

数字万用表 功能扩展与应用

——(世纪新版)——

沙占友 沙江 著



38.1
9-4

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

数字万用表功能扩展与应用

(世纪新版)

沙占友 沙 江 著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字万用表功能扩展与应用: 世纪新版 / 沙占友, 沙江著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.3
ISBN 7-115-13015-9

I. 数... II. ①沙... ②沙... III. 数字式测量仪器—复用电表—基本知识 IV. TM938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009941 号

内 容 提 要

本书从实用角度出发, 全面系统深入地介绍了新型数字万用表的测量技术及扩展应用。全书共 5 章: 第 1 章介绍 6 种数字万用表、数字电感电容表的工作原理; 第 2 章介绍数字万用表测量技术与应用; 第 3 章阐述数字万用表功能扩展与应用; 第 4 章介绍利用数字万用表检测电源的应用技巧; 第 5 章专门介绍数字万用表的检修与调试方法。本书所介绍的应用技术和扩展方法均经过作者的实践验证, 可满足广大电子爱好者的需要。本书为《数字万用表检测方法与应用》的续篇。

本书题材新颖, 内容丰富, 深入浅出, 具有科学性、先进性和很高的实用价值, 可供有关电子工程技术人员、家电维修人员及电子爱好者阅读。

数字万用表功能扩展与应用 (世纪新版)

- ◆ 著 沙占友 沙江
- 责任编辑 赵桂珍
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线: 010-67129264
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.5 插页: 2
字数: 326 千字 2005 年 3 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13015-9/TN · 2411

定价: 21.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

近年来,随着大规模集成电路的发展,由单片 A/D 转换器构成的数字万用表获得了迅速普及和广泛应用。数字万用表具有很高的性能价格比,其主要优点是准确度高、分辨力强、测试功能完善、测量速率快、显示直观、过载能力强、耗电省及便于携带。目前,数字万用表已成为现代电子测量及维修工作中最常用的一种数字仪表,正在逐步取代传统的模拟式(即指针式)万用表。

为了推广数字万用表的应用技术,作者曾撰写了国内第一部介绍数字万用表的专著——《数字万用表的原理、使用与维修》,该书于 1988 年出版后受到了广大读者欢迎,历经 6 次印刷,总发行量达 8 万册。1996 年作者又编著《电子工程手册 B15 分卷·新型数字万用表实用大全》(该套丛书被列为国家“八五”期间十大出版工程),也受到了国内专家和读者的好评。

数字万用表检测及应用技术是电子测量的基础,也是电子工作者需要掌握的基本技能。目前,有关数字万用表原理、维修及调试方法的书籍较多,专门介绍数字万用表应用的书却很少,而这也是广大读者所迫切需要的。大量实践证明,数字万用表除用于常规测量之外,还可以进一步扩展其测量功能,实现一块仪表多种用途,在一定程度上代替许多专用电子测量仪器完成检测任务。为适应现代电子技术的发展,满足各类电子技术人员和业余爱好者的需要,现以原书部分内容为素材,大量补充了我们近年来在科研和教学工作中积累的新经验和部分科研成果,撰成此书,以飨广大读者。本书为《数字万用表检测方法与应用》的续篇。

本书融科学性、先进性、实用性于一体,主要有以下特点:

第一,选题新颖,内容丰富,深入浅出,通俗易懂,能满足不同读者的需要。

第二,本书首先介绍数字万用表整机电路的工作原理,然后介绍数字万用表的测量技术及功能扩展,再阐述利用数字万用表检测电源设备的方法,最后介绍数字万用表的维修与调试,内容由浅入深,系统性强。

第三,本书所介绍的扩展方法和应用技术均经过作者的实践验证,可满足业余和专业电子工作者的急需,帮助读者解决在生产、科研开发中遇到的一些检测课题。读者还可举一反三,灵活运用。

参加本书撰写工作的还有沙莎、韩振廷、魏跃平、李学芝、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、林志强、刘庆华等同志。

由于作者水平有限,书中难免存在疏漏之处,欢迎广大读者指正。

作 者

目 录

第1章 数字万用表整机电路工作原理	1
1.1 DT890D 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表的工作原理	1
1.1.1 DT890D 型数字万用表的性能特点	1
1.1.2 DT890D 型数字万用表的整机电路原理	1
1.2 DT930F+ 型 $4\frac{1}{2}$ 位数字万用表的工作原理	6
1.2.1 DT930F+ 型数字万用表的性能特点	6
1.2.2 DT1930F+ 型数字万用表整机电路的工作原理	8
1.3 DT830A 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表的特点及总电路	16
1.3.1 DT830A 型数字万用表的性能特点	16
1.3.2 DT830A 型数字万用表的总电路	16
1.4 DT890C+ 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表的特点及总电路	18
1.4.1 DT890C+ 型数字万用表的性能特点	18
1.4.2 DT890C+ 型数字万用表的总电路	18
1.5 DT9802 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字万用表的特点及总电路	18
1.5.1 DT9802 型数字万用表的性能特点	18
1.5.2 DT9802 型数字万用表的总电路	19
1.6 LC6243 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字电感电容表的特点及总电路	19
1.6.1 LC6243 型数字电感电容表的性能特点	19
1.6.2 LC6243 数字电感电容表的总电路	19
第2章 数字万用表测量技术与应用	21
2.1 测量在线直流电流的方法	21
2.1.1 在线测量直流电流的原理	21
2.1.2 在线电流测量仪的电路设计	22
2.1.3 在线电流测量仪的应用实例	23
2.2 测量交、直流大电流的方法	23
2.2.1 交流电流的检测方法	24
2.2.2 配集成电流传感器测量交流大电流的方法	24
2.2.3 配集成电流传感器测量直流大电流的方法	25
2.3 精密电流/电压转换器	27
2.3.1 RCV420 的工作原理	28
2.3.2 RCV420 的典型应用	28
2.4 精密电压/电流转换器	29
2.4.1 AD693 的工作原理	29
2.4.2 AD693 的典型应用	30

2.5 交流/直流测量功能自动转换电路	30
2.6 测量逻辑电平的方法	31
2.7 测量在线电阻的方法	33
2.7.1 测量原理	33
2.7.2 在线电阻测量仪的电路设计	33
2.7.3 在线电阻测量仪的应用实例	34
2.8 测量低阻的方法	34
2.9 测量电阻比值的方法	36
2.9.1 测量电阻比	36
2.9.2 测量相对误差	36
2.10 数字式多用电阻测量仪	37
2.10.1 性能特点	37
2.10.2 数字式多用电阻测量仪的整机电路原理	38
2.11 用脉宽调制法测量电容	40
2.11.1 脉宽调制法测量电容的原理	40
2.11.2 校准电路及调零电路	42
2.11.3 使用注意事项	43
2.12 巧用电容挡测量电感的方法	43
2.12.1 测量纯电感的原理	43
2.12.2 测量非纯电感	44
2.13 准确测量占空比的简便方法	44
2.14 测量在线晶体管的方法	46
2.15 测量频率及转速的方法	47
2.15.1 LM2907/2917 型转速/电压转换器的工作原理	47
2.15.2 测量频率及转速的方法	49
2.16 测量角速度的方法	51
2.16.1 ENC-03J 型角速度传感器的工作原理	51
2.16.2 测量角速度的方法	51
2.17 测量偏航角速度的方法	52
2.17.1 ADXRS300 型偏航角速度传感器的工作原理	52
2.17.2 测量偏航角速度的方法	55
2.18 测量加速度的方法	57
2.18.1 ADXL05 型单片加速度传感器的工作原理	57
2.18.2 测量加速度的方法	59
2.19 测量相位差的方法	60
2.20 测量真有效值射频功率的方法	63
2.20.1 AD8362 型单片宽频带相位差测量系统的工作原理	63
2.20.2 AD8362 型单片宽频带相位差测量系统的工作原理	64
2.20.3 测量真有效值射频功率的方法	66
2.21 测量液位的方法	67

2.21.1 LM1042 型集成液位传感器的工作原理	68
2.21.2 测量液位的方法	71
2.22 测量磁场的方法	72
2.22.1 AD22151 型单片集成磁场传感器的工作原理	72
2.22.2 测量磁场的方法	75
2.23 检测烟雾的方法	76
2.23.1 MC145010 型烟雾检测报警集成电路的工作原理	76
2.23.2 检测烟雾的方法	78
2.24 测量环境亮度的方法	80
2.24.1 LX1970 型可见光亮度传感器的工作原理	80
2.24.2 测量环境亮度的方法	82
2.25 高档智能数字万用表的散热保护装置	85
2.25.1 智能温度传感器与 CPU 的安装方法	85
2.25.2 MAX6511 系列远程温度控制器的工作原理	86
2.25.3 散热保护电路的设计	87
2.26 隔离式热电偶冷端温度补偿器	87
2.26.1 热电偶的测温原理	88
2.26.2 隔离式热电偶冷端温度补偿及信号调理器	88
2.27 提高铂热电阻测温精度的方法	91
2.27.1 ADT70 型铂热电阻信号调理器的工作原理	91
2.27.2 ADT70 型铂热电阻信号调理器的特殊应用	93
2.28 测量相对湿度的方法	94
2.28.1 湿度传感器的性能特点及产品分类	94
2.28.2 基于湿敏电容的相对湿度测量仪	95
2.29 测量压力的方法	98
2.29.1 集成硅压力传感器的性能特点	98
2.29.2 MPX4100A 系列集成硅压力传感器的工作原理	99
2.29.3 集成硅压力传感器的应用电路	100
2.30 测量应变的方法	101
2.30.1 电阻应变片的性能特点及产品分类	101
2.30.2 电阻应变片的工作原理	101
2.30.3 由应变信号调理器构成的数字式应变仪	102
第 3 章 数字万用表功能扩展与应用	105
3.1 2½位数字式 pH 计	105
3.1.1 TSC806/807 型单片 2½位 A/D 转换器	105
3.1.2 2½位数字 pH 计的电路设计	105
3.2 3½位数字照度计	106
3.2.1 性能特点及测量工作环境时的照度标准	106
3.2.2 3½位数字照度计的整机电路原理	108

3.3	3½位数字显示报警仪	109
3.3.1	数字显示报警仪的性能特点	109
3.3.2	数字显示报警仪的电路工作原理	109
3.4	数字显示定时控制器	112
3.4.1	数字显示定时控制器的性能特点	112
3.4.2	数字显示定时控制器的电路工作原理	112
3.5	微型 4 位可预置定时器	115
3.5.1	4 位可预置定时器的电路原理	115
3.5.2	使用注意事项	117
3.6	微型 6 位通用累加计数器	117
3.6.1	6 位通用累加计数器的电路原理	117
3.6.2	使用注意事项	119
3.7	3¾位 LED/LCD 显示数字电压表	119
3.7.1	TC831 的性能特点	119
3.7.2	TC831 的工作原理	120
3.7.3	由 TC831 构成的 3¾位 LED/LCD 显示数字电压表	121
3.8	带串行接口的 4½位 LCD 显示数字电压表	124
3.8.1	MAX1494 的性能特点	124
3.8.2	MAX1494 的工作原理	124
3.8.3	MAX1494 的典型应用	127
3.9	5½位智能数字电压表	127
3.9.1	HI7159A 的性能特点	128
3.9.2	HI7159A 的工作原理	128
3.9.3	由 HI7159A 构成的 5½位智能数字电压表	130
3.10	4¾位智能数字万用表	132
3.10.1	MAX134 数字多用表芯片的性能特点	132
3.10.2	MAX134 数字多用表芯片的工作原理	132
3.10.3	4¾位智能数字多用表的电路设计	135
3.11	4 位 5×7 LED 点阵驱动器	136
3.11.1	MAX6952 型点阵驱动器的性能特点	137
3.11.2	MAX6952 型点阵驱动器的工作原理	137
3.11.3	MAX6952 型点阵驱动器的典型应用	141
3.12	液晶显示器标志符的驱动电路	143
3.12.1	3½位 LCD 标志符驱动电路	144
3.12.2	特殊标志符的驱动电路	144
3.12.3	4½位 LCD 标志符的驱动电路	145
3.13	数字/液晶条图双显示数字万用表	146
3.13.1	NJU9210 单片 CMOS 大规模集成电路的性能特点	146
3.13.2	NJU9210 单片 CMOS 大规模集成电路的工作原理	147
3.13.3	单片双显示数字万用表电路	151

3.14 给 ICL7149 增加 AC/DC 转换器的方法	151
3.14.1 外接平均值 AC/DC 转换器	152
3.14.2 外接真有效值 AC/DC 转换器	152
3.15 宽频带不失真阻容分压器的设计	153
3.15.1 阻容分压器的设计原理	153
3.15.2 确定 C_1 、 C_2 电容量的方法	155
3.16 利用 h_{FE} 插口作直流毫伏信号发生器	156
3.16.1 电路原理	156
3.16.2 实验数据及注意事项	157
3.17 精密 U_{If} 、 f_{IU} 转换器	158
3.17.1 AD650 型转换器的性能特点	158
3.17.2 U_{If} 转换器的原理与应用	158
3.17.3 f_{IU} 转换器的原理与应用	161
3.18 给数字万用表配高精度微型化数字体温计	162
3.18.1 HT7500 型医用数字体温计集成电路的性能特点	162
3.18.2 HT7500 型医用数字体温计集成电路的工作原理	162
3.18.3 数字体温计的电路设计	164
3.19 基于湿敏电阻的相对湿度测量仪	165
3.19.1 电路设计特点	166
3.19.2 相对湿度测量仪的工作原理	166
3.19.3 相对湿度测量仪的调试及校准方法	169
第 4 章 利用数字万用表检测电源的应用技巧	171
4.1 用数字万用表检测电网电压波动对电子仪器的影响	171
4.1.1 检测 FDZ-1 型直流电压放大器	171
4.1.2 检测 FDH-2 型电荷放大器	172
4.2 用数字万用表判定交流电源的火线	172
4.2.1 判定交流电源的火线	173
4.2.2 确定电线断芯的位置	173
4.3 用数字万用表检测自恢复保险丝	173
4.3.1 自恢复保险丝的工作原理及典型应用	174
4.3.2 检测方法	177
4.4 用数字万用表检修微型计算机的开关电源	177
4.4.1 微型计算机开关电源的电路原理	178
4.4.2 微型计算机开关电源的检修方法	180
4.5 用数字万用表检修笔记本电脑的开关电源	181
4.5.1 笔记本电脑开关电源的电路原理	181
4.5.2 笔记本电脑开关电源的检修方法	182
4.6 用数字万用表检修机顶盒开关电源	183
4.6.1 机顶盒的开关电源电路原理	184

4.6.2 机顶盒的开关电源的检修方法	185
4.7 用数字万用表检修手机电池充电器	187
4.7.1 手机电池的性能特点	187
4.7.2 手机电池恒压/恒流充电器	187
4.7.3 手机电池充电器的性能测试	188
第 5 章 数字万用表的检修与调试方法	191
5.1 检修数字万用表的 12 种方法	191
5.1.1 检修数字万用表的步骤	191
5.1.2 修理资料的积累	192
5.1.3 检修数字万用表的 12 种方法	192
5.2 数字万用表的故障分析	195
5.3 数字万用表的调试方法	197
5.3.1 调试程序	197
5.3.2 数字万用表的调试方法	197
参考文献	203

第 1 章 数字万用表整机电路工作原理

本章重点阐述 3½位、4½位数字万用表典型产品的整机电路工作原理，最后还介绍目前国内流行的 4 种数字万用表、数字电感电容表的性能特点及整机电路原理图。

1.1 DT890D 型 3½位数字万用表的工作原理

DT890D 属于高可靠性、多功能型手持式 3½位数字万用表。下面介绍其性能特点及整机电路的工作原理。

1.1.1 DT890D 型数字万用表的性能特点

(1) 采用字高为 18mm (约 2/3 英寸) 的液晶显示器，读数清晰。能显示各种标志符 (含单位符号)。

(2) 共设置 30 个量程，能够测量 DCV、ACV、DCA、ACA、 Ω 、二极管正向压降 U_F ，晶体管 h_{FE} ，可检查线路通断 (蜂鸣器挡)，还可测量电容和 20~200M Ω 以下的高阻。

(3) 测量 DCV、ACV、DCA、ACA、 Ω 、C 的最高准确度依次为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.8\%$ 、 $\pm 0.8\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 0.8\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 。仪表测量速率约为 3 次/秒。

(4) 对全部量程实现了过载保护，仪表还具有防跌落功能，可靠性高。

(5) 采用 9V 叠层电池供电，典型功耗约为 40mW。工作温度范围是 0~+40℃，但仅在 (23±5)℃ (相对湿度 RH<75%) 的范围内保证准确度指标。仪表外形尺寸为 172mm×88mm×36mm，质量约为 340g (含电池)。

有关 DT890D 型数字万用表的技术指标参见《数字万用表检测方法与应用》一书第 1.4 节。

1.1.2 DT890D 型数字万用表的整机电路原理

DT890D 型 3½位数字万用表的总电路如图 1.1.1 所示。图中， S_1 是电源开关， S_2 ($S_{2a} \sim S_{2g}$) 为量程开关。电路中共使用 5 片集成电路：3½位 A/D 转换器 IC_1 (TSC7106)；低失调 JFET 输入双运放 IC_2 、 IC_3 (两片 TL062)；低功耗通用双运放 IC_4 (LM358)；CMOS 四与非门 IC_5 (CD4011)。整机电路包括 11 部分：①A/D 转换电路；②小数点及标志符驱动电路；③直流电压测量电路；④交流电压测量电路；⑤直流电流测量电路；⑥交流电流测量电路；⑦200 $\Omega \sim 20M\Omega$ 电阻挡测量电路；⑧200M Ω 高阻挡测量电路；⑨电容测量电路；⑩晶体管 h_{FE} 测量电路；⑪二极管及蜂鸣器电路。

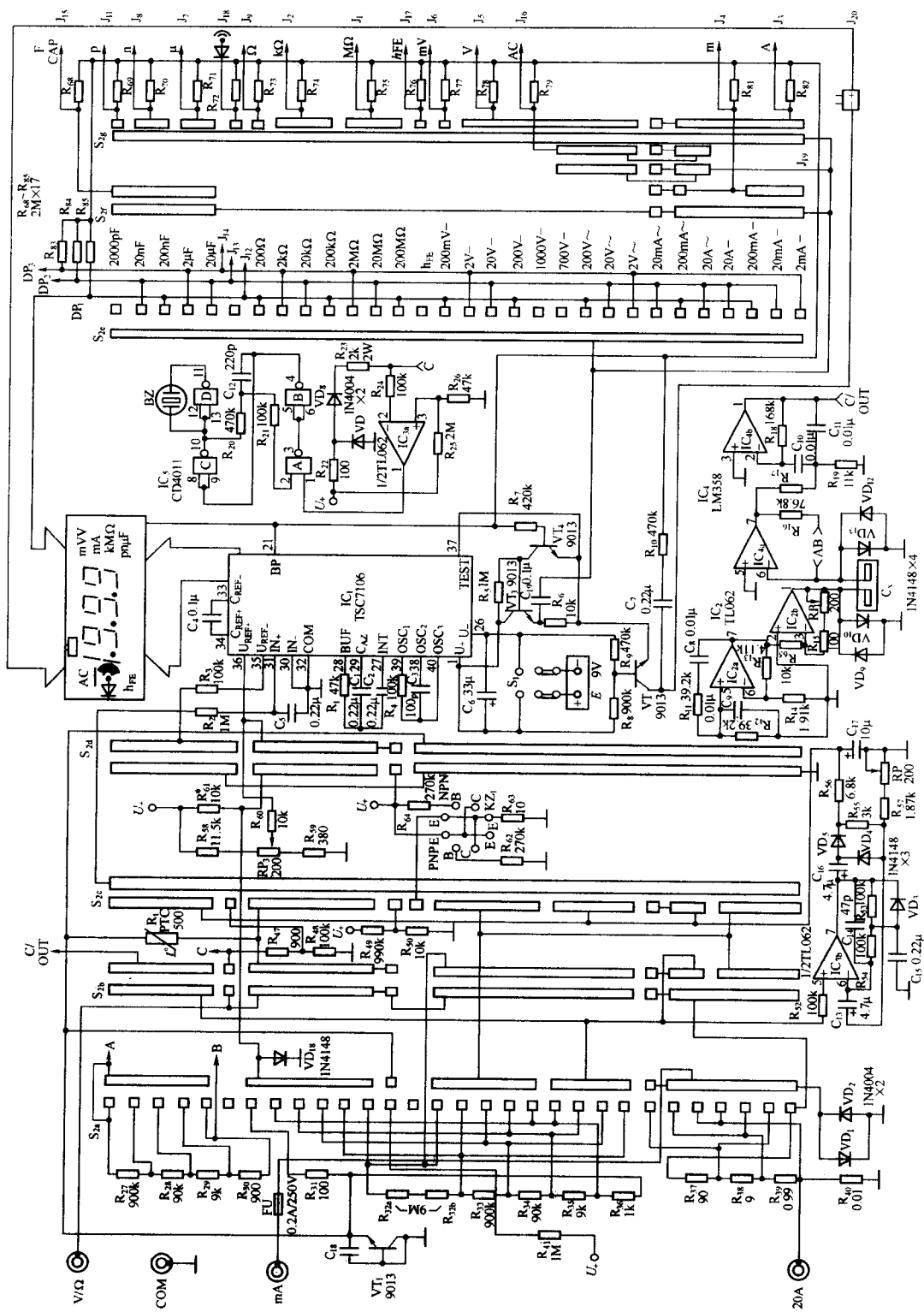


图 1.1.1 VC 890D 型 3 1/2 位数字万用表的总电路

下面介绍主要单元电路的工作原理。

1. A/D 转换电路

A/D 转换电路如图 1.1.2 所示。现采用 TSC7106 型 3½ 位 A/D 转换器驱动液晶显示器。

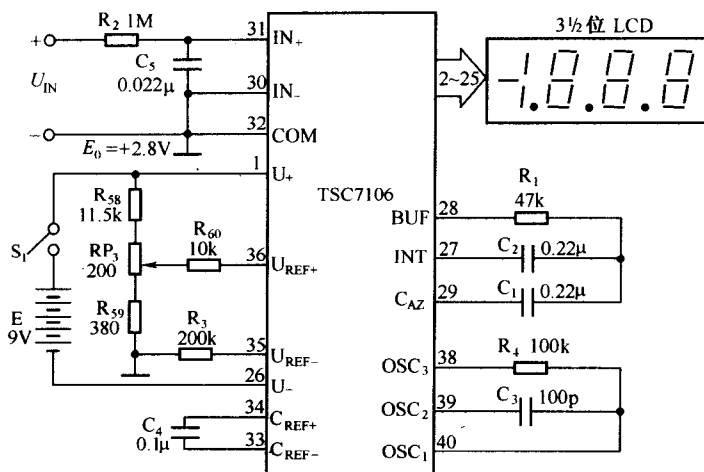


图 1.1.2 A/D 转换电路

R_1 、 C_2 分别为积分电阻与积分电容。 C_1 和 C_4 依次为自动调零电容、基准电容。为提高仪表抗干扰能力，在模拟输入端接入高频滤波器 R_2 、 C_5 。基准电压分压器由 R_{58} 、 RP_3 、 R_{59} 组成。设 $E_0 = +2.8V$ ， RP_3 的电阻值为 R_{RP3} ，当 RP_3 旋到最下端时

$$U_1 = \frac{R_{59}}{R_{58} + R_{RP3} + R_{59}} \cdot E_0 = \frac{380}{11500 + 200 + 380} \times 2.8V = 88.1mV$$

若将 RP_3 旋至最上端，则

$$U_2 = \frac{R_{RP3} + R_{59}}{R_{58} + R_{RP3} + R_{59}} \cdot E_0 = \frac{200 + 380}{11500 + 200 + 380} \times 2.8V = 134.4mV$$

因此， RP_3 的电压调整范围是 88.1~134.4mV，从中可获得基准电压 $U_{REF} = 100.0mV$ ，这时基本量程就定为 200mV。 R_{60} 、 R_3 分别为 U_{REF+} 、 U_{REF-} 端的限流电阻。时钟振荡器由 R_4 、 C_3 和 TSC7106 内部两级反相器构成。时钟频率由下式确定：

$$f_0 \approx \frac{0.455}{R_4 C_3} = \frac{0.455}{100k\Omega \times 100pF} = 45.5kHz$$

可近似取 $f_0 \approx 48kHz$ ，仪表测量速率 $MR = 48000/16000 \approx 3$ 次/秒。背电极方波频率 $f_{BP} = 48000/800 \approx 60$ (Hz)。

2. 小数点及标志符驱动电路

电路如图 1.1.3 所示。LCD 上除数字和小数点 ($DP_1 \sim DP_3$) 之外，还有下列标志符：AC、二极管及蜂鸣器符号、低电压指示符、 h_{FE} 、mV、V、mA、A、 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 、pF、nF、 μF 。从 BP 端输出的背电极方波电压 U_{BP} ，依次经过 R_7 、 VT_4 、 VT_3 、隔直电容 C_{19} ，得到驱动电压 U'_{BP} 。其相位与 U_{BP} 相反，可作为小数点驱动信号。例如当量程开关选 DP_2 时，就驱动百位上的小数点 DP_2 显示，依次类推。 U'_{BP} 还经过 S_{2g} 使相应的标志符显示出来，由于 S_{2e} 和 S_{2g}

与量程转换是同步的, 因此可保证测量数值、小数点、单位符号的同步显示。 $R_{68} \sim R_{82}$ 为标志符驱动端的偏置电阻, $R_{83} \sim R_{85}$ 是小数点驱动端的偏置电阻, 能使不需要显示的标志符或小数点可靠地消隐。

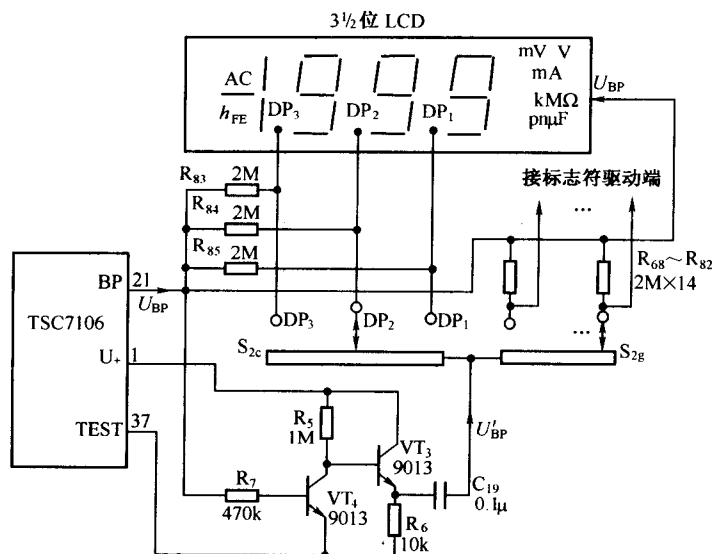


图 1.1.3 小数点及标志符驱动电路

低电压指示符的驱动电路由晶体管 VT_2 、电阻 $R_8 \sim R_{10}$ 、隔直电容 C_7 组成(参见图 1.1.1)。 VT_2 的发射极接 TEST, 即 TSC7106 的数字地, 集电极经过 C_7 、 R_{10} , 接 60Hz 的背电极方波信号 U_{BP} 。基极电位不仅取决于固定偏置电阻 R_8 、 R_9 , 还与电池电压 E 有关, 当 E 改变时 U_B 随之改变。该电路有两种功能: ①作为电压比较器将 U_B 与 U_{TEST} 进行比较, 以确定 VT_2 的导通或截止, 比较器的阈值电压约为 7V; ②代替异或门电路。当 $E < 7V$ 时, 集电极输出信号 U_C 恰与 U_{BP} 反相, 可驱动低电压指示符显示出电池图形。以此表明电池电量已不足, 应及时更换新电池, 否则会影响测量准确度。

3. 直流电压测量电路

直流电压共设 5 挡: 200mV、2V、20V、200V 和 1000V, 基本量程设计为 200mV。电路如图 1.1.4 所示。 $R_{32} \sim R_{36}$ 为分压电阻, 均采用误差为 $\pm 0.5\%$ 的精密金属膜电阻, 总阻值为 10M Ω 。

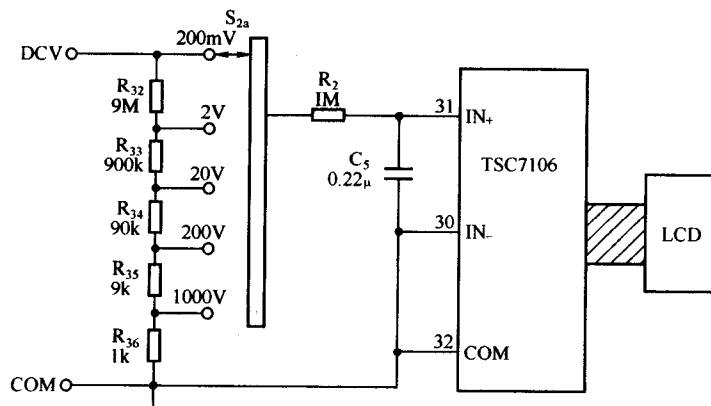


图 1.1.4 直流电压测量电路

R_{32} 实由两只 $4.5M\Omega$ 的配对电阻 R_{32a} 、 R_{32b} 串联而成。该分压器可将 $0\sim1000V$ 被测直流电压一律衰减到 $200mV$ 以下,再送至 $200mV$ 基本表进行测量。

4. 交流电压测量电路

交流电压仅设置 4 挡: $2V$ 、 $20V$ 、 $200V$ 和 $700V$ (RMS), 电路如图 1.1.5 所示。AC/DC 转换器由同相放大器 IC_{3b} ($1/2TL062$)、整流管 VD_4 和 VD_5 、隔直电容 C_{13} 和 C_{16} 、平滑滤波器 R_{56} 、 C_{17} 等组成, 与 DCV 挡公用一套分压器。RP₂ 为 ACV 挡校准电位器。可使仪表显示值等于被测交流正弦电压的有效值。 VD_3 用于减小非线性失真。

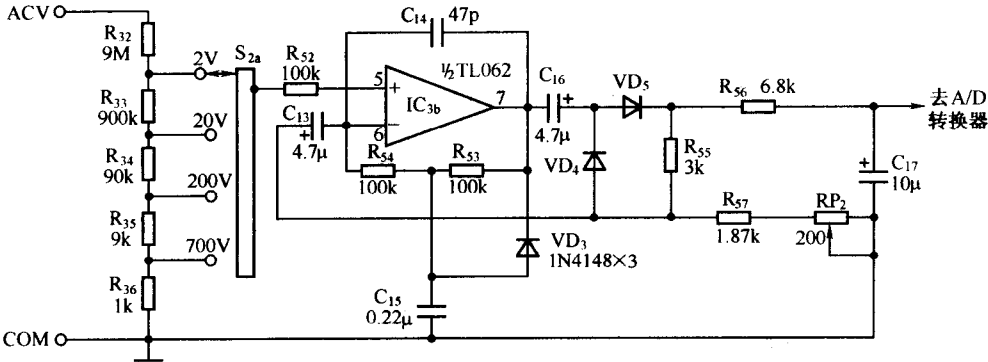


图 1.1.5 交流电压测量电路

5. 直流电流测量电路

直流电流设置 4 挡: $2mA$ 、 $20mA$ 、 $200mA$ 和 $20A$, 电路如图 1.1.6 所示。其中 $20A$ 挡专用一个输入插孔。 VD_1 和 VD_2 为双向限幅过电压保护二极管, 保险管 FU 为过电流保护元件。分流器由 $R_{37}\sim R_{40}$ 组成, 总阻值为 100Ω 。其中, R_{37} 和 R_{38} 采用精密金属膜电阻, R_{39} 为线绕电阻。为承受 $20A$ 大电流, R_{40} 必须选用电阻温度系数极低的锰铜丝制成, 其 $\alpha_1<40\times10^{-6}/^{\circ}C$ 。各电流挡的满度压降均为 $200mV$ 。可直接配 $200mV$ 基本表。

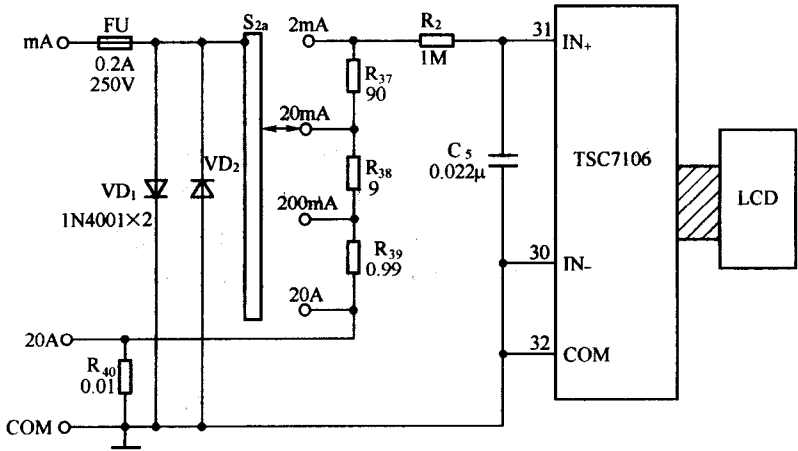


图 1.1.6 直流电流测量电路

6. 其他测量电路

若把图 1.1.5 中的分压器换成图 1.1.6 所示的分流器, 则构成交流电流测量电路。电阻挡、200M Ω 高阻挡、电容挡、蜂鸣器挡的工作原理, 参见《数字万用表检测方法与应用》一书第 2 章的有关内容。

1.2 DT930F+型 4½位数字万用表的工作原理

DT930F+型 4½位数字万用表属于高准确度、多功能型仪表, 适合实验室及科研单位使用。其同类产品还有 DT930F、DT930G 及 DT930FG 等型号, 其中以 DT930F+的准确度为最高。下面介绍 DT930F+型数字万用表的性能特点及整机电路工作原理。

1.2.1 DT930F+型数字万用表的性能特点

1. 主要特点

DT930F+具有以下特点:

(1) 高准确度。仪表采用 4½位多重积分式 A/D 转换器, 在分压器电路中采用了精密网络电阻 (俗称排阻), 使其准确度和稳定性大为提高。以直流电压挡为例, 其基本准确度高达 $\pm 0.05\%$, 可作为 0.1 级标准数字电压表使用。DT930F+是实验室、工厂、科研单位和大专院校较理想的高档工具表。

(2) 高分辨力。仪表最大显示值为 ± 19999 , 最高电压分辨力达 $10\mu\text{V}$, 比 3½位 DMM 提高了一个数量级。

(3) 多功能。该仪表不仅能测量 DCV、ACV、DCA、ACA、 Ω , 还能测量电导 ($0.1\sim 100\text{nS}$, 所对应的电阻范围是 $10000\sim 10\text{M}\Omega$)、电容 ($0.1\text{pF}\sim 20\mu\text{F}$)、频率 ($10\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$)、晶体管 h_{FE} ($0\sim 1000$) 及二极管正向压降 U_{F} 。利用电导挡可以准确测量高阻及超高阻。DT930F+未设置蜂鸣器挡。

(4) 具有数据保持 (DATA HOLD) 功能, LCD 能显示低电压指示符, 超量程时千位显示 “1”。

(5) 共设置 32 个量程, 其中二极管挡与 $2\text{k}\Omega$ 电阻挡合用一档。

(6) 工作可靠, 稳定性好。直流电压挡的温度系数低至 $60\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

DT930F+型数字万用表使用一节 6F22 或 NEDA1604 型 9V 叠层电池, 典型功耗约 40mW 。仪表测量速率约为 2 次/秒。标准工作环境为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $\text{RH}<75\%$ 。使用条件为 $0\sim 40^{\circ}\text{C}$, $\text{RH}<85\%$ 。外形尺寸为 $172\text{mm}\times 88\text{mm}\times 36\text{mm}$, 质量约 340g (含 9V 电池)。

2. 主要技术指标

DT930F+型数字万用表的主要技术指标见表 1.2.1, 附加量程的技术指标见表 1.2.2。需要说明几点: ①ACV 挡的频率范围如下: 2V 挡和 20V 挡均为 $40\sim 400\text{Hz}$, 200V 挡和 700V 挡为 $40\sim 100\text{Hz}$; ②10A 挡在最大输入电流为 10A 时, 持续时间不得超过 15s; ③DCA、ACA

各挡的满度输入压降均为 200mV；④频率挡的电压灵敏度为 50mV，输入信号的电压有效值范围是 50mV~10V；⑤测量电容时采用仪表内部的 400Hz 正弦波信号源；⑥测量电导时，“fV/Ω”插孔为正端，“A”插孔为负端；⑦仪表可承受的最大共模电压为 500V（DC 或 AC 有效值）。

表 1.2.1 DT930F+型数字万用表的技术指标

测量项目	量程	分辨率	准确度 (23±5)℃	输入电阻或开路电压	过载保护
DCV	200mV	10μV	± (0.05%RDG ^① +3 字)	10MΩ	250V (DC 或 AC 峰值)
	2V	100μV			
	20V	1mV			
	200V	10mV			
	1000V	100mV	± (0.1%RDG+5 字)		1000V (DC 或 AC 峰值)
ACV	2V	100μV	± (0.8%RDG+10 字)	10MΩ	750V 有效值 (或 1000VDC)
	20V	1mV			
	200V	10mV			
	700V	100mV	± (1.0%RDG+15 字)		
DCA	200μA	0.01μA	± (0.5%RDG+2 字)		0.2A/250V 保险管
	2mA	0.1μA			
	20mA	1μA			
	200mA	10μA	± (0.75%RDG+5 字)		未加保护
	10A	1mA	± (2.0%RDG+10 字)		
ACA	2mA	0.1μA	± (0.8%RDG+10 字)		0.2A/250V 保险管
	20mA	1μA			
	200mA	10μA			
	10A	1mA	± (2.0%RDG+10 字)		未加保护
Ω	200Ω	0.01Ω	± (0.2%RDG+5 字)	3.2V	250V (DC 或 AC 有效值)
	2kΩ	0.1Ω	± (0.2%RDG+1 字)		
	20kΩ	1Ω			
	200kΩ	10Ω			
	2MΩ	100Ω			
	20MΩ	1kΩ	± (0.5%RDG+5 字)		
G	0.1 nS~100nS	0.1nS	± (1.0%RDG+2 字)	3.2V	
C	2000pF	0.1pF	± (2.5%RDG+10 字)	测试信号频率为 400Hz 正弦波	100V (DC 或 AC 有效值)
	20nF	1pF			
	200nF	10pF			
	2μF	0.1nF			
	20μF	1nF			
f	10Hz~20kHz	1Hz	± (1.0%RDG+5 字)	灵敏度为 50mV	250V (有效值)

① RDG 代表读数。