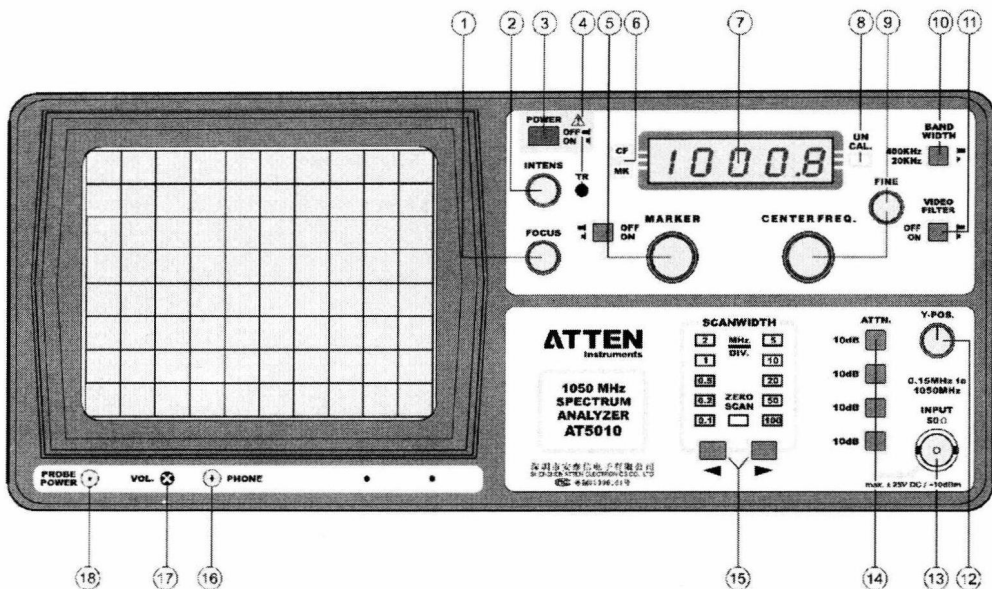


图 1.2.3 AT5010 型频谱分析仪的面板

⑥ 中心频率/标记指示器 (CF/MK)。当从数字显示器读取中心频率时，中心频率 (CF) 指示器亮。当标记按钮置于 ON (通) 位置时，标记 (MK) 指示器亮，此时数字显示器读出的是标记处的频率。

⑦ 数字显示器，用于七段数码管显示中心频率或标记频率，100kHz 分辨率。

⑧ 校准失效 (UN CAL)，此 LED 闪亮时表示幅度值不正确。这是由于扫频宽度和滤波器的配合、中频滤波器的设置不当而造成幅度降低的读出。这种情况可能出现在扫频范围相对于中频带宽 (20kHz) 或视频滤波器带宽 (4kHz) 过大时。若要正确测量，可以不用视频滤波器或者减小扫频宽度。

⑨ 中心频率 (粗/细调)。两个旋钮都用于调节中心频率。

⑩ (中频) 带宽，选择中频带宽在 400kHz 或 20kHz。选在 20kHz 带宽时，噪声电平降低，频率选择性提高，能分辨出频率更近的谱线，此时若扫频宽度过宽，由于需要更长的扫描时间 (做不到) 会造成信号过渡过程产生的降低信号幅度，从而使测量不正确，并使校准失效 LED 亮。

⑪ 视频滤波器 (VIDEO FILTER)。视频滤波器可用来降低屏幕上的噪声，它使得正常下在平均噪声电平上或刚好高出平均噪声电平的小信号得以观察。该滤波器带宽是 4kHz。

⑫ Y 位置 (Y-POS)，调节电子束在垂直方向上移动，从而使得频谱显示在垂直方向上移动。

⑬ 50Ω 输入 (INPUT 50Ω)，频谱仪的 BNC 50 输入。在不用衰减时，最大允许为 ±25V DC 和 ±10dBm AC。当加上 40dB 最大输入衰减时，最大输入电压是 ±20dBm。

⑭ 衰减器。输入衰减器包括 4 个 10dB 衰减器，用于在进入第一混频器之前降低信号幅度。按键按下时对应于衰减器接入。衰减器选择、参考电平和基线电平 (噪声电平) 三者的配合见表 1.2.1。