

电子测量技术

青少年电子入门快车

卢文科



DIANZI CELIANG JISHU



福建科学技术出版社



● 青少年电子入门快车

电子测量技术

卢文科

福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号

青少年电子入门快车

电子测量技术

卢文科

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州市东水路 76 号)

各地新华书店经销

福建省科发电脑排版服务公司排版

沙县印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 5 印张 2 插页 113 千字

1999 年 9 月第 1 版

1999 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—8 000

ISBN 7-5335-1515-3/TN · 216

定价:8.70 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

青少年電子入門
快車

呂新奎

五九年
首首

国家信息产业部吕新奎副部长题词



编辑的话

近20年来，电子技术得到了飞速的发展，从航天飞机的发射升空、“火星探路者”号的成功登陆，到卫星全球定位系统(GPS)、巨型计算机的研制，从海湾战争、抗震救灾、维和行动，到与我们生活息息相关的大屏幕高清晰度彩色电视机、VCD、DVD视盘机、手提电话……我们无不感受到电子技术的无穷魅力以及对我们的生活产生的巨大影响。同时，电子技术又是那么地“平易近人”。一把烙铁、几个元件、一本书，迷得一代代的青少年“乐不思蜀”……谁能否认当今的电子大师们不正是从这条路上走来的？谁又敢说今天的“小电子迷”不能成为明日的电子大师？即便是平平凡凡，他们也乐此不疲，沉迷于电子世界，增长知识，陶冶情操，服务社会。

“青少年电子入门快车丛书”是一套面向青少年朋友的电子入门读本。丛书将电子学知识分成各个相对独立的专题，分册论述。各个分册大致包括了基本知识、元器件特性、基本电路原理与分析、实用电路制作等内容，并注重反映电子科学发展的最新技术及其应用。丛书力求通俗易懂，同时强调知识性、实用性、系统性，让青少年

朋友们能够在较短时间内掌握电子技术的基本知识及制作技能。

在丛书出版之际，特别要感谢参加本丛书编写的专家们，他们大都来自全国各大院校。在为国家培养高级电子人才之余，他们仍不忘普及科技知识的社会责任，百忙之中，天南海北，共同为本丛书的出版而辛劳。国家信息产业部吕新奎副部长、清华大学的李鹤轩教授、中国电子科技大学的过璧君教授、浙江大学的陈曾济教授、大连海事大学的吕健先生以及福州市少年宫的林正山高级工程师等，也为全书的策划组稿提出了宝贵的建议，福建师范大学的许瑞珍老师为丛书编写了生动有趣的电子知识短文，在此一并致谢。

我们诚恳地希望全国电子行业的专家们能继续关注“青少年电子入门快车丛书”的成长，并希望广大青少年朋友能将学习中遇到的问题及萌发的建议告诉我们，让我们一起为普及电子知识而努力。

前 言

电子测量是指利用电子学手段测量电压、功率、阻抗等物理量。它在电子工业中的地位尤为显著,从元器件的生产、检测,到大型电子设备的组装、调试,我们都能看到电子测量技术的身影。本书以简练、通俗的笔调,循序渐进地论述了电子测量技术的有关知识,希望对青少年电子爱好者学习掌握这门技术有所帮助。

考虑到青少年读者的阅读特点,本书的每一章节首先介绍基础知识(包括元器件的特性);然后介绍怎样用万用表检测元器件及测量电参数;最后介绍一些最常用的测量电路,内容包括测量原理、提高测量精度的措施、电路的调试等。某些测量电路也很适合于青少年朋友自己动手制作实践。

本书中,作者有意识地把万用表的使用与测量电路有机地结合起来,使读者既学会怎样使用万用表,又学会测量电路的设计及调试。在插图方面,大量卡通画被采用,简单明了,形象直观,让读者一目了然。

电子测量技术融知识性与实践性于一体。在学习本

书的过程中，我们希望青少年朋友能够边阅读，边实践，不断地提高知识水平与实践能力。

由于编者水平有限，书中缺点和错误之处在所难免，恳请广大读者予以指正。

编著者

1999年6月于西安

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术/卢文科编著. —福州:福建科学技术出版社,1999.9

(青少年电子入门快车)

ISBN 7-5335-1515-3

I. 电… II. 卢… III. ①电气测量-技术-青少年读物
②复用电压表-使用-青少年读物 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 28536 号

丛书编委:(按姓氏笔划为序)

王乃成(中国人民解放军运输工程学院)

孙漪(西安交通大学)

孙威娜(华中理工大学)

吴淑泉(华南理工大学)

杜效农(天津理工学院)

周亦武(大连海事大学)

林成武(沈阳工业大学)

柯锡明(东南大学)

徐洪水(浙江大学)

徐宝琨(吉林大学)

程卫东(中国科学技术大学)

蔡声镇(福建师范大学)

目 录

第一章 万用表、示波器的结构与原理	(1)
一、指针式万用表的结构及测量原理	(1)
(一) 指针式万用表的结构	(1)
(二) 指针式万用表的基本测量原理	(4)
二、数字式万用表的结构及测量原理	(13)
(一) 数字式万用表的结构	(13)
(二) 数字式万用表的基本测量原理	(15)
三、示波器的结构及工作原理	(21)
(一) 示波器的内部结构及工作原理	(21)
(二) 示波器的面板结构及基本使用方法	(27)
第二章 电阻、电容、电感的测量	(38)
一、电阻的测量	(38)
(一) 基础知识	(38)
(二) 固定电阻器的测量	(39)
(三) 电位器的测量	(41)
(四) 热电阻器的特性及判别	(43)
二、电容的测量	(44)
(一) 基础知识	(44)

(二) 电容器的测量	(45)
三、电感的测量	(49)
(一) 基础知识	(49)
(二) 电感的测量	(50)
第三章 晶体管的测量	(54)
一、万用表检测二极管	(54)
(一) 数字式万用表判断二极管的好坏、极性及材料··	(54)
(二) 指针式万用表判断二极管的好坏、极性及材料··	(55)
(三) 判断稳压二极管的好坏及稳定电压 U_Z 的测量····	(56)
二、万用表检测三极管	(58)
(一) 数字万用表检测三极管	(58)
(二) 指针万用表检测三极管	(64)
(三) 三极管电流放大系数测量电路	(71)
第四章 电压、电流的测量	(74)
一、电压的测量	(74)
(一) 基础知识	(74)
(二) 直流电压的测量	(76)
(三) 交流电压的测量	(83)
二、电流的测量	(86)
(一) 基础知识	(86)
(二) 直流电流的测量	(88)
(三) 交流电流的测量	(101)

第五章 相位、频率、磁场、温度、压力的测量	(110)
.....	(110)
一、相位的测量	(110)
(一) 基础知识.....	(110)
(二) 用示波器测量相位差.....	(111)
(三) 实用的相位测量电路.....	(112)
二、频率的测量	(114)
(一) 基础知识.....	(114)
(二) 用示波器测量频率及周期.....	(117)
(三) 实用的频率测量电路.....	(117)
三、磁场的测量	(122)
(一) 基础知识.....	(122)
(二) 直流磁场测量的实用电路.....	(124)
(三) 交流磁场测量的实用电路.....	(127)
四、温度的测量	(127)
(一) 基础知识.....	(127)
(二) 实用的温度测量电路.....	(129)
五、压力的测量	(134)
(一) 基础知识.....	(134)
(二) 实用的压力测量电路.....	(136)
附录 A 介绍两种常用电路	(139)
附录 B 霍尔元件	(144)

第一章 万用表、示波器的结构与原理

“万用表”是万用电表的简称，也称为“多用表”，是一种多功能、多量程的测量仪表。它可以用来测量电压、电流、电阻的大小和方向，也可以用来测量元器件的好坏、电参数等。由于万用表具有使用方便、体积小、量程广等优点，因而它得以广泛应用。万用表品种和型号很多，但基本上可分为指针式和数字式两种。

示波器在电子测量中也是常用仪器，它可以用来测量电压、频率、相位的大小，也可以用来观察波形的形状、幅值及失真等。

一、指针式万用表的结构及测量原理

(一) 指针式万用表的结构

1. 指针式万用表的外形结构

图 1-1 所示为 MF50 型指针式万用表的表面板图。此表的表面板主要包括刻度盘、机械调零旋钮、转换开关、两表笔输入插孔、欧姆调零旋钮等，各组成部分作用如下：

(1) 刻度盘。它可以显示被测量电流、电压、电阻等电参数的数值。

(2) 机械调零旋钮。测试前，首先把万用表放置在水平位置，观察指针是否在零位（这里指电压、电流刻度的零点），如果不在零位，调节“机械调零旋钮”，使指针回到零位。

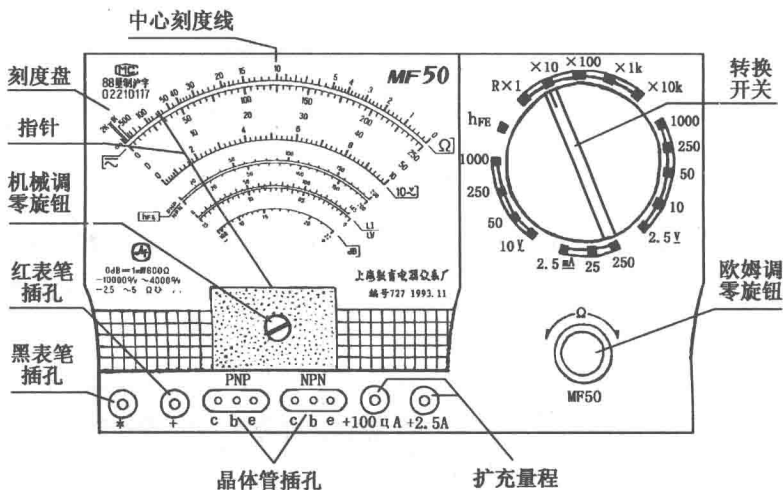


图 1-1 MF50 型指针式万用表的表面板图

(3) 转换开关。它是用来选择测量项目及量程范围的。

(4) 两表笔输入插孔。它分为红表笔插孔（即“+”插孔）和黑表笔插孔（即“-”插孔）。被测信号通过红表笔和黑表笔送入仪表内进行测量。

(5) 欧姆调零旋钮。测量电阻时，先将转换开关打到电阻挡，然后将两表笔短接，调节“欧姆调零旋钮”，使指针指向“0”Ω处。

2. 指针式万用表的基本结构

指针式万用表是由一个 $40 \sim 500 \mu\text{A}$ 的磁电式微安表头和一些电流、电压、电阻等电参数的测量电路组成。选择测量项目和测量范围是通过接通相应的转换开关来完成的，如图 1-2 所示。

磁电式微安表头的基本结构如图 1-3 所示，它主要由两大部分组成，一是固定部分（包括永久磁铁、极靴和圆柱铁心）；二是可动部分（包括线圈、前后两根轴、前后两只弹簧、指针、机械

调零旋钮)。固定部分的作用主要是在气隙中产生均匀磁场,而可动部分的作用主要是使指针偏转的角度与流过线圈的电流成正比。

可转动的线圈是放在磁场中,小电流流过它时会带动指针偏转。流过的电流越大,指针偏转的角度就越大;反之亦然。一般微安表头的线圈是用

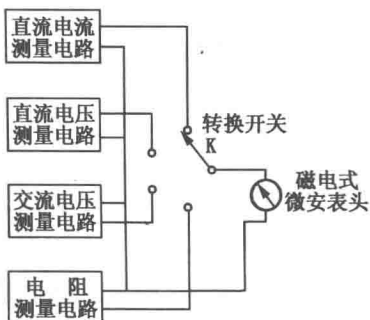


图 1-2 指针式万用表的基本结构

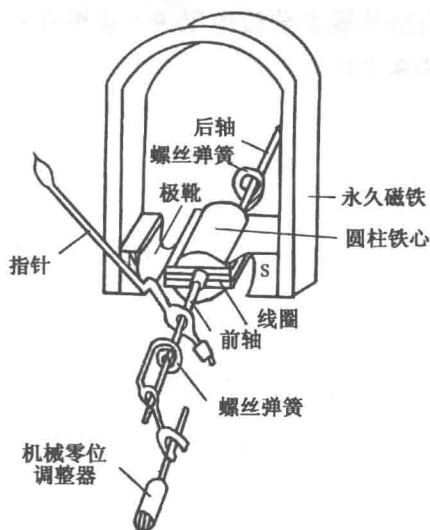


图 1-3 磁电式微安表头的基本结构

直径为 0.05 毫米左右漆包线绕制而成的,所以它只能通过微安级的电流。

表头灵敏度是指指针偏转到满刻度时,流过表头的电流值 I_0 。

(I_0 也称为满度电流)。若 I_0 小, 说明表头只需较小的电流就可使表头指针达到满偏。 I_0 愈小, 表头的灵敏度就愈高, 它就可以用来测量更微小的电流。

(二) 指针式万用表的基本测量原理

这里以 MF30 型万用表为例来说明指针式万用表的基本测量原理, 图 1-4 是 MF30 型万用表的总电路图。

1. 测量直流电流

指针式万用表测量直流电流原理如图 1-5 所示。这里选用的表头满度量程 $I_0=40.6\mu\text{A}$, 内阻 $R_0=3.45\text{k}\Omega$ 。若要测量 500mA 的直流电流, 则必须接上分流电阻 R 。这里选用分流电阻 $R=1.5\Omega$, 那么, 表头上应该串入多大的电阻 R_A ?

我们知道, 当被测电流 $I_x=500\text{mA}$ 时, 为了保证通过表头的电流 $I_0=40.6\mu\text{A}$, 分流电阻 R 上通过的电流 $I=500\text{mA}-40.6\mu\text{A}=499959.4\mu\text{A}$ 。另外, 分流电阻 R 的端电压为:

$$U=IR=499959.4\times 10^{-6}\times 1.5=0.7499391\text{V}$$

从图 1-5 (a) 中还知道:

$$\begin{aligned}R_0+R_A &= \frac{U}{I_0} \\ &= \frac{0.7499391\text{V}}{40.6\times 10^{-6}\text{A}} \\ &= 18471.4\Omega \\ &= 18.4714\text{k}\Omega\end{aligned}$$

所以

$$\begin{aligned}R_A &= 18.4714 - R_0 \\ &= 18.4714 - 3.45 \\ &= 15.0214\text{k}\Omega\end{aligned}$$

同理可计算出万用表测量 50mA 、 5mA 、 0.5mA 时表头所需要串联的电阻 R_A 。

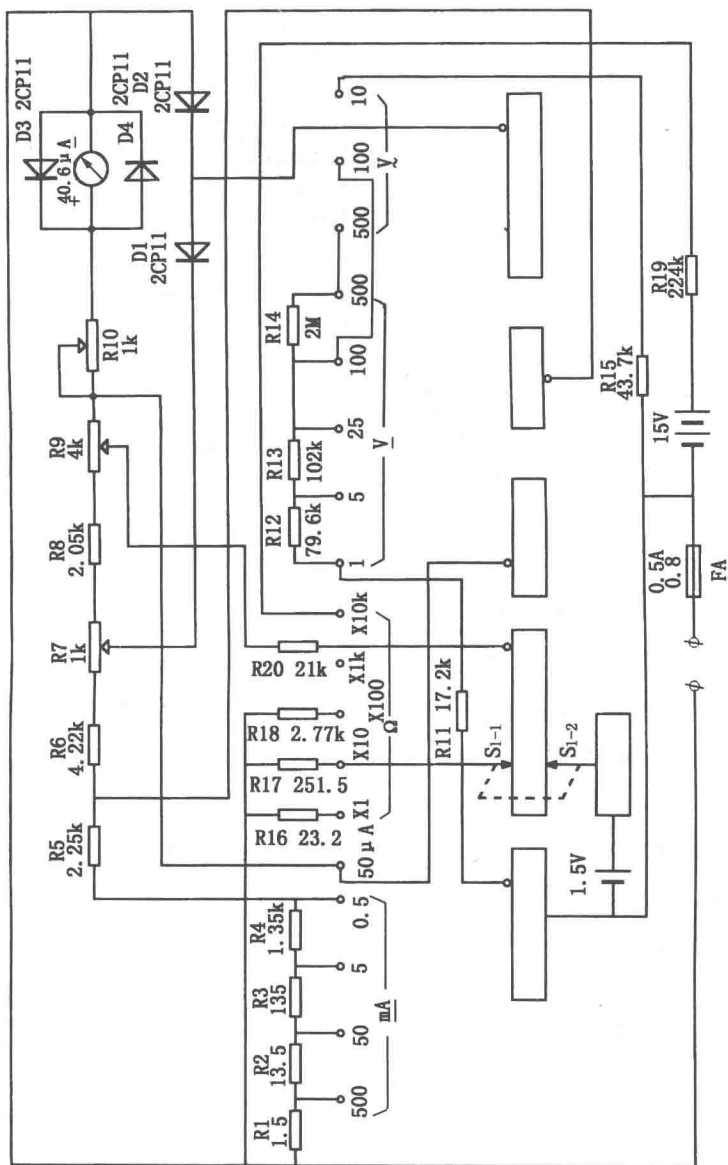


图 1-4 MF30 型万用表的总电路图