



21世纪高等学校新理念教材建设工程

电工电子技术实验教程

辽宁工业大学电工教研室 编



东北大学出版社
Northeastern University Press



21 世纪高等学校新理念教材建设工程

电工电子技术实验教程

辽宁工业大学电工教研室 编

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 辽宁工业大学电工教研室 2009

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术实验教程 / 辽宁工业大学电工教研室编. — 沈阳 : 东北大学出版社,
2009.12

ISBN 978-7-81102-770-9

I. 电… II. 辽… III. ①电工技术—实验—高等学校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 227466 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 9.25

字 数: 237 千字

出版时间: 2009 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘乃义 王兆元

责任校对: 王 铁

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-770-9

定 价: 14.00 元

《电工电子技术实验教程》编委会

主 编 李亮之 闫 芳 于铁利

耿大勇 秦晓光

编 委 张振祥 魏 玲 王 巍 王春霞

何晓坤 朱延枫 李振刚

前 言

本书由辽宁工业大学出版基金资助出版。

“电工电子技术实验”是面向非电类专业的技术基础课，同时又是独立设课的实践课程，与之相对应的理论课程为“电工技术”“电子技术”。本课程的主要任务是使学生掌握后续专业课程和从事工程技术所需的电路、电子、电气及信息技术等方面的基础知识。本课程以实验的形式，要求学生掌握正确使用各类电子仪器仪表、基本测量和研究方法、工程中常用的电气控制设备和装置的使用以及电子技术基础知识及其运用。“电工电子技术实验、实习”课程知识覆盖面广，有广阔的工程背景，对学生树立理论联系实际的学风，培养分析问题、解决问题的能力，培养动手实践能力，都有着重要的作用。

为满足人才培养的需要，我们根据高等工业学校《电工技术》（电工学1）课程及《电子技术》（电工学2）课程教学基本要求（1993年修订），并结合现有的实验设备条件编写了本书。在教学基本要求（修订稿）中，强调了实验环节的重要性，并指出“实验是本课程重要的实践性教学环节。实验、实习的目的不仅要帮助学生巩固和加深理解所学的理论知识，更重要的是要训练他们的实验技能，树立工程实际观点和严谨的科学作风，使学生能独立进行实验”。

本书以学生动手实验、实习内容为主，包括常用电工电子仪器仪表及使用、电工技术实验、电子技术实验、电工电子实习及综合实验5大部分。在实验、实习项目安排上体现了侧重于应用技术。与以前实验、实习教材的内容相比，减少了电路传统的经典内容，减少了单纯验证性的内容，增加了电子技术特别是集成电路的内容，增加了新技术的内容，拓宽了知识的应用层面，侧重于工程实践能力的培养。

本书第1章由秦晓光、王春霞编写，第2章由闫芳、秦晓光编写，第3章由耿大勇、于铁利编写，第4章由张振祥编写，第5章由魏玲、王巍编写。参加本书编写的还有何晓坤、朱延枫、李振刚。全书由李亮之负责统稿与定稿工作。在本书的编写过程中，有许多老师及同学对本书提出了宝贵的、建设性的意见和建议并做了具体的工作，在此谨表示诚挚的感谢。

限于编者水平，书中不妥之处在所难免，敬请读者予以批评指正，以便今后不断改进。

编 者

2009年10月

目 录

第 1 章 常用电工电子仪器仪表及使用	1
1.1 MULTIMETER 数字式万用表使用说明	1
1.2 YB 4328/YB 4328D 型双踪示波器的使用	7
第 2 章 电工技术实验	15
2.1 电路元件的伏安特性.....	15
2.2 基尔霍夫定律和叠加原理.....	18
2.3 戴维宁定理及功率传输最大条件.....	21
2.4 电压源与电流源的等效变换.....	25
2.5 一阶电路的响应.....	27
2.6 交流电路参数的测定.....	30
2.7 电阻、电感和电容元件的串联与并联.....	32
2.8 RLC 串联谐振电路的研究	35
2.9 日光灯电路的连接及功率因数的提高.....	38
2.10 三相交流电路	42
2.11 RC 电路的选频特性	46
2.12 异步电动机的继电接触控制	48
第 3 章 电子技术实验	51
3.1 单级交流放大电路.....	51
3.2 阻容耦合两级放大电路及负反馈的研究.....	54
3.3 集成运放及其应用实验.....	57
3.4 整流、滤波电路.....	61
3.5 直流稳压电源设计实验.....	63
3.6 TTL 门电路功能的测试及组合逻辑电路的分析	67

3.7	组合逻辑电路的设计与测试	70
3.8	组合逻辑电路的应用	72
3.9	触发器及应用实验	75
3.10	计数器应用实验	78
第4章	电工电子实习	83
4.1	引 言	83
4.2	电工电子实习实训须知	83
4.3	电工实习实训内容	84
4.4	电子实习实训内容	91
第5章	综合实验	108
5.1	电压和电流仪表量程扩展的设计	108
5.2	滤波器的设计	110
5.3	波形变换器的设计	114
5.4	三相异步电动机分时启动控制电路的设计	116
5.5	集成运算放大器的应用——电压比较器的设计	117
5.6	集成运算放大器的应用——有源滤波器的设计	120
5.7	抢答器的设计	124
5.8	计数显示器的设计	126
5.9	电子表计时显示电路的设计	130
附录	常用数字集成芯片引脚排列图	133

第 1 章 常用电工电子仪器仪表及使用

1.1 MULTIMETER 数字式万用表使用说明

1.1.1 概 述

全新“UT50”系列中的 UT56 是一种性能稳定、高可靠性手持式 4 1/2 位数字多用表，整机电路设计以大规模集成电路、双积分 A/D 转换器为核心并配以全功能过载保护，可用于测量直流和交流电压及电流、电阻、电容、二极管、三极管、频率以及电路通断，是用户的理想工具。

1.1.2 安全规则及注意事项

(1) UT56 仪表符合 IEC 1010-1 CAT I 1000V, CAT II 600V 和 CAT III 300V 超电压标准。请遵循手册的使用说明，否则仪表所提供的保护可能会受到损坏。

(2) 后盖没有盖好前严禁使用，否则有电击危险。

(3) 量程开关应置于正确的测量位置。

(4) 检查表笔绝缘层应完好，无损坏和断线。

(5) 红、黑表笔应插在符合测量要求的插孔内，保证接触良好。

(6) 输入信号不允许超过规定的极限值，以防电击和损坏仪表。

(7) 严禁量程开关在电压测量或电流测量过程中改变挡位，以防损坏仪表。

(8) 必须用同类型规格的保险丝更换坏保险丝。

(9) 为防止电击，测量公共端“COM”和大地“⏏”之间的电位差不得超过 1000V。

(10) 被测电压高于直流 60V 或交流 30V_{rms} 的场合，应小心谨慎，防止触电。

(11) 液晶显示“ ”符号时，应及时更换电池，以确保测量精度。

(12) 测量完毕应及时关断电源。长期不用时应取出电池。

(13) 不要在高温、高湿环境中使用，尤其不要在潮湿环境中存放，受潮后仪表性能可能变劣。

(14) 请勿随意改变仪表线路，以免损坏仪表和危及安全。

(15) 维护：请使用湿布和温和的清洁剂清洗外壳，不要使用研磨剂或溶剂。

(16) 符号：



电量不足



接地



双重绝缘



警告



交流



二极管



直流



保险丝



蜂鸣器

1.1.3 特 点

- (1) 功能选择具有 32 个量程。
- (2) LCD 显示, 字高 21mm。
- (3) 过量程显示 “1”。
- (4) 最大显示字 19999。
- (5) 读数保持功能。
- (6) 全量程过载保护。
- (7) 自动关机功能。
- (8) 温度范围:
工作温度: $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ ($32\sim 104^{\circ}\text{F}$);
储存温度: $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ ($14\sim 122^{\circ}\text{F}$)。
- (9) 电量不足指示: LCD 左下方显示 “ $\text{E}3$ ” 符号。
- (10) 柔性手带便于携带本表。
- (11) 支架有 3 种倾角, 便于观察显示。
- (12) 表外形尺寸: $190\text{mm}\times 88\text{mm}\times 34\text{mm}$ 。
- (13) 重量: 约 270g(不包括表笔), (表 + 保护套 + 支架)重约 550g。

1.1.4 技术指标

准确度: $\pm(\alpha\% \text{ 读数} + n \text{ 字数})$, 保证期为 1 年。

环境温度: $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度: $<75\%$ 。

1.1.4.1 直流电压

量 程	分辨力	准确度
200mV	$10\mu\text{V}$	$\pm (0.05\% \text{ rdg} + 3\text{digits})$
2V	$100\mu\text{V}$	$\pm (0.1\% \text{ rdg} + 3\text{digits})$
20V	1mV	
200V	10mV	
1000V	100mV	$\pm (0.15\% \text{ rdg} + 5\text{digits})$

输入阻抗: 所有量程为 $10\text{M}\Omega$ 。

过载保护: 对于 200mV 量程为 250V DC 或 AC 有效值, 其余量程为 750V_{rms} 或 1000V_{p-p} 峰值。

1.1.4.2 交流电压

量 程	分辨力	准确度
		(40~400Hz)
2V	$100\mu\text{V}$	$\pm (0.5\% \text{ rdg} + 10\text{digits})$
20V	1mV	$\pm (0.6\% \text{ rdg} + 10\text{digits})$
200V	10mV	
750V	100mV	$\pm (0.8\% \text{ rdg} + 15\text{digits})$

输入阻抗：所有量程为 $2\text{M}\Omega$ 。

频率范围：40~400Hz。

过载保护：对于 200mV 量程为 250V DC 或 AC 有效值，其余量程为 750V_{rms} 或 1000V_{p-p} 峰值。

显示：平均值响应(正弦波有效值)。

1.1.4.3 直流电流

量 程	分辨力	准确度
2mA	0.1 μ A	$\pm (0.5\% \text{rdg} + 5\text{digits})$
20mA	1 μ A	
200mA	10 μ A	$\pm (0.8\% \text{rdg} + 5\text{digits})$
20A	1mA	$\pm (2\% \text{rdg} + 10\text{digits})$

过载保护：200mA 以下为 0.3A/250V 保险丝保护，20A 无保险丝保护。

最大流入电流：20A(10A 以上电流测量时间应不超过 15s)。

测量电压降：满量程为 200mV。

1.1.4.4 交流电流

量 程	分辨力	准确度
2mA	0.1 μ A	$\pm (0.8\% \text{rdg} + 1\text{digits})$
20mA	1 μ A	
200mA	10 μ A	$\pm (1.2\% \text{rdg} + 10\text{digits})$
20A	1mA	$\pm (2.5\% \text{rdg} + 10\text{digits})$

过载保护：200mA 以下为 0.3A/250V 保险丝保护，20A 无保险丝保护。

最大流入电流：20A(10A 以上电流测量时间应不超过 15s)。

测量电压降：满量程为 200mV。

显示：平均值响应(正弦波有效值)。

1.1.4.5 电 阻

量 程	分辨力	准确度
200 Ω	0.01 Ω	$\pm (0.5\% \text{rdg} + 10\text{digits})$
2k Ω	0.1 Ω	$\pm (0.3\% \text{rdg} + 3\text{digits})$
20k Ω	1 Ω	$\pm (0.3\% \text{rdg} + 1\text{digits})$
200k Ω	10 Ω	
2M Ω	100 Ω	
20M Ω	1k Ω	$\pm (0.5\% \text{rdg} + 1\text{digits})$
200M Ω	10k Ω	$\pm [5.0\% (\text{rdg}-1000\text{digits}) + 10\text{digits}]$

过载保护：所有量程为 250V DC 或 AC 有效值。

注意：

① 在 200M Ω 挡，表笔短路，显示器显示 1000 个字，在测量中应从读数中减去 1000 个字；

② 使用 200 Ω 挡时，先将表笔短接，显示表笔线的电阻值，实测中减去这一电阻值，得到的才是实际被测值。

1.1.4.6 电 容

量 程	分辨力	准确度
2nF	0.1pF	$\pm (4\% \text{rdg} + 20 \text{digits})$
20nF	1pF	
200nF	10pF	
2 μ F	0.1nF	
20 μ F	1nF	

测试信号：约 400Hz, 40mVrms。

1.1.4.7 频 率

量 程	分辨力	准确度
20kHz	1Hz	$\pm (1.5\% \text{rdg} + 5 \text{digits})$

输入灵敏度： $\leq 200\text{mVrms}$ ，测量范围为 30Vrms 以下。

过载保护：250Vrms。

1.1.4.8 二极管和蜂鸣连续性测试

量 程	说 明	测试条件
	显示二极管正向电压值，单位为“V”	正向直流电流约 1mA，反向直流电压约 3.0V
	电阻 $\leq 50\Omega$ 时机内蜂鸣器响，显示电阻近似值，单位为“k Ω ”	开路电压约 3.0V

过载保护：250V DC 或 AC 有效值。

1.1.4.9 晶体管 hFE 测试

量 程	说 明	测试条件
hFE	可测 NPN 型或 PNP 型晶体管 hFE 参数，显示范围：0 ~ 1000 β	基极电流约 10 μ A，Vce 约 3.0V

1.1.5 使用方法

1.1.5.1 操作前注意事项

(1) 将 POWER 开关按下，检查 9V 电池，如果电池电压不足，“ ”将显示在显示器上，这时需要换电池。

(2) 测试笔插孔边的“ ”符号，表示输入电压或电流不应超过示值，这是为了保护内部线路免受损坏。

(3) 测试之前，功能开关(如图 1-1 所示)应置于所需要的量程。

1.1.5.2 直流电压测量

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔，红表笔插入 V 插孔。

(2) 将功能开关置于 V  量程范围，并将测试表笔并接到待测线路上，红表笔所接端子的极性将同时显示。

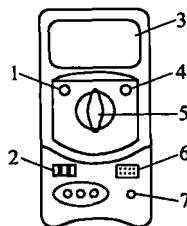


图 1-1 数字万用表示意图

1—电源开关；2—电容测试座；3—LCD 显示器；4—数据保持开关；5—功能开关；6—晶体管测试座；7—输入插座

注意：

- ① 如果不知被测电压范围，将功能开关置于最大量程并逐步下调；
- ② 如果显示器只显示“1”，表示过量程，功能开关应置于更高的量程；
- ③ “▲”表示不输入高于1000V的电压，显示更高的电压值是可能的，但有损坏内部线路的危险。
- ④ 当测量高电压时，要格外注意避免触电。

1.1.5.3 交流电压测量

将黑表笔插入COM插孔，红表笔插入V插孔，将功能开关置于V~量程范围，并将测试表笔并接到待测线路上。

注意：

- ① 参看直流电压测量注意①②④。
- ② “▲”表示不输入高于750V有效值的电压，显示更高的电压值是可能的，但有损坏内部线路的危险。

1.1.5.4 直流电流测量

(1) 将黑表笔插入COM插孔，当测量最大值为200mA以下的电流时，红表笔插入mA插孔。当测量最大值为20A的电流时，红表笔插入20A插孔。

(2) 功能开关置于A—量程，并将测试表笔串连接到待测回路里，电流值显示的同时，将显示红表笔的极性。

注意：

- ① 如果使用前不知被测电流范围，将功能开关置于最大量程并逐步下调；
- ② 如果显示器只显示“1”，表示过量程，功能开关应置于更高的量程；
- ③ “▲”表示最大输入电流为200mA，过量的电流将烧坏保险丝，应即时更换，20A量程无保险丝保护。

1.1.5.5 交流电流测量

(1) 将黑表笔插入COM插孔，当测量最大值为200mA以下的电流时，红表笔插入mA插孔。当测量最大值为20A的电流时，红表笔插入20A插孔。

(2) 功能开关置于A~量程，并将测试表笔串连接到待测回路中。

注意：

参看直流电流测量注意①②③。

1.1.5.6 电阻测量

(1) 将黑表笔插入COM插孔，红表笔插入 Ω 插孔。

(2) 将功能开关置于 Ω 量程，并将测试表笔并接到待测电阻上。

注意：

- ① 如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，将显示过量程“1”，应选择更高的量程；对于大于1M Ω 或更高的电阻，要几秒钟后读数才能稳定，对于高阻值读数这是正常的；
- ② 当无输入时，例如开路情况，仪表显示为“1”；
- ③ 当检查线路阻抗时，被测线路必须将所有电源断开，电容电荷放尽；
- ④ 200M Ω 短路时有1000个字，测量时应从读数中减去，如测100M Ω 电阻时，显示为

110.00, 1000 个字应被减去, 即 $110.00 - 10.00 = 100.00\text{M}\Omega$ 。

1.1.5.7 电容测试

连接待测电容之前, 注意每次转换量程时复零需要时间, 有漂移读数存在不会影响测试精度。

注意:

① 仪表本身虽然对电容挡设置了保护, 但仍需将待测电容先放电然后进行测试, 以防损坏本表或引起测量误差;

② 测量电容时, 将电容插入电容测试座中;

③ 测量大电容时, 稳定读数需要一定的时间;

④ 单位: $1\text{pF} = 10^{-6}\mu\text{F}$, $1\text{nF} = 10^{-3}\mu\text{F}$ 。

1.1.5.8 频率测量

(1) 将红表笔插入 Hz 插孔, 黑表笔插入 COM 插孔。

(2) 将功能开关置于 kHz 量程, 并将测试笔并接到频率源上, 可直接从显示器上读取频率值。

注意:

被测值超过 30V_{rms} 时, 不保证测量精度并应注意安全, 因为此时电压已属于危险带电范围。

1.1.5.9 二极管测试及蜂鸣器的连续性测试

(1) 将黑表笔插入 COM 插孔, 红表笔插入 V Ω 插孔(红表笔极性为“+”), 将功能开关置于“ $\rightarrow$ 、 $\rightarrow$ ”挡, 并将表笔连接到待测二极管上, 读数为二极管正向压降的近似值。

(2) 将表笔连接到待测线路的两端, 如果两端之间的电阻值低于约 50Ω , 内置蜂鸣器发声。

1.1.5.10 晶体管 hFE 测试

(1) 将功能开关置于 hFE 量程。

(2) 确定晶体管是 NPN 型还是 PNP 型, 将基极、发射极和集电极分别插入面板上相应的插孔。

(3) 显示器上将读出 hFE 的近似值、测试条件: $I_b \approx 10\mu\text{A}$, $V_{ce} \approx 3.0\text{V}$ 。

1.1.5.11 自动电源切断使用说明

(1) 仪表设有自动电源切断电路, 当仪表工作时间约 30min 时, 自动切断电源, 仪表进入睡眠状态。

(2) 当仪表电源切断后, 若要重新开启电源, 请重复按动电源开关两次。

1.1.6 仪表保护

该数字万用表是一台精密电子仪器, 不要随意更改线路, 并注意以下几点:

(1) 不要接高于 1000V 直流电压或高于 750V 交流有效值电压;

(2) 不要在功能开关处于“电流挡位”“ Ω ”“ $\rightarrow$ 、 $\rightarrow$ ”位置时, 将电压源接入。

(3) 在电池没有装好或后盖没有上紧时, 请不要使用此表。

(4) 只有在测试表笔移开并切断电源以后, 才能更换电池或保险丝。

1.1.7 保护套的使用

该保护套有 3 种实用形式：

- (1) 水平放置，支架不打开，见图 1-2(a)；
- (2) 小角度放置，支架 1 打开，见图 1-2(b)；
- (3) 大角度放置，支架 1 打开，支架 2 拉出，见图 1-2 (c)。



图 1-2 保护套使用示意图

1.2 YB 4328/YB 4328D 型双踪示波器的使用

1.2.1 示波器原理简介

示波器是一种广泛应用于科研、生产实践和实验教学的综合性电子图示测量仪器。它可以定性观察电压、电流的波形和元件的特性曲线，还可以定量测量信号的振幅、周期、频率、相位等。如果与传感器配合，也可用于非电量的测量。示波器具有频响范围宽和输入阻抗高的特点。本节将简单介绍示波器的基本工作原理以及 YB 4328/YB 4328D 型示波器的使用方法。

示波器一般由以下几部分构成：示波管，Y 轴放大和 X 轴放大系统，扫描、触发系统，电源等。

示波管的结构如图 1-3 所示。

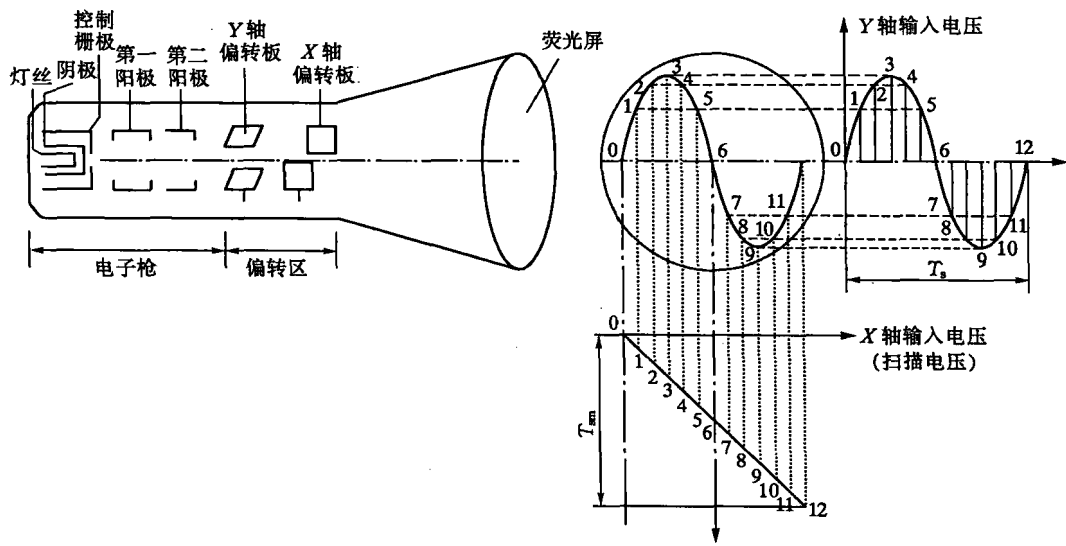


图 1-3 示波管结构图

示波管中的阴极被灯丝加热后发射出电子, 经过聚焦和加速电子射线穿过加有电压 u_Y 和 u_X 的垂直偏转板和水平偏转板(因为偏转板上施加了电压 u_Y 和 u_X , 所以偏转板之间就建立了电场), 向电位高的极板方向偏转, 打到荧光屏上偏离中心的某一位置, 致使荧光物质发光形成光点。光点在荧光屏上 Y 轴方向的位移与 u_Y 成正比, 在 X 轴方向的位移与 u_X 成正比, 有关比例系数被称为 Y 轴灵敏度和 X 轴灵敏度, 分别用 V/DIV 和 S/DIV 来表示。因此, 亮点的运动轨迹就描绘出被观察信号的波形。

当 X 轴和 Y 轴两对偏转板上都不加电压时, 电子束将垂直射到荧光屏中心, 在荧光屏正中心形成亮点。 Y 轴放大系统把被测信号放大后送至示波管的垂直偏转板上, 用它可调节波形显示的大小。 X 轴放大器和触发器一起用来产生扫描信号, 以便能够观察到以时间为横坐标的波形。

为了在示波器上观察到稳定不动的信号波形, 用被测信号或其他信号来控制扫描电压的产生时刻, 称为扫描触发。该系统的主要作用是用来产生锯齿波信号, 并保证被测信号波形与扫描信号波形之间有确定的相位关系。扫描系统所需的触发信号可选用内触发信号, 也可选用外触发信号, 一般多选用内触发信号进行扫描显示, 仅在同步困难时才选用外触发的方式。当被测信号达到某一选择的电平时, 触发电路就输出一个脉冲信号去启动扫描电路使光点开始水平扫描, 如图 1-4 所示。

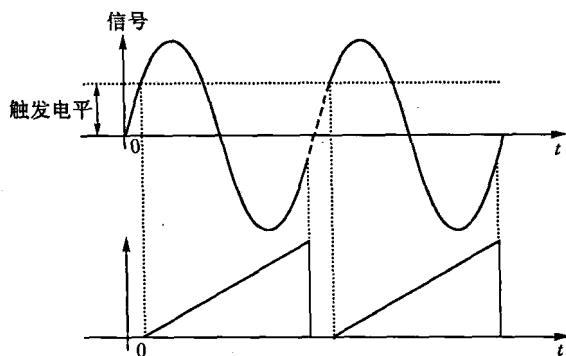


图 1-4 触发扫描原理

触发系统包括触发信号源、触发方式、触发电平和触发极性。合理地选择触发信号源, 对正确观察被测信号之间的相位关系是十分重要的。

选择触发信号源时, 应注意与示波器的垂直工作方式相对应。

当示波器的垂直工作方式选自双踪显示 ALT 时, 通道 1 和通道 2 (记为 CH_1 通道和 CH_2 通道) 可同时显示各自的被测信号, 但两个通道都取其自身信号作为触发信号来产生扫描所需的锯齿波, 无共同的相位起点, 因此无法对 CH_1 通道和 CH_2 通道的输入信号进行相位比较。为了对它们进行时间和相位的比较, 彼此就必须有共同的起点。因此, 当垂直工作方式选择 ALT 时, 必须选用 CH_1 通道或 CH_2 通道的信号作为触发信号。

利用示波器对脉冲波进行观测时, 示波器触发方式的选择是十分重要的, 如果选择不当, 将无法对被测波形进行观察和测量, 或者得到错误的测量结果。一般的通用示波器都有两种不同的触发方式可供选择。

若将触发方式选择开关置于“**AUTO**”(自动)的位置, 示波器便能够自动地、连续不

断地产生扫描波形,从而使示波屏上始终有扫描迹线存在。调节触发信号电平 LEVEL 旋钮可获得稳定的波形,若无触发信号则显示不稳定的波形。示波器的这种扫描方式只能用于测量低频正弦信号,在进行脉冲波测量时,则利用它帮助寻找零电平基线。

若将触发方式选择开关置于“NORM”的位置,与“AUTO”不同的是,只有当输入触发信号到来时才有扫描波产生,一旦输入的触发信号消失,扫描也将随之停止。处在这种工作状态下的示波器,平时无扫描迹线显示,只有当触发信号到来时才有扫描迹线出现,调节触发信号电平 LEVEL 旋钮可获得稳定的波形,若无触发信号则不显示迹线。这种工作方式既可用于测量低频正弦信号,也可用于测量高频正弦信号,其突出的优点是能用于测量非周期甚至是单次出现的脉冲信号及其参数。

触发电平(LEVEL)旋钮用于设定在触发信号波形的那一点上被触发而开始扫描,触发极性(SLOPE)用于选择触发扫描信号的极性。

在示波器上观察到电压波形的步骤如下:将被测电压信号 u_Y 加到 Y 偏转板上,同时将触发器产生的锯齿波电压信号 u_X 加到 X 偏转板上;电子束在锯齿波信号作用下,将沿着水平方向匀速移动,而 Y 偏转板上的被测电压信号使电子束上下移动,在 X 轴和 Y 轴两对偏转板的共同作用下,荧光屏上电子束运动的轨迹便可以显示被测电压信号 $u_Y(t)$ 的波形,如图 1-5 所示。

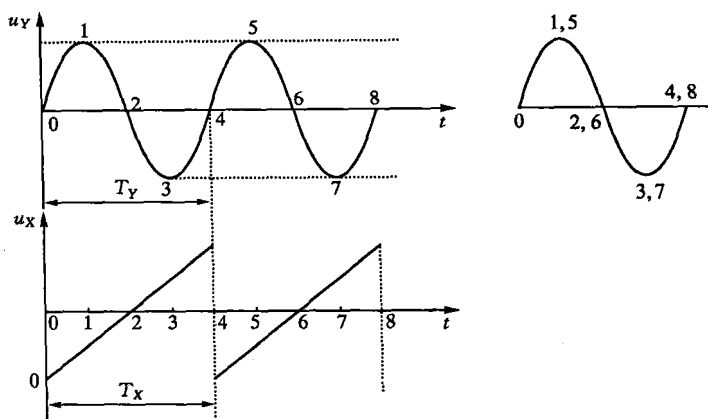


图 1-5 正弦波形合成图

电子束在锯齿波电压的控制下,周而复始地从左到右沿 X 轴等速移动,这个过程被称为“扫描”。由于光点在 X 轴的位置与时间有关,所以光点扫描的轨迹也称为“时间基线”,简称时基。光点在荧光屏上的位置可通过调节 Y 轴和 X 轴两个方向的位移来决定,当被测信号的频率等于扫描信号频率的整数倍时,将显示出稳定的波形,改变扫描信号的频率就可以实现波形的基本稳定,并且波形的周期数等于频率的倍数。

示波器的横向扫描方式一般有两种。一种叫“连续扫描”,即扫描发生器处于连续工作状态,它产生周期为 T 的周期性锯齿波电压信号,在此电压驱使下,光点在屏上连续地扫描,即使没有外加信号,屏上也能显示出一条时基线。另一种叫“触发扫描”,这种扫描方式的特点是扫描发生器平时处于等待状态,只有当触发脉冲输入时才产生一个扫描电压。因此,当无外加信号触发它时,屏上不会出现时基线。

1.2.2 正弦信号

按正弦规律变化的电压或电流，统称为正弦信号。正弦电流可表示为

$$i = I_m \cos(\omega t + \Psi_i)$$

式中， I_m —— i 的最大值，或称振幅；

ω ——角频率， $\omega = 2\pi f$ ， f 为频率；

Ψ_i ——初相，用 rad 或 ($^\circ$) 表示。正弦电流的波形如图 1-6 所示。

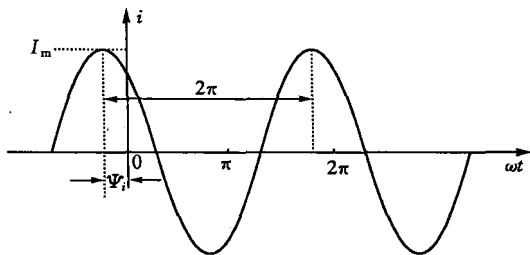


图 1-6 正弦电流信号波形

正弦信号的大小也可以用有效值表示。周期信号 $x(t)$ 的有效值 X 定义为

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2 dt}$$

式中， T ——周期。

对于正弦电流，可求得有效值为

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

交流电表的刻度一般是按有效值来标定的，通常所讲的正弦电压或电流的大小，如交流电压 220V，980V 指的是有效值。正弦电流又可表示为

$$i = \sqrt{2} I \cos(\omega t + \Psi_i)$$

两个相同频率正弦量的“前后”关系用初相之差表示，称为相位差，记为 φ 。设

$$u = U_m \cos(\omega t + \Psi_u)$$

$$i = I_m \cos(\omega t + \Psi_i)$$

则 u 和 i 的相位差为

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i$$

当 $\varphi > 0$ 时，称 u 超前 i 的相位角为 φ ，或 i 滞后 u 的相位角为 φ ；当 $\varphi = 0$ 时，称 u 和 i 同相；当 $|\varphi| = \pi$ 时，称 u 和 i 反相。如图 1-7 所示，相位差与计时起点无关。

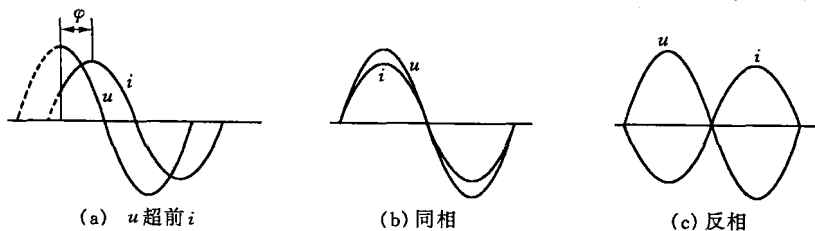


图 1-7 u 与 i 的相位差