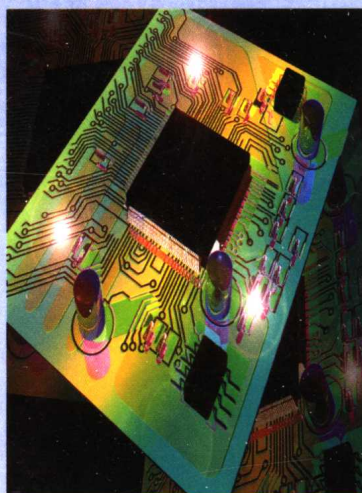




王立欣 杨春玲 主编

# 电子技术实验与课程设计

Experiment and Curriculum Design  
of Electronics

1-33  
3

哈尔滨工业大学出版社

# 电子技术实验与课程设计

王立欣 杨春玲 主编

哈尔滨工业大学出版社

哈尔滨

## 内 容 简 介

本书以开放实验室为背景,立足培养学生的电子电路设计和调试能力。本书的特点是:对实验内容做了较大调整,基本完成了从验证性实验到设计性实验的转变;课程设计题目的选择注重其综合性和先进性,以培养学生运用所学知识解决实际问题的能力。全书分九章,第一至四章介绍实验的管理办法、仪器使用、基本实验技术及电子元器件的有关知识;第五章是电子电路仿真软件(EWB5.0)的使用介绍;第六章是模拟电子技术实验;第七章为数字电子技术实验;第八章为可编程逻辑器件(PLD)介绍,包括硬件和开发软件的有关内容;第九章为电子技术课程设计。

本书为高等院校电子技术实验和课程设计的指导书,也可供相关专业的技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/王立欣等主编.—哈尔滨:  
哈尔滨工业大学出版社,2003.3

ISBN 7-5603-1826-6

I.电... II.王... III.①电子技术-实验-高等学校-教材②电子技术-课程设计-高等学校-教材  
IV.TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010881 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006  
传 真 0451-6414749  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 11.25 字数 258 千字  
版 次 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 7-5603-1826-6/TM-38  
印 数 1~4000  
定 价 22.00 元(含光盘 8.00 元)

# 前 言

电子技术基础作为工科电类专业的一门技术基础课，具有很强的实践性，其实验教学的重要性是不言而喻的。本书是根据作者从事电子技术及实验教学经验，在总结了教学改革成果的基础上编写的。主要特色有：

- (1) 采取了切实可行的“半开放式”的实验教学模式，拓展了实验空间和时间。
- (2) 根据素质教育的要求，明显增加了设计性实验的比例；同时注意实验内容的渐进性，使学生的实验能力逐渐得到提高，并加深对有关理论知识的认识和学习新的知识。
- (3) 充分发挥仿真实验的作用，将其与设计和实测过程有机结合，并成为动手实验的有益补充。
- (4) 将电子技术的新成果（PLD 和开关电源）引入实验教学，为后续课、毕业设计以及今后的工作打好基础。
- (5) 注重测试能力的培养，对仪器的使用方法、电路的测量方法、电子元器件的基本知识以及电路故障的排除方法都做了比较详细的介绍，力图使学生能参照本书独立完成实验。
- (6) 注重综合和创新能力的培养，加大课程设计的比重，培养学生的创造性思维。
- (7) 为使学生更好的掌握电子测试仪器的使用方法，本书配有相应的光盘。

参加本书编写工作的有张青森（第二章）、齐明（第四章）、关柏利（第五章）、杨春玲（第八、九章），其他部分由王立欣编写。提供课程设计题目的还有蔡惟铮、胡晓光、刘英、王淑娟、于泳、赵凯奇、王宇野、张辉。全书由王立欣、杨春玲任主编。本书的编写得到了哈尔滨工业大学电子学教研室和实验室全体老师的支持，在此一并致以诚挚的谢意。

本书中的实验运行模式和实验内容安排对于我们是一种新的尝试，疏漏之处在所难免，请使用本书的老师和同学将您发现的问题及时反馈给我们，作者将非常感谢。

编 者

2003 年 2 月

于哈尔滨工业大学

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 实验管理方法</b> .....       | 1  |
| 1.1 实验运行方法.....               | 1  |
| 1.2 实验报告的要求.....              | 2  |
| 1.3 实验成绩及相关因素.....            | 3  |
| 附 实验室提供的元器件清单.....            | 4  |
| <b>第二章 常用电子仪器的使用方法</b> .....  | 7  |
| 2.1 HP E3610A 型单路直流稳压电源.....  | 7  |
| 2.2 HP974A 型数字万用表.....        | 8  |
| 2.3 HP33120A 型信号发生器.....      | 10 |
| 2.4 HP54603B 型数字存储示波器.....    | 12 |
| 2.5 VC97 数字万用表.....           | 16 |
| 2.6 DF1731SB3AD 三路直流稳压电源..... | 20 |
| <b>第三章 基本实验技术</b> .....       | 23 |
| 3.1 电压和电流的测量.....             | 23 |
| 3.2 时间、频率的测量.....             | 25 |
| 3.3 电阻、电感和电容的测量.....          | 26 |
| 3.4 测量误差.....                 | 28 |
| 3.5 测量结果的处理.....              | 33 |
| 3.6 电子电路测试技术.....             | 35 |
| 3.7 常用电子元件的检测.....            | 43 |
| <b>第四章 常用电子元件</b> .....       | 49 |
| 4.1 电阻器.....                  | 49 |
| 4.2 电位器.....                  | 52 |
| 4.3 电容器.....                  | 53 |
| 4.4 半导体二极管和三极管.....           | 55 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 4.5 集成运算放大器                  | 58  |
| 4.6 面包板及电路的安装                | 59  |
| <b>第五章 电子工作台 (EWB) 的使用方法</b> | 61  |
| 5.1 电子工作台 (EWB5.0) 的操作界面     | 61  |
| 5.2 EWB5.0 操作命令和基本使用方法       | 65  |
| 5.3 虚拟仪器的功能与使用               | 76  |
| 5.4 仿真实例——差动放大器仿真分析          | 82  |
| <b>第六章 模拟电子技术实验</b>          | 85  |
| 6.1 晶体管放大电路及反馈的研究            | 85  |
| 实验一 单管放大电路的静态测试及仪器使用练习       | 88  |
| 实验二 晶体管放大电路及反馈的仿真分析          | 90  |
| 实验三 放大电路动态特性的测试              | 91  |
| 6.2 集成运算放大器及应用的实验研究          | 93  |
| 实验四 差分放大器与互补输出级电路的仿真分析       | 94  |
| 实验五 集成运算放大器单元应用电路            | 95  |
| 实验六 温度测量电路                   | 97  |
| 6.3 信号产生电路的实验研究              | 98  |
| 实验七 波形发生电路                   | 98  |
| 6.4 直流稳压电源的研究                | 100 |
| 实验八 线性稳压电源                   | 100 |
| 实验九 开关稳压电源控制器 SG3524 及其应用    | 102 |
| <b>第七章 数字电子技术实验</b>          | 104 |
| 实验一 TTL 与非门的参数和特性测试          | 104 |
| 实验二 组合数字电路 (一)               | 106 |
| 实验三 组合数字电路 (二)               | 109 |
| 实验四 555 定时器应用电路              | 112 |
| 实验五 集成触发器                    | 114 |
| 实验六 中规模计数器                   | 117 |
| <b>第八章 可编程逻辑器件及编程软件</b>      | 119 |
| 8.1 在系统可编程逻辑器件 (ispPLD) 的功能  | 119 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 8.2 在系统可编程逻辑器件实验系统·····         | 121        |
| 8.3 IspDesignExpert 系统使用说明····· | 125        |
| 8.4 实验题目·····                   | 142        |
| <b>第九章 电子技术课程设计·····</b>        | <b>150</b> |
| 9.1 电子技术课程设计的目的与要求·····         | 150        |
| 9.2 光控计数器·····                  | 152        |
| 9.3 数字电容测试仪·····                | 153        |
| 9.4 调制与解调·····                  | 154        |
| 9.5 数字式频率计·····                 | 155        |
| 9.6 空调机温度控制器·····               | 156        |
| 9.7 数字式波形发生器·····               | 157        |
| 9.8 多功能数字钟·····                 | 158        |
| 9.9 声控开关的设计与制作·····             | 159        |
| 9.10 数字式相位差测量仪·····             | 160        |
| 9.11 正弦波合成电路·····               | 162        |
| 9.12 便携式电子手提秤·····              | 164        |
| 9.13 数控直流电源·····                | 165        |
| 9.14 可编程字符发生器·····              | 167        |
| <b>参考文献·····</b>                | <b>169</b> |

# 第一章 实验管理方法

为了最大限度地利用实验资源，实验室应对学生开放。本章介绍“半开放式”的电子实验教学管理模式。

## 1.1 实验运行方法

电子技术实验分两学期完成，春季学期学习《模拟电子技术基础》的同学做第六章的实验一~实验八，学习《基础电子技术》的同学做第六章的实验一~实验六及第七章实验一~实验二；秋季学期学习《数字电子技术基础》的同学做第七章的实验一~实验六及EDA实验，学习《集成电子技术》的同学做第七章的实验三~实验六、第六章的实验七~实验九和EDA实验。

实验教学分以下几个步骤进行：

### 1. 元器件的发放和回收

学期初发给每位同学一套实验所用元器件（清单附后），学期末必须交回实验室。发生任何损坏、丢失必须照价赔偿。

### 2. 电路的设计与组装

每位同学在实验之前须按要求设计出电路，并在课余时间组装好。仿真实验应提出仿真方案。

### 3. 实验时间

原则上须按课表上课，对于没能在规定时间完成实验、或想多吃一些实验的同学，可提前一周到实验室预约，实验室将根据情况，给予安排。

实验考核时间另行通知。

### 4. 做实验

学生应按规定时间做实验，开始实验前应向指导教师提供设计的电路原理图、组装好的电路和自行拟订的实验步骤，如果没有设计或组装好，教师有权拒绝你做实验，由此产生的实验的延误，由学生自己负责。实验过程中，应遵守实验室的有关规定，按本指导书第二章的要求使用各种仪器，按要求记录实验数据。完成实验后，应将数据交指导教师审阅，指导教师验收每项的实验结果，抽查电路的连接情况，故验收前，不得拆解电路。经指导教师验收合格签字后，整理好实验台上的仪器，方可离开实验室。

### 5. 提交实验报告（具体要求见 1.2 节）

## 1.2 实验报告的要求

### 1.2.1 实验报告的组成

学生在完成每个实验后，均须认真撰写实验报告，设计性实验的实验报告应由设计报告、实验过程记录、总结报告三部分组成。

### 1.2.2 设计报告

- (1) 确定电路结构，画出电路的原理图。
- (2) 根据设计要求选择器件及参数。对模拟电路给出各参数的计算过程；对数字电路给出其设计过程。
- (3) 拟出实验步骤，说明各项指标的测量方法。

### 1.2.3 实验过程记录

#### 1. 原始数据的记录

原始数据的记录是科学实验的一个重要环节。基本要求如下：

- (1) 真实，任何虚假都将使原始数据一钱不值，因此，对于没有记录的数据和条件，绝对禁止补记、凑数和推算填写。
- (2) 详尽，要求可以由第三者按照原始数据记录的条件重复你所做的实验。因此，一切可能影响实验的因素都必须详尽记录。比如仪器编号、测量数据所使用的仪器、仪器使用中的挡位选择，甚至气温与外部环境等。例如，你记录了一个电压值 1.2V，就必须注明是什么仪器测量的（万用表和示波器都可能测量），是不是有效值，选择的是什么挡位。
- (3) 禁止涂改，对需要更改的数据必须重新记录，注明前面数据重新记录的理由。

#### 2. 实验步骤描述

注意，所有记录以尽可能让其他人重复你的实验为目的，一般来说，所有行为和行为带来的数据、现象都应该如实记录。下面是一个例子。

- (1) 按照下图连接电路。
- (2) 空载调节电源电压至 12V，用万用表测量。关闭电源，将电源接入电路，打开电源。
- (3) 调节电位器，用万用表测量  $R_c$  两端电压为 2.3V，此时，用万用表测量，记录其他数据。
- (4) 打开信号源，用示波器通道 1 观察输入信号 A 点波形，通道 2 观察 B 点波形，调节输入信号频率、幅值，为 1 000Hz、100mV。记录输入输出波形。
- (5) 经分析，认为步骤 4 测量数据与理论分析有较明显的误差，通过检查，发现某元件故障。更换后，重新测量。

### 1.2.4 总结报告

- (1) 电路图及参数。
- (2) 测试方法及测量结果（要注明使用的测试仪器和编号）。
- (3) 结果分析（误差分析及存在问题说明，并提出改进方法）。

(4) 实验研究中的收获与体会。

### 1.3 实验成绩及相关因素

实验成绩占课程总成绩的 20%，实验成绩由以下诸项因素决定：

- (1) 在实验过程中，是否遵守实验室的规定。
- (2) 保证报告与实验的绝对真实性，真实第一、准确第二。
- (3) 完成规定的实验内容和实验报告。
- (4) 在学期末，进行实际操作考核并记录成绩。
- (5) 期末的理论课考试中，还有与实验课有关的内容。

在期末考试之前，必须完成规定的实验内容，否则不准参加实验考核和理论课的考试。对于表现突出的同学，如完成了规定内容以外的实验，且有一定的独创性，可以考虑在总成绩中加分。



## 2. 基础电子技术

[illegible]

## 二、秋季学期

### 1. 数字电子技术基础

| 序号 | 器件名称      | 型号                  | 数量 |
|----|-----------|---------------------|----|
| 1  | 四-2 输入与非门 | 74LS00              | 2  |
| 2  | 二-4 输入与非门 | 74LS20              | 1  |
| 3  | 二进制译码器    | 74LS138             | 1  |
| 4  | 双四选一数据选择器 | 74LS253             | 1  |
| 5  | 显示译码器     | 74LS47              | 1  |
| 6  | 共阳极数码管    | SBS5101             | 1  |
| 7  | 电阻        | 300 $\Omega$ /0.25W | 8  |
| 8  | 定时器       | 555                 | 2  |
| 9  | D 触发器     | 74LS74              | 1  |
| 10 | JK 触发器    | 74LS112             | 1  |
| 11 | 同步计数器     | 74LS161             | 1  |
| 12 | 异步计数器     | 74LS90              | 1  |

### 2. 集成电子技术

| 序号 | 器件名称      | 型号                  | 数量 |
|----|-----------|---------------------|----|
| 1  | 双四选一数据选择器 | 74LS253             | 1  |
| 2  | 显示译码器     | 74LS47              | 1  |
| 3  | 共阳极数码管    | SBS5101             | 1  |
| 4  | 电阻        | 300 $\Omega$ /0.25W | 8  |
| 5  | 定时器       | 555                 | 2  |
| 6  | D 触发器     | 74LS74              | 1  |
| 7  | JK 触发器    | 74LS112             | 1  |
| 8  | 同步计数器     | 74LS161             | 1  |
| 9  | 异步计数器     | 74LS90              | 1  |

## 第二章 常用电子仪器的使用方法

### 2.1 HP E3610A 型单路直流稳压电源

HP E3610A 型稳压电源的面板图如图 2.1.1 所示。其输出端部分 (OUTPUT) 有三个端子：正极 (+)、负极 (-) 和电源外壳接地端 ( $\perp$ )，在输出电流分别为 2A 和 3A 时，其输出电压范围是 0~15V 和 0~8V。此电源有两种工作方式，即固定输出电压方式和固定输出电流方式。下面分别介绍如下。

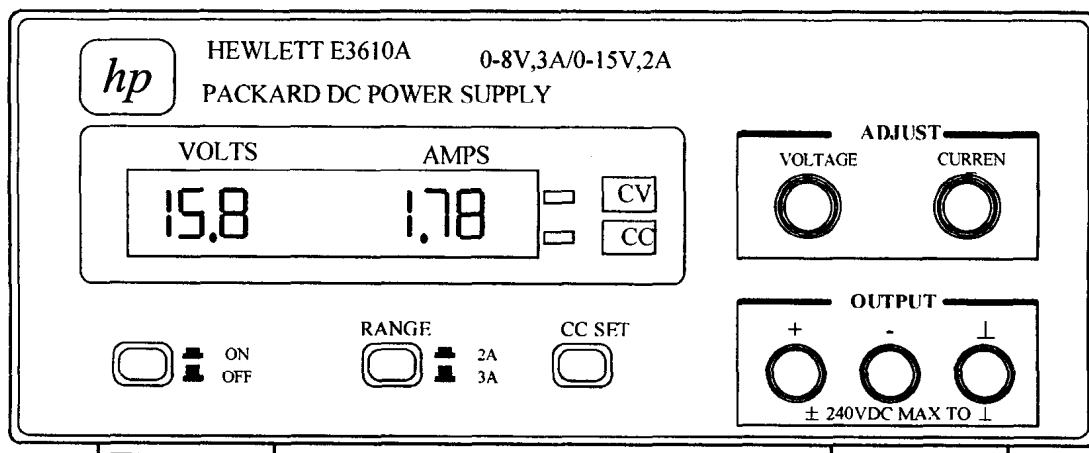


图 2.1.1 HP E3610A 型稳压电源的面板图

#### 2.1.1 固定输出电压工作方式

按 LINE 键到 ON 的位置，在输出端开路的情况下，转动 VOLTAGE 控制旋钮到所需要的输出电压值，CV (固定电压) 的指示灯亮。

再按下 CC SET 键，转动 CURRENT 旋钮，设定电流极限值。如工作中因某种原因达到了极限电流，电流不会再增长，电源会自动转换到固定电流工作方式，并相应降低输出电压保护电源。

#### 2.1.2 固定输出电流工作方式

将 CURRENT 旋钮反时针旋转到底，确定输出电流为 0A 时，打开电源。在输出端开路的情况下，转动 VOLTAGE 旋钮，设定最大的输出电压 (此值由负载大小决定)。如工作中电压值达到设定的极限值，电源自动切换到固定电压工作方式，并相应降低输出电流。

按下 CC SET 键，然后转动 CURRENT 旋钮到所需要的输出电流值。接上负载后，CC 指示灯亮，进入恒流工作状态。

例如，将电源设定到固定输出电流工作方式，输出极限电压为 12V，工作电流  $I=1A$ ，如果负载电阻  $R$  在  $12\Omega$  以下，输出电流恒定在 1A，输出电压  $U=IR$ ；如果负载电阻达到或大于  $12\Omega$ ，输出电压保持 12V 不变，输出电流  $I=12V/R$ 。

## 2.2 HP974A 型数字万用表

该万用表的面板图如图 2.2.1 所示，下面分四个部分分别介绍。

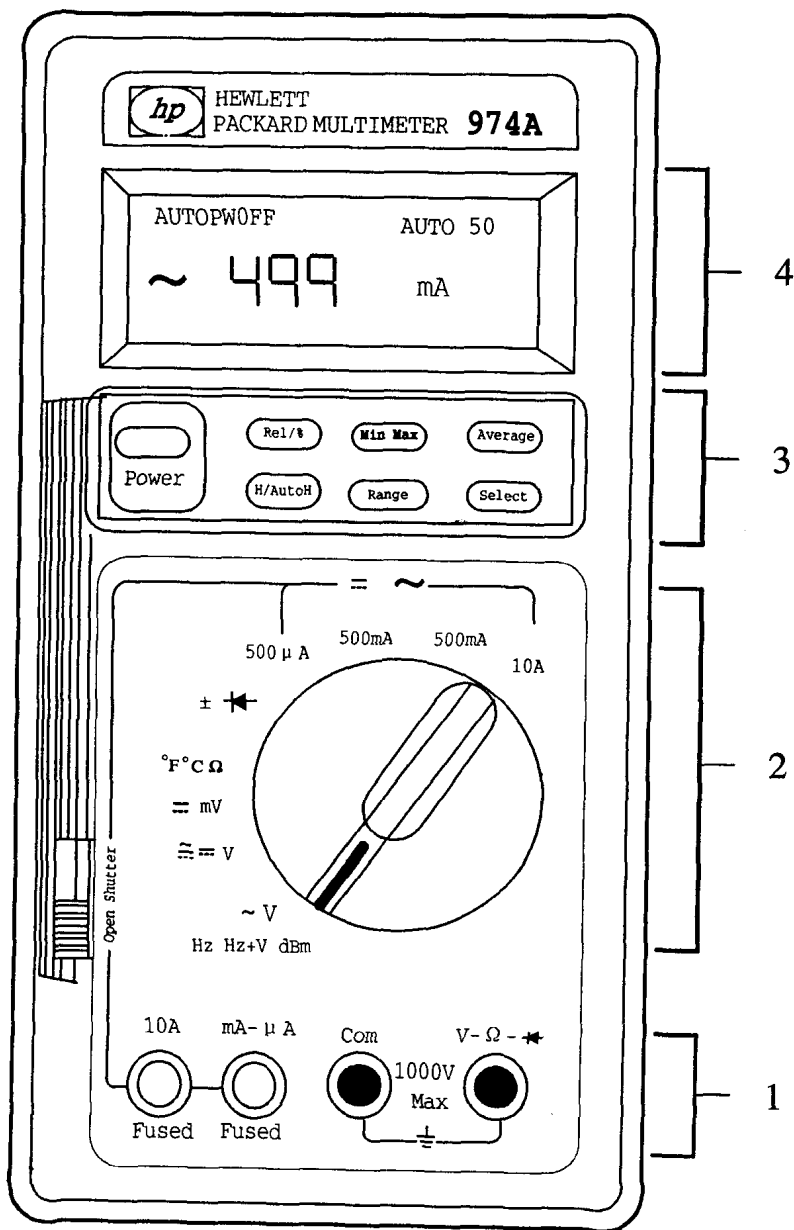


图 2.2.1 HP974A 型数字万用表面板图

### 2.2.1 测试线插孔

此万用表有四个测试线插孔，其中 COM 为黑表笔插孔。在左边有两个测试电流的红表笔插孔，“10A”和“mA— $\mu$ A”分别用来测量大电流（0~10A）和小电流（0~400mA）。最右边的红表笔插孔用来测量电流以外的其他量。

为避免误操作损坏万用表，两个电流测试插孔带有保护盖，只有功能转换开关拨到

电流挡时，方可通过上推左侧边上的开关（Open Shutter）打开保护盖。当保护盖未关闭时，转换开关也无法切换到其他测量功能上去。

### 2.2.2 测量功能切换开关

#### 1. 电流测试功能

电流测试有四个挡位，可以测量相应量程内的交直流电流。

#### 2. 二极管测试功能

此时红表笔输出正极性电压，二极管正接时，显示出导通时的正向管压降，反接时显示高阻状态“OL”。自动二极管测试可交替显示正反向的测量结果。

#### 3. 电阻测量（ $\Omega$ ）

万用表打到此挡位时，默认为自动转换量程。

通断测试（用蜂鸣器标识）：被测电阻小于  $100\Omega$  时，蜂鸣器发声。

温度测量（ $^{\circ}\text{F}/^{\circ}\text{C}$ ）：通过测量特定的热敏电阻值来确定环境温度（因未配传感器无法进行该项测量）。

#### 4. 直流小电压测量（500mV）

测量范围： $10\mu\text{V}\sim 500\text{mV}$ 。

#### 5. 直流电压测量

测量范围： $10\mu\text{V}\sim 1000\text{V}$ 。

#### 6. 交流电压测量（V $\sim$ ）

测量范围： $1\text{mV}\sim 750\text{V}$ 。

频率测量（Hz）：显示被测信号的频率。

频率电压测量：交替显示被测信号的频率与电压。

分贝值（dB）：以分贝值的方式显示被测电压。

### 2.2.3 功能键

#### 1. 电源开关（Power）

按此键打开万用表电源，蜂鸣器响，正常使用。停止使用 30min，蜂鸣器响 30s 后自动断电。

#### 2. 相对值测量（Rel%）

万用表在测量某一物理量时，按一次此键，则当前值被确定为参考量。再进行测量时，表头显示的是当前测量值与参考量之差。再按一次此键，显示出差值对参考量的百分比。再按一次此键取消相对值测量功能。

#### 3. 最小值与最大值测量功能（Min/Max）

按一次键启动该测量功能，并开始计时。显示屏下方出现 MAX MIN AVG 字样，按此键顺序选择要显示的结果，同时在辅助显示位置标明出现该值的时刻。测平均值时则显示出求此平均值的时间区域。按此键 1s 以上取消该功能。

#### 4. 平均值测量（Average）

按此键显示最近八次采样点的平均值，再按一次取消该功能。

#### 5. 保持/自动保持（H/Auto H）

万用表在测试时，按一次此键可使显示屏保持当前测量值不再随被测量的变化而变化。再按一次此键进入自动保持功能，此状态下，当被测物理量稳定后，蜂鸣器发声，

并把该稳定后的数据锁定在显示屏上，这时把表笔从被测电路移开，显示屏上的结果仍保持不变。如在测量过程中，被测量发生了变化，则万用表又会锁定新的稳定值，同时蜂鸣器发声。再按一次键取消该功能。

#### 6. 量程选择键 (Range)

按此键可顺序选择各个量程。

#### 7. 功能选择键 (Select)

对功能选择开关的某一位置按此键，可在该处标明的各个测量功能之间切换。

### 2.2.4 显示屏

显示屏分为主显示和辅助显示，主显示部分用于显示测量结果及单位；辅助显示多用于显示量程（使用某些功能键时用于显示时间）。当屏幕上方出现电池符号时，为电源电压偏低标志，此时应更换万用表电池。

**注意：**此表耗电量较大，不用时请随时关闭电源。

## 2.3 HP33120A 型信号发生器

该信号发生器的面板图如图 2.3.1 所示。

### 2.3.1 电源开关 (Power)

将此键按至“ON”位置，打开信号发生器。此时信号发生器输出一频率为 1kHz、幅值为 100mV 峰峰值的正弦波。

### 2.3.2 波形选择

通过第一排功能键选择所需要的波形，按下相应的功能键，则可输出对应的波形。要输出直流信号，只需按住这些功能键中的任意一个，时间超过 2s 即可。

### 2.3.3 有关参数设定

对于某一波形，需要调整的参数一般为频率、幅度和直流偏移量。我们可以通过按下 Freq、Ampl 和 Offset 三个功能键启动相应的修改模式。如按下 Ampl 键，屏幕显示出当前输出信号的幅度值，在此状态下可进行输出信号幅度的调整。数字输入可通过以下方式之一来完成：显示屏上有一位闪烁的数字，其大小可以通过旋钮或上下方向键改变，闪烁数字的位置可以用左右方向键调整，由其位置不同，可实现粗调和微调。如要修改的数字量大，应将闪动位的数字调至高位，再旋转旋钮，避免浪费时间和仪器磨损；另外还可使用“直接数字输入”方式来输入具有适当单位的数值。

按 Enter Number 键输入一带有符号的数字（使用±键使输入数字在“+”、“-”之间切换），再用上、下、右三个方向键输入单位。注意：如在幅度或直流偏移量修改模式下，选择单位为“mVpp”或“mVrms”，则应先按 Shift 键转换到蓝色字体所标识的功能上，才能正确地输入单位。如输入数字后，不选择单位，直接按 Enter 键，则仅输入数字，不改变单位。如想取消数字输入功能，请按 Shift Cancel 键。

### 2.3.4 输出方式

信号发生器打开时，如未经重新设定，显示屏上显示的信号幅值，是外接 50Ω 额定