

【电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材】

电子技术应用实验教程（二）

电子技术应用实验教程

Dianzi Jishu Yingyong Shiyān Jiaocheng Zonghepian 综合篇

主 编 陈 瑜

副主编 陈 英 李春梅 孙可伟



电子科技大学出版社

【电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材】

电子技术应用实验教程（二）

电子技术应用实验教程

Electronic Technology Application Experiment Tutorial

综合篇

主 编 陈 瑜
副主编 陈 英 李春梅 孙可伟



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术应用实验教程 综合篇 / 陈瑜主编. —成

都: 电子科技大学出版社, 2011. 9

ISBN 978-7-5647-0890-0

I. ①电… II. ①陈… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 146760 号

内 容 提 要

本书突出实验教程的特点, 以实验为主线, 共分为 4 章, 12 个实验项目, 以适应不同专业, 不同层次学生的实验教学要求。其内容安排如下:

第 1 章 常用电子测量仪器, 内容包括示波器、信号源等常用仪器的组成原理、使用方法及使用注意事项; 第 2 章 数字电路综合实验, 内容包括触发器应用、555 常用电路、动态显示电路以及电子秒表等实验; 第 3 章 模拟电路综合实验, 内容包括模拟乘法器应用、集成稳压电源、DC-DC 开关电源和集成功放等实验; 第 4 章 开放实验室实验, 内容包括课后可由学生自主完成的一些设计等。

本教材是电子技术应用实验教程 综合篇, 在编写上突出实验教材特点, 强调提出问题与解决问题的思路, 适当简化了理论知识叙述, 增强了设计思路与实验技能方面的引导。本书在内容上可以与电子技术应用实验教程 基础篇的内容相辅相成、循序渐进, 又可以作为独立的硬件电路应用实验教程使用, 本教材可作为高等院校电子类专业学生中高年级的实验教材, 也可作为电子技术应用爱好者的参考用书。

电子技术应用实验教程 综合篇

主 编 陈 瑜

副主编 陈 英 李春梅 孙可伟

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 罗 雅

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 12 字数 300 千字

版 次: 2011 年 9 月第一版

印 次: 2011 年 9 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0890-0

定 价: 26.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

作为电子科技大学国家级实验教学示范中心的系列教程之一,本套教材在电子技术系列实验教程中承上启下,以电子技术基础实验为前提,通过对典型模拟及数字电路的应用及设计,将学生引入电子技术综合实验,进一步培养学生的实验技能和动手动脑能力。

本套教程共分为两册。第1册名称为《电子技术应用实验教程(一)电子技术应用实验教程 基础篇》,该书以数字逻辑原理和低频模拟电路作为理论基础,包含了数字逻辑电路的基本单元电路实验、模拟电路中具有应用性的单元电路实验以及数字逻辑中基础性的 EDA 实验,是学生进行电子技术应用实验的基础。第2册名称为《电子技术应用实验教程(二)电子技术应用实验教程 综合篇》,本书内容以数字逻辑原理和低频模拟电路作为理论基础,在单元功能模块电路的基础上,实现数字及模拟电路的综合实验。

本书为第2册,在内容上即可以与第一册内容相辅相成、循序渐进,又可以作为硬件电路应用实验教程独立使用。本套教材可作为高等院校电子类专业学生中、高年级的实验教材,也可作为电子技术应用爱好者的参考用书。

本书在编写上突出实验教材特点,强调提出问题与解决问题的思路,适当简化了理论知识叙述,增强了设计思路与实验技能方面的引导。

本书的编写特点如下:

1. 基础实验部分设置了预习思考题,采用“问题驱动”的编写方法,通过预习问题使学生产生疑问并自我思考,对于学生理解实验目的和总结实验结论大有帮助,也能够更好地激发学生的实验兴趣。

2. 在每个基础实验中增加了“实验中的常见问题及解决办法”,从提出问题到解决办法,逐步引导学生排除实验中易出错的步骤,掌握正确的实验技能和分析问题、解决问题的方法,为更好地独立完成实验提供了有力的帮助。

3. 设计性实验部分提出了实验任务,给出了设计方案,并举出设计实例,在基础实验的带动下,学生可通过独立思考来完成设计,扩展了学生学习的知识面与动手能力培养的途径,也为学生课后的设计与制作提供了参考。

4. 教材中对于开放实验室中的实验给出了一些实例,包括电路的焊接及调试方法、实验原理与方案举例等,使学生能够通过教材快速入门,动手开始今后的实践与设计。

5. 对电子设计中常用的仪器进行了原理分析与详细的使用说明,使学生不仅掌握仪器的使用而且了解仪器的组成原理,对于今后的电路设计与测试大有帮助。

6. 教材的第2章及第3章作为电子技术应用实验的核心内容,配备了设计精美、功能完整的实验电路板,节约了学生在实验中搭接基本电路的时间,使学生将更多精力集中于电路功能的实现与各个功能电路之间的连接关系,为实现更大规模的电路设计打好基础。

7. 第2章中的四个基础实验环环相扣,虽然每次都有新实验内容,每次都有新的设计性实验,但每个实验原理之间又相互联系与交汇,在最后一个实验电子秒表中将前三个实验

的内容一一应用,使学习过程丰富且有序。本书的编写方法保证了可将每个基础实验教程作为4学时实验教程,也可以将每个基础实验教程分为两个2学时的实验教程,教材在实验内容的编写上兼顾了两种课时安排,划分合理,均可达到较好的实验教学目的。

8. 在附录中总结了实验报告的标准格式,对实验报告的评价指标给予了说明,可以很好地引导学生养成良好的实验习惯,善于总结与分析实验原理及测试数据,掌握完整的实验过程,培养学生基本的实验表述能力。

本书突出实验教程的特点,以实验为主线,共分为4章,16个实验项目,以适应不同专业、不同层次学生的实验教学要求。其内容安排如下:

第1章 常用电子测量仪器。内容包括示波器、信号源等常用仪器的组成原理、使用方法及使用注意事项。

第2章 数字电路综合实验。内容包括触发器应用、555常用电路、动态显示电路以及电子秒表等实验。

第3章 模拟电路综合实验。内容包括模拟乘法器应用、集成稳压电源、DC-DC开关电源和集成功放等实验。

第4章 开放实验室实验。内容包括课后可由学生自主完成的一些设计等。

电子科技大学电子工程学院电子实验中心的电子技术应用实验室负责应用层的实验教学,开设电子技术应用实验等课程。实验室通过团队协作,加强课程建设和实验室建设,教学团队开展经常性的教学研讨和教学观摩,交流教学经验、探讨教学中的问题和不足,共享教学资源。本书是由多年工作在实验教学一线的教师编写的。

陈瑜老师整理及编写了第1章的1.1.1、1.2.1、1.4、1.5节,第2章的2.1和2.2节,第4章的4.1和4.2节;陈英老师整理及编写了第1章的1.1.2、1.1.3节,第三章的3.1、3.2节和第4章的4.3、4.4节;李春梅老师整理及编写了第1章的1.2.2、1.2.3节,第2章的2.3、2.4节和第4章的4.5节;孙可伟老师整理及编写了第1章的1.2.4、1.3节和第3章的3.3、3.4节。陈瑜老师负责了教材编写的组织与统稿。感谢毛瑞明老师为本书的实验设备制作做出的大量工作。感谢全体电子技术应用实验室教师在实验开发及教材编写中所作出的努力。

感谢关心本书出版的领导和电子科技大学出版社的大力支持。

本书承约电子科技大学钟洪声教授和习友宝教授,他们提供了很多宝贵的意见和建议,对此表示衷心的感谢。

我们编写的教材难免有错误和问题,恳请广大读者指正。

编 者

2011年6月

◆ 与本书配套的EEC-1型数字逻辑实验箱以及多种实验电路板由电子科技大学电子实验中心独自开发,如需使用请与电子科技大学电子实验中心联系。

电话:(028) 83202209 (028) 61830102

第 1 章 常用电子测量仪器.....	1
1.1 数字示波器.....	1
1.1.1 54621A 数字示波器.....	3
1.1.2 普源 DS1000 系列示波器.....	7
1.1.3 优利德 2000 系列示波器.....	22
1.2 函数信号发生器.....	34
1.2.1 F40 型数字合成函数信号发生器/计数器.....	35
1.2.2 33120A 任意波形发生器.....	41
1.2.3 TFG2040 DDS 函数信号发生器.....	46
1.2.4 FG1617 函数信号发生器.....	52
1.3 直流稳压电源.....	56
1.4 频率特性测试仪.....	60
1.5 高频 Q 表.....	63
第 2 章 数字电路综合实验.....	67
2.1 实验一 触发器实现波形整形及脉冲延时的研究.....	67
2.1.1 基础实验.....	67
2.1.2 设计性实验.....	75
2.2 实验二 555 集成定时器的应用.....	78
2.2.1 基础实验.....	78
2.2.2 设计性实验.....	87
2.3 实验三 数据选择和译码显示.....	91
2.3.1 基础实验.....	91
2.3.2 设计性实验.....	100
2.4 实验四 电子秒表.....	103
2.4.1 基础实验.....	103
2.4.2 设计性实验.....	112
第 3 章 模拟电路综合实验.....	115
3.1 实验五 调幅与检波的研究.....	115
3.1.1 基础实验.....	115
3.1.2 设计性实验.....	126
3.2 实验六 混频与倍频的研究.....	128
3.2.1 基础实验.....	128

3.2.2 设计性实验	135
3.3 实验七 直流稳压电源、DC/DC 开关电源	137
3.3.1 基础实验	137
3.3.2 设计性实验	145
3.4 实验八 音频功率放大器	147
3.4.1 基础实验	147
3.4.2 设计性实验	152
第 4 章 开放实验室实验	156
4.1 实验九 简易函数发生器设计	156
4.2 实验十 声光控延时灯设计	162
4.3 实验十一 用 555 定时器组成函数发生器	165
4.4 实验十二 汽车尾灯控制电路设计	171
4.5 实验十三 人体反应速度测试器的设计	176
附录 1 常用逻辑符号对照表	181
附录 2 标准实验报告模板	182
附录 3 实验报告评分标准	184
参考文献	186

第 1 章 常用电子测量仪器

1.1 数字示波器

示波器（Oscilloscope）是一种用途十分广泛的电子测量仪器，利用示波器能观察不同信号幅度随时间变化的波形曲线，并测试多种信号参数（非精确测量），如电压、电流、频率、相位差、调幅度等等。

示波器可分为模拟、数字两大类。模拟示波器又有通用示波器、多束示波器、取样示波器、记忆示波器和专用示波器等，采用 CRT 屏显示波形。数字示波器将输入信号数字化（时域取样和幅度量化的）后，由 D/A 转换器输出重建波形，具有记忆、存储功能，所以又称为数字存储示波器（DSO, Digital Storage Oscilloscope）。受模拟电路的带宽限制，100MHz 以上的示波器多以数字示波器为主，下面以数字示波器为例进行介绍。

数字示波器的主要技术指标有：

1. 频带宽度：示波器面板上显示的带宽是指模拟带宽，带宽是示波器的基本指标，它反映了可以观测信号的最高频率（或最小脉冲宽度），在数字示波器中，该项指标主要由 A/D 转换器的转换速率决定。在制定的带宽下，其输出相应将下降 3dB，例如 100MHz 带宽的示波器，10V 信号输入，示波器将观测到 7.07V 的信号，这还只是正弦波的情形。因此，我们在选择示波器的时候，为达到一定的测量精度，应该选择信号最高频率 5 倍的带宽。上升时间与带宽有关，一般定义上升时间 t_r 为：

$$t_r = \frac{0.35}{BW} \quad (1-1)$$

当测试高频方波信号时，若其上升沿变化陡峭，上升时间参数说明了能否准确显示快速上升的电平的能力。带宽越宽则输入信号的高频分量衰减越少，显示波形越陡峭，上升时间越小。数字示波器的带宽有模拟带宽和数字实时带宽两种。数字示波器对重复信号采用顺序采样或随机采样技术所能达到的最高带宽为示波器的数字实时带宽，

2. 时基因数：时基因数表示单位距离代表的时间，常分为很多挡，当选择较小的时基因数时，可将高频信号在水平方向上展开。图 1.1.1 中测试波形的时基因数为每格 500μs，信号周期为 2 格，可知周期为 1000μs，即 1ms。

3. 垂直偏转因数：指在垂直方向上移动 1cm 所需的电压值，也通常分为许多挡，偏转因数越小表示示波器观测微小信号的能力越强。图 1.1.1 中通道 1 测试波形的偏转因数为每格 5V，通道 2 测试波形的偏转因数为每格 1V。

4. 输入阻抗：示波器的输入阻抗可看成被测信号的等效负载，常包括输入电阻和输入电容两部分。

5. 输入耦合方式：一般可选择直流、交流和接地三种耦合方式之一，直流耦合时，输入信号的所有成分都加到示波器上，交流耦合用于只需要观察输入信号的交流波形时；接地方式则断开输入信号，将通道直接接地。

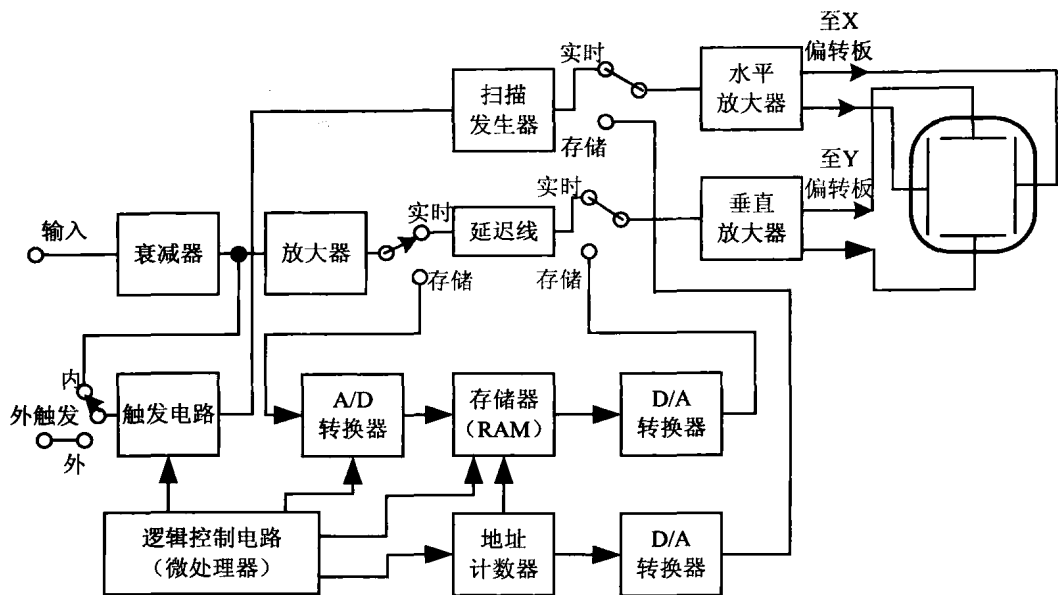


图 1.1.1 典型数字存储示波器原理框图

6. 数字存储示波器的最高取样速率：单位时间内采样的次数，常以 MS/s 表示，也可用每秒完成的 A/D 转换的最高次数来衡量。取样速率越高反应示波器捕捉高频或快速测量信号的能力越强。根据奈奎斯特定理，采样速率至少高于信号高频成分的 2 倍才不会发生混迭。

7. 示波器探头：探头是示波器的专用测试电缆。探头的正确使用在测试中具有重要的作用。如图 1.1.2 所示，探头的等效电路中包含了电阻、电容和电阻。

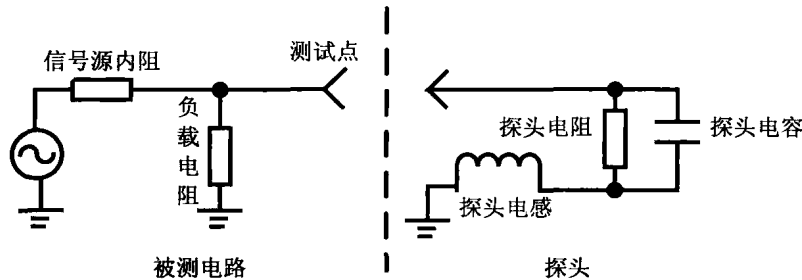


图 1.1.2 探头的等效电路

探头是介于示波器和被测信号之间的环节，如果信号在探头处就已经失真，示波器的显示功能就会受到很大影响。探头本身有输入电阻，和万用表测电压的原理一样，为尽可能地减少对测量的影响，希望探头的输入电阻尽量大，但由于不可能做到无穷大，总会对被测电路有分压的影响，所以实际测到的电压不是探头测试点本身之前的电压，这种现象经常会出现在电源或放大器电路的测试中。为减小分压的影响。一般要求探头的输入电阻比被测源的输出电阻大 10 倍以上，我们可以利用具有衰减的探头中的 10 x 比例来增大探头的输入电阻。

其次探头本身有输入电容，是由探头的寄生电容等效而来的，这个电容是影响探头带宽的重要因素，这个电容会衰减信号中的高频成分，使波形的边沿变缓，一般无源探头的输入

电容在 10pF 至几百 pF 之间, 有源探头的输入电容在 0.2pF 至几 pF 之间。

再次, 探头的输入端还会受到电感的影响, 电感来自探头和被测电路之间的导线电感, 探头的寄生电感和寄生电容组成了谐振回路, 在电感值太大时, 在输入信号激励时可能会产生高频谐振, 造成信号的失真, 所以高频测试时应严格控制信号和地线的长度, 否则会产生振铃。等效电感的大小还与接地线长度有关, 其越长电感效应就越大, 对波形的破坏效应就是会产生脉冲信号的振荡、过冲等信号完整性问题。

1:1 或 $X1$ 探头在其有用带宽之内, 对信号没有衰减作用。由于这类探头在测试点处将其自身的电容(包括电缆的电容)与示波器的输入阻抗连在了一起, 所以这种探头具有负载效应。信号频率升高时, 探头的容性负载效应就变得更加显著。由于电缆的类型和长度的不同以及探头本身构造等原因, 1:1 探头的输入电容通常可以从大约 $35\sim 100\text{pF}$ 以上, 这等于给被测电路施加了一个低阻抗负载, 具有 47pF 输入电容 1:1 探头在 20MHz 之下的电抗仅为 169Ω , 这就使得这个探头在此频率无法使用。

我们可以在探头中增加一个和示波器输入阻抗相串联的阻抗, 用这种办法就可以减小探头的负载效应。然而, 由于引进了一个电阻分压结构, 这就意味着输入电压不能完全加到示波器的输入端。

图 1.1.3 给出了 10 倍无源电压探头的等效电路, R_p 和 R_s 构成了一个 10:1 的分压器, R_s 为示波器的输入阻抗。调节补偿电容 C_3 使得探头和示波器通道 RC 乘积相匹配, 这样就能保证在探头的尖端获得正确的频率响应曲线, 并且这种探头的频率响应比 1:1 探头频率响应要宽得多。

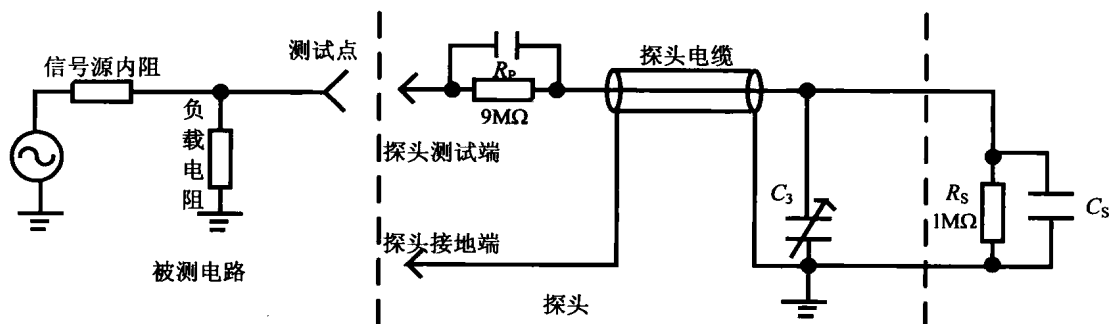


图 1.1.3 10 倍无源电压探头等效电路

一个实际的 10:1 探头具有几个可调的电容和电阻以便在很宽的频率范围内获得正确的频率响应, 这些可调元件的大多数都是在制造探头时由工厂调好的。只有一个微调电容留给用户去调节。这个电容称为低频补偿电容, 应当通过调节这个电容使得探头和与相配用的示波器匹配, 使用示波器前面板上的信号输出可以很容易地进行这项调节工作, 示波器的这个输出端标有“探头调节”“校准器”“CAL”或者“探头校准”等标志, 并能送出一个方波输出电压。方波中包含很多频率分量。当所有这些分量都以正确的幅度送至示波器时, 就能在示波器屏幕上再现方波信号。

1.1.1 54621A 数字示波器

数字存储示波器(DSO)用 A/D 转换将被测模拟信号变成数字信号, 然后存入 RAM 中,

需要时再将 RAM 中存储的内容调出，通过相应的 D/A 转换器，再恢复为模拟信号显示在屏幕上。它不仅可用于记录波形，而且可以对获得的信息进行数据处理。在有突发、异常情况发生时，用它记录异常情况发生时的波形数据很方便，而且 DSO 以数字化的形式处理并记录波形，为其他设备提供了研究波形的方便。

54621A 是一种带宽为 60MHz，采样率为 200MSa/S 的 DSO。

与模拟示波器相比 54621A 数字示波器有以下特点：

1. 该数字示波器可以连续更新慢速变化波形的扫迹，有利于低频信号的测试，而用模拟示波器测低频信号只能显示慢速移动的光点。
2. 该数字示波器的垂直位置有分度，能在屏幕上显示地电位的位置。
3. 具有自动适配及快速测试功能，能很方便地对波形进行快速测试。
4. 可对波形进行存储、处理和调用，而模拟示波器输入信号消失时，显示的波形也消失。

一、示波器外观与功能介绍

54621A 示波器前面板结构如图 1.1.4 所示。按功能可分为屏幕显示区、水平控制区、功能区、触发区和垂直控制区五个部分。另有 6 个菜单按钮，3 个输入连接端口和 1 个信号校对端口。下面将分别简要介绍各部分的控制按钮及屏幕上的部分信息。

显示通道垂直偏转因数 显示通道的主时基设置 触发状态显示

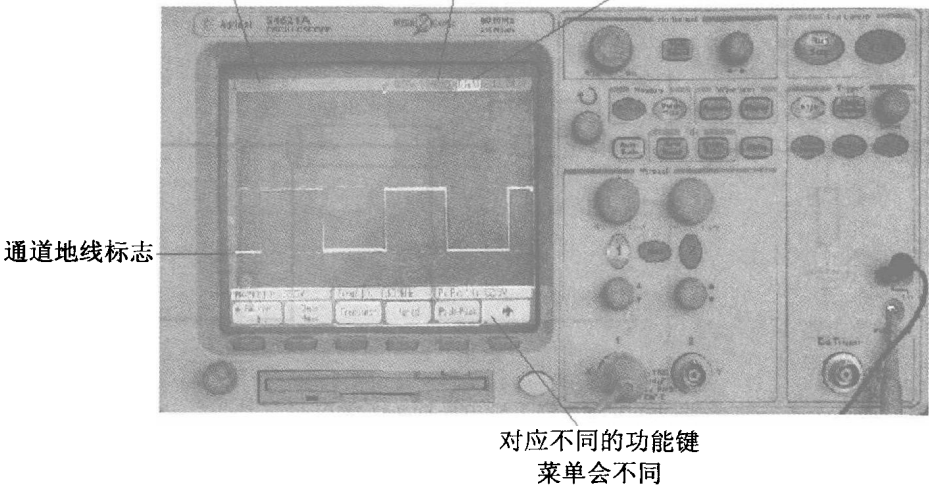


图 1.1.4 54621A 示波器前面板结构图

(一) 屏幕显示区

在屏幕显示区，显示窗口除了显示波形图像外，在波形上方还显示出许多有关波形和仪器控制设定值的细节，下面从左至右依次介绍：

1. 表示 Y 通道的垂直标尺 (V/格)；
2. 触发位置指示；
3. 表示 X 通道的主时基值；
4. 表示触发状态；

5. 表示边缘触发斜率:  上升沿  下降沿

6. 表示选用的触发信号源;

7. 读数表示触发点的电平值;

在显示窗口下方为菜单选择按钮。

(二) 水平控制区 (Horizontal)

水平控制区在仪器右上部, 共有 3 个按钮:

1. 时基 (扫描) 时间选择旋钮, 选择范围 5ns~50s。

2. 扫描选择键 main/Delay

在按下该键后, 显示屏幕下方 “√” 表示选中该项, 有以下菜单功能:

◆ main 主扫描。

◆ Delay 延迟扫描, 此时屏幕上方为主扫描波形, 下方为延迟扫描波形, 调节扫速旋钮可改变延迟扫描的宽度, 调节水平位移旋钮可改变延迟扫描的位置。

◆ Roll 滚动显示, 波形从右向左移, 此时时基应低于 500ms/div。若当前设置高于 500ms/div, 示波器将自动设置于 500ms/div, 适合低频信号测试。

◆ xy 模式, 测试李萨育图形。

◆ Vernier 微调, 当选择该键时, 扫速可进行微调, 若不选该键, 扫描为 1-2-5 进制。

◆ Time Ref 可改变时间轴参考点。

3. 水平位移旋钮, 用以调整屏幕上信号波形的左右水平移动位置。

(三) 运行模式控制 (Run Control)

键 Run Control 位于面板右上侧, 包括 Run/Stop 和 Single 两按键。当 Run/Stop 键为绿色时, 为启动获取功能, 波形显示为活动状态; 当 Run/Stop 为红色, 则示波器处在停止获取状态, 波形显示被冻结, 此时, 可能包括几个有用信息的触发, 但只有最后的触发采集可以平移和缩放。用 Single 键可确保只采集一个触发。

(四) 功能区

功能区按钮在水平控制区下面。

1. “” 调节旋钮, 在不同的菜单下可调节标有 “” 的参数。

2. Measure 测试方式选择, 包括 “Cursors” 和 “Quick meas” 两按键。

◆ Quick meas 可以对输入源进行自动测试。在该栏菜单有许多常用参数以供测试选择。

◆ Cursors 光标测试, 按下此键后在屏幕上会同时出现水平和垂直方向的两组光标虚线, 在该按键菜单下可以选择测试源和测试参数 (水平? 垂直?), 利用手动调节 “” 旋钮, 改变光标以达到测试的目的, 增量 ΔX (ΔY) 即为两光标间距离。

3. Waveform 栏目, 包括 Acquire 和 Display 两个按键。

◆ Acquire 检测模式, 包括: Normal (方式)、Peek Det (峰值检测)、Averaging 可平均多个触发以减少噪声)、Real time (实时测试)。

Display 显示控制, 包括: ∞ persist (无限余辉)、clear Display (擦除先前采集)、 Guide (改变栅格亮度)、Vectors (是否在各采集点间加上向量, 防止出现频率混叠)。

4. Auto-scale 自动测试, 当输入信号 $f > 50 \text{ Hz}$, 占空比大于 0.5%, 幅度大于 10mV 时, 利用 Auto-scale 键可以根据信号对示波器各测试参数进行自动识配, 使信号自动同步并在显示屏上显示一个完整周期。若要取消自动测试, 可按软键 undo-Auto-scale。

5. File 文件菜单, 包括 save/recall 和 Quick print 两按键。

在此栏可对所采集波形进行存储、打印功能。

6. Utility 通过它可以设置示波器的其他应用项目, 如加载某种语言, 设定屏幕保护方式等等。

(五) 触发区 (Trigger)

1. Edge 边缘触发, 可选择上升沿或下降沿触发, 以及触发源对 1、2 通道及 EXIT (外接信号) 进行选择。

2. mode/coupling 按下此键可进行以下菜单操作:

◆ mode 触发方式, 可选择 Normol、Auto、Auto level。

◆ coupling 触发源耦合方式, 可选择 DC、AC、LF、Reject、TV (在 Trigger-More 中启用)。

◆ Noise Rej 噪声抑制, 若选择该项, 对噪声不敏感, 但有时需要更大的幅度来触发。

◆ HF Reject 高频抑制, 此时系统加入一低通滤波器。

◆ Hold off 释抑时间, 选择该项后, 可以通过 “” 键调节释抑时间, 使波形同步。

3. level 触发电平控制旋钮, 用以改变触发电平值。

4. Pulse Width 脉冲宽度触发, 按下此键可在菜单中选择正脉冲或负脉冲触发, 以及触发脉冲的宽度等。

5. Pattern 模型触发, 可以通过查找特定的模型而识别触发条件。

6. More 其他更多的触发方式, 如 TV, I²C……

7. Ext Trigger 外触发信号输入端。

(六) 垂直控制区 (Vertical)

垂直控制区按钮从上往下依次为:

1. 垂直灵敏度旋钮 (垂直刻度的选择钮), 选择范围为 1mv/div~5V/div。

2. 通道选择键, 灯亮表示选中并显示该通道波形, 两个通道灯都亮表示双踪显示。不需要时将灯按灭即可。

注意: 在此菜单下有一  Probe (探头比), 一般测试时应使其为 1.0:1, 否则应将测试峰峰值除以探头比才是真实值。

3. math 键。按下此键会显示一系列菜单, 在此菜单下可对被测波形进行数学分析, 如 FFT、微分、积分等。

4. 垂直位移旋钮, 用以调节屏幕上波形的垂直移位位置。

5. 示波器信号的输入端。

6. Probe Comp 探头校对补偿器, 用以对探头进行使用前的校对。

二、示波器显示的波形举例

(一) 调幅波

图 1.1.5 显示的调幅波波形图中, (a) 图为调制度为 50% 的普通调幅波, (b) 图为调制

度为 100% 的普通调幅波，(c) 图为 DSB 调幅波，(d) 图为未同步的载波波形。

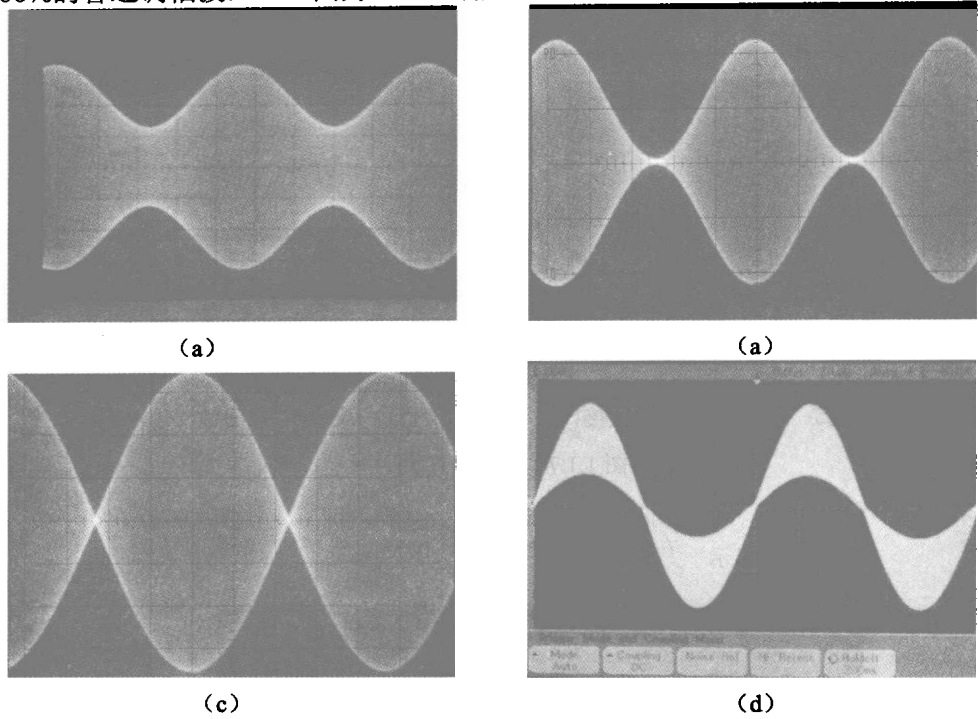


图 1.1.5 54621A 示波器显示的调幅波波形图

观测调幅波时，使波形稳定应注意以下几点：

- (1) 适当调整触发电平 (Level 旋钮)。
- (2) 调整触发释抑时间 (hold off)。

(二) 调频波

用 54621 示波器测得的调频波如图 1.1.6 所示。

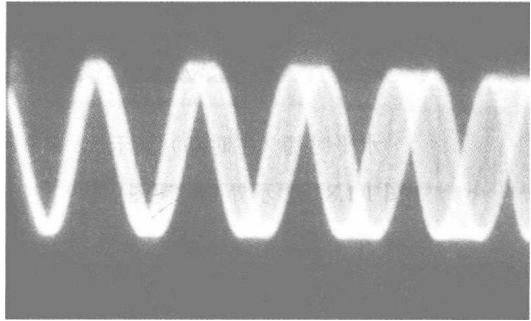


图 1.1.6 54621A 示波器显示的调频波波形图

1.1.2 普源 DS1000 系列示波器

一、示波器外观

普源 DS1000 系列示波器面板操作说明图如图 1.1.7 所示，显示界面如图 1.1.8 所示。

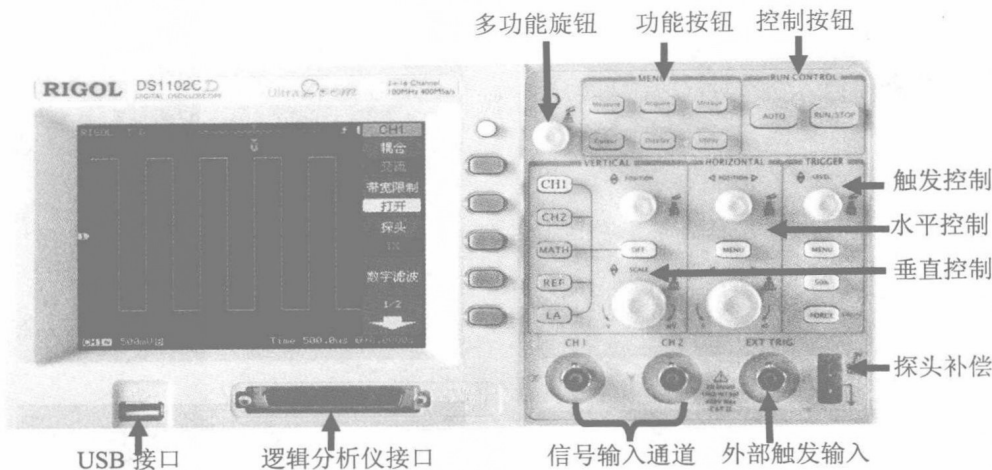


图 1.1.7 面板操作说明图

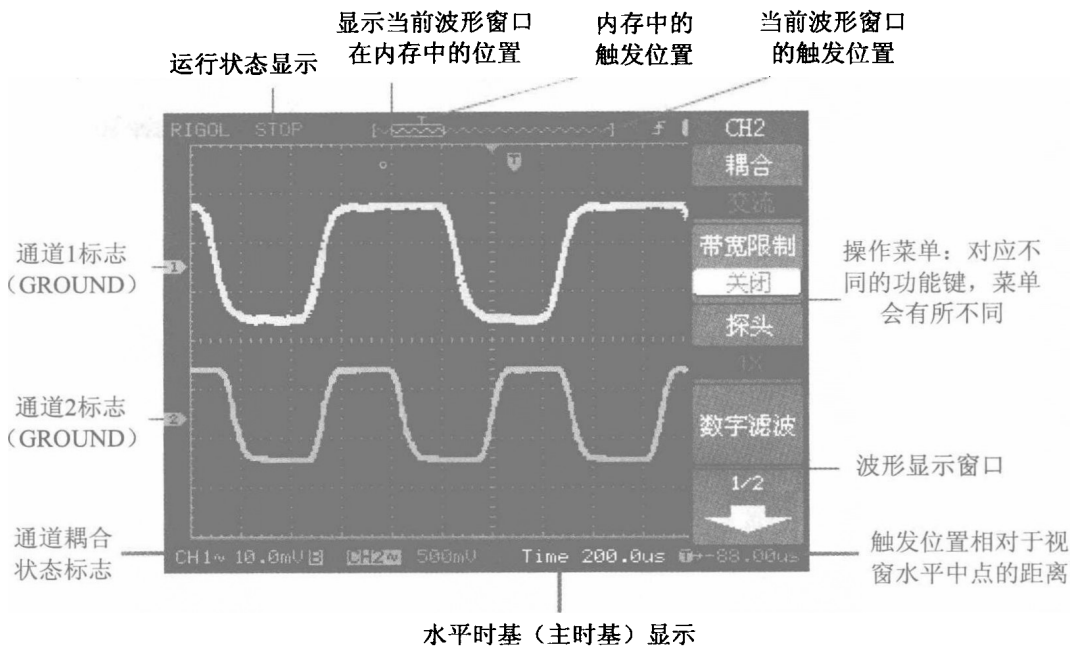


图 1.1.8 显示界面说明图

二、示波器操作

(一) 探头补偿

在首次将探头与任一输入通道连接时, 需要进行此项调节, 使探头与输入通道相配。未经补偿校正的探头会导致测量误差或错误。若调整探头补偿, 请按如下步骤:

1. 探头上的开关置于 10 $\times$, 并将示波器探头与 CH1 连接。如使用探头钩形头, 应确保与探头接触可靠。将探头端部与探头补偿器的信号输出连接器相连, 接地夹与探头补偿器的地线连接器相连。按 CH1 功能键显示通道 1 的操作菜单, 应用与探头项目平行的 3 号菜单操作键, 选择与您使用的探头同比例的衰减系数, 此时设定应为 10 $\times$ 。然后按 AUTO, 几秒钟内, 可见到方波显示。

2. 观察显示的波形。

如显示波形如图 1.1.8 所示的“补偿不足”或“补偿过度”，用非金属手柄的改锥调整探头上的可变电容，直到屏幕显示的波形如图 1.1.9 “补偿正确”。

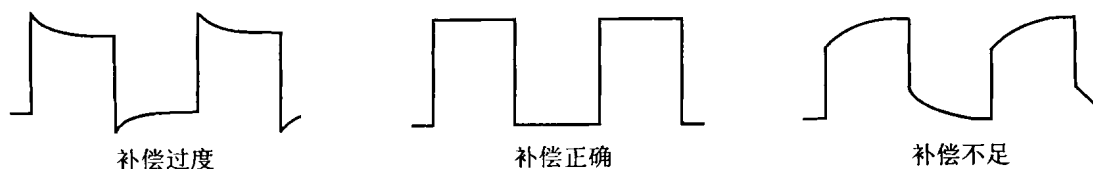


图 1.1.9 探头补偿调节

3. 以同样的方法检查通道 2 (CH2)。按 OFF 功能按钮或再次按下 CH1 功能按钮以关闭通道 1，按 CH2 功能按钮以打开通道 2，重复步骤 1 和步骤 2。

(二) 波形显示的自动设置

DS1000 系列数字示波器具有自动设置的功能。根据输入的信号，可自动调整电压倍率、时基以及触发方式至最好形态显示。应用自动设置要求被测信号的频率大于或等于 50Hz，占空比大于 1%。使用自动设置：

(1) 将被测信号连接到信号输入通道。

(2) 按下 AUTO 按钮。

示波器将自动设置垂直、水平和触发控制。如需要，可手工调整这些控制使波形显示达到最佳。

(三) 设置垂直系统

如图 1.1.10 所示，在垂直控制区 (VERTICAL) 有一系列的按键、旋钮。

1. 垂直通道旋钮的应用

(1) 垂直 POSITION 旋钮控制信号的垂直显示位置。当转动垂直旋钮时，指示通道地 (GROUND) 的标识跟随波形上下移动。

按下 POSITION 旋钮时，通道垂直标志恢复到屏幕垂直方向的中心。

(2) 转动垂直 SCALE 旋钮改变 “Volt/div” (伏/格) 垂直挡位，显示界面状态栏对应通道的挡位显示发生了相应的变化。

(3) 按 CH1、CH2、MATH、REF、LA 屏幕显示对应通道的操作菜单、标志、波形和挡位状态信息。按 OFF 按钮关闭当前选择的通道。

(4) 按下垂直 SCALE 旋钮作为切换输入通道的粗调/微调状态的快捷键，按下垂直 SCALE 旋钮后调节该旋钮即可粗调/微调垂直挡位。

注意：需要调整的通道只有处于选中的状态，垂直 POSITION 和垂直 SCALE 旋钮才能调节此通道。通道按键灯亮说明该通道已被激活，若希望关闭某个通道，再次按下该通道按键或此通道在当前处于选中状态时，按 OFF 按钮也可将其关闭，通道按键灯灭。

2. 通道的设置

每个通道有独立的垂直菜单。每个项目都按不同的通道单独设置。按 CH1 或 CH2 功能按键，系统显示 CH1 或 CH2 通道的操作菜单，通道设置菜单说明见表 1.1.1、表 1.1.2 所示。

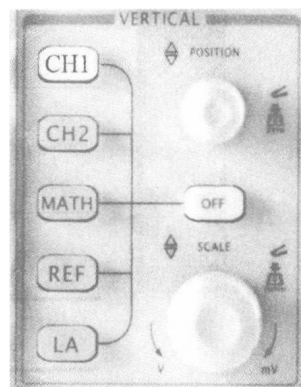


图 1.1.10 垂直控制系统

表 1.1.1 通道设置菜单



功能菜单	设 定	说 明
耦合	交流 直流 接地	阻挡输入信号的直流成分 通过输入信号的交流和直流成分 断开输入信号
带宽限制	打开 关闭	限制带宽至 20MHz，以减少显示噪音 满带宽
探头	1× 5× 10× 50× 100× 500× 1000×	根据探头的衰减因数选取其中一个值， 以保持垂直标尺读数准确
数字滤波		设置数字滤波（见表 1.1.2）
↓ (下一页)	1/2	进入下一页菜单（以下均同，不再说明）
↑ (上一页)	2/2	返回上一页菜单（以下均同，不再说明）
挡位调节	粗调 微调	粗调 1-2-5 进制设定垂直灵敏度 微调则在粗调设置范围之间进一步细 分，以改善垂直分辨率
反相	打开 关闭	显示的信号相对地电位翻转 180 度 波形正常显示

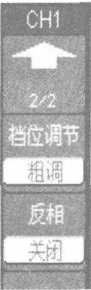
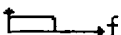
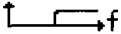
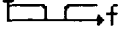


表 1.1.2 数字滤波器设置菜单



功能菜单	设 定	说 明
数字滤波	关闭 打开	关闭数字滤波器 打开数字滤波器
滤波类型	 f  f  f  f	设置滤波器为低通滤波 设置滤波器为高通滤波 设置滤波器为带通滤波 设置滤波器为带阻滤波
频率上限	 <上限频率>	多功能旋钮 () 设置频率上限
频率下限	 <下限频率>	多功能旋钮 () 设置频率下限
↑		返回上一级菜单（以下均同，不再说明）