

最新万用表妙用 100例

● 沙占友 李学芝 著

最新出版



電子工業出版社

·X1938 11
215-4

374321

最新万用表妙用100例

沙占友 李学芝 著



电子工业出版社

(京)新登字 055 号

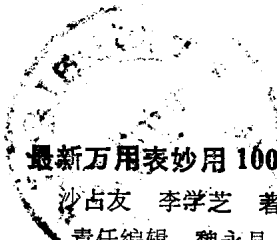
DV09/24

内 容 简 介

本书是《万用表妙用 100 例》一书的续篇,专门介绍万用表的最新应用技术。

全书共分三章。第一章概述新型万用表的发展趋向、测试功能及使用要点。第二章重点介绍万用表测试功能的扩展方法。第三章详细阐述万用表检测各种新型电子元件、模块和特种集成电路的原理、方法及注意事项。

本书题材新颖、内容丰富、深入浅出,具有很高的实用价值,可供广大电子技术人员和电子爱好者阅读。



最新万用表妙用 100 例

沙占友 李学芝 著

责任编辑 魏永昌

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张: 8.625 插页: 1 字数: 216 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数: 00001—30100 册 定价: 6.00 元

ISBN7-5053-2099-8/TN·627

前 言

指针式万用电表简称万用表，亦称模拟式万用表。它是目前国内最普及、最常用的电测仪表。万用表具有用途广泛、操作简单、便于携带、价格低廉等优点，早已成为电子、电工测量及维修工作的必备仪表。

大量实践证明，万用表除完成常规测量外，还能检查各种电子元器件的好坏，估测许多电参数，某些情况下甚至可代替专用测试仪器，获得比较准确的测量结果。因此，推广万用表的应用技术具有重要的现实意义，也有助于电子技术的普及与提高。

作者曾撰写《万用表妙用 100 例》一书，此书于 1984 年 1 月出版以来，深受广大读者的欢迎。经过 10 次印刷，总发行量达 40 万册。该书被电子工业出版社评为优秀畅销书，并被选送参加在香港举办的“中国书展”。进入 90 年代以来，电子技术不断进步，电子新产品迅速普及，对万用表检测技术也提出了更高的要求。广大读者迫切希望了解万用表功能扩展的新方法，掌握检测各种新型电子元器件、模块和特种集成电路的新技术。鉴于原著成书较早，已不能反映该领域的最新发展，电子工业出版社于 1992 年出版了作者的新著《万用表测量技巧》一书。为满足不同层次读者的需要，应电子工业出版社的约请，作者又在上述两本书的基础上进行补充、修改，撰成此书，作为《万用表妙用 100 例》的续篇，献给广大读者。

本书保留了《万用表妙用 100 例》的写作风格。但在内容上除精选原书个别实例外，绝大部分是新近写的，这也是我们近年来积累的新经验及部分科研成果的总结。本书旨在推广万用表检测及新型电子元器件应用的新技术。希望读者在阅读此书时能举一反三，灵活运用。

沙江、邱凯、邱捷、杨华、张文清、王晋元、林延琪同志也参加了本书部分撰写工作。

由于作者水平有限,书中缺点和不妥之处在所难免,殷切期望广大读者指正。

作 者

目 录

第一章 万用表概述	1
§ 1.1 新型万用表的发展趋向.....	1
§ 1.2 新型万用表测试功能综述.....	10
§ 1.3 新型万用表典型产品的技术指标.....	16
§ 1.4 万用表的使用要点.....	17
第二章 万用表功能扩展	34
§ 2.1 利用电阻档读取负载电流、负载电压、负载功率的方法.....	34
§ 2.2 给万用表增加 LI、LV 刻度线的方法.....	46
§ 2.3 利用万用表和兆欧表测量元器件击穿电压的方法.....	48
§ 2.4 提高直流电压档灵敏度的方法.....	53
§ 2.5 提高直流电压档输入阻抗的方法.....	54
§ 2.6 展宽直流电压表刻度的方法.....	56
§ 2.7 测量非正弦电压的平均值 V_{AVG} 、有效值 V_{RMS} 、峰值 V_P 、 峰-峰值 V_{P-P}	58
§ 2.8 测量真有效值电压 V_{TRMS} 的方法.....	62
§ 2.9 自制线性交流电压表.....	69
§ 2.10 自制电池负载电压测试档.....	71
§ 2.11 增设倒欧姆档测量低电阻.....	72
§ 2.12 自制电子蜂鸣器档.....	74
§ 2.13 利用差值法应急测量电阻.....	76
§ 2.14 扩展高阻测量范围的方法.....	77
§ 2.15 自制线性欧姆表.....	80
§ 2.16 分贝读数快速修正法.....	83
§ 2.17 自制极性转换装置的方法.....	84
§ 2.18 测量频率、转速的方法.....	85
§ 2.19 附加占空比可调的矩形波发生器.....	90
§ 2.20 附加精密函数波形发生器.....	91

第三章 万用表检测技巧	97
§ 3.1 检测密封(玻封)硅二极管的方法.....	97
§ 3.2 测绘二极管伏安特性的简便方法.....	101
§ 3.3 检测快恢复二极管、肖特基二极管的方法.....	102
§ 3.4 准确判定晶体管 C、E 电极的方法.....	109
§ 3.5 准确测量晶体管 h_{FE} 的简便方法.....	110
§ 3.6 检测功率开关管的方法.....	114
§ 3.7 检测达林顿管的方法.....	116
§ 3.8 检测巨型晶体管的方法.....	120
§ 3.9 检测差分对管的方法.....	123
§ 3.10 检测互补对管的方法.....	125
§ 3.11 检测片状二极管与片状晶体管的方法.....	126
§ 3.12 检测恒流二极管的方法.....	129
§ 3.13 准确测量单结晶体管分压比的简便方法.....	131
§ 3.14 测量程控单结晶体管的方法.....	133
§ 3.15 判定结型场效应管电极的方法.....	135
§ 3.16 检测 VMOS 功率场效应管的方法.....	137
§ 3.17 判定普通晶闸管和快速晶闸管的电极.....	140
§ 3.18 判定双向晶闸管电极的方法.....	141
§ 3.19 检查双向晶闸管触发能力的方法.....	144
§ 3.20 检测双向触发二极管的方法.....	146
§ 3.21 检测可关断晶闸管的方法.....	148
§ 3.22 检测硅控制开关的方法.....	151
§ 3.23 检测单色发光二极管的方法.....	155
§ 3.24 检测变色发光二极管的方法.....	155
§ 3.25 区分高亮度、低亮度发光二极管的方法.....	157
§ 3.26 测绘变色发光二极管的伏安特性.....	158
§ 3.27 检测电压控制型发光二极管的方法.....	159
§ 3.28 检测闪烁发光二极管的方法.....	161
§ 3.29 检测光电开关的方法.....	163
§ 3.30 检测光电耦合器的方法.....	165
§ 3.31 测量光电耦合器电流传输比的方法.....	163
§ 3.32 检测光敏电阻的方法.....	170

§ 3.33	检测 LED 数码管的方法	171
§ 3.34	检测 LED 电平显示器的方法	173
§ 3.35	检测多位 LED 扫描显示器的方法	174
§ 3.36	检测单色 LED 点阵显示器的方法	176
§ 3.37	检测彩色 LED 点阵显示器的方法	179
§ 3.38	检测微型多位 LED 点阵显示器	181
§ 3.39	检查数字仪器仪表专用液晶显示器	183
§ 3.40	检查动态驱动式液晶显示器	185
§ 3.41	检查液晶点阵显示器	187
§ 3.42	检查彩色显像管的阴极发射能力	189
§ 3.43	判定组合式电解电容器的极性	189
§ 3.44	快速检查电解电容器漏电阻的方法	190
§ 3.45	测量微型记忆电容器的容量	191
§ 3.46	三量程线性电容表	192
§ 3.47	检查薄膜开关的方法	194
§ 3.48	检查固态继电器的方法	196
§ 3.49	检查固态继电器组件的方法	199
§ 3.50	检查干式舌簧管的方法	201
§ 3.51	检查压电陶瓷蜂鸣片的方法	203
§ 3.52	检查驻极体话筒的方法	204
§ 3.53	检查电子蜂鸣器的方法	205
§ 3.54	检查石英晶体的方法	206
§ 3.55	判定表头好坏的简便方法	209
§ 3.56	干电池负载电压测试法	209
§ 3.57	镍镉蓄电池的充电测试法	210
§ 3.58	检查硅光电池的方法	213
§ 3.59	检测软磁铁氧体磁芯的方法	216
§ 3.60	检查霍尔元件的方法	217
§ 3.61	检查集成霍尔开关的方法	220
§ 3.62	检查 NTC 热敏电阻器的方法	222
§ 3.63	检查 PTC 热敏电阻器的方法	224
§ 3.64	检测压敏电阻器的方法	227
§ 3.65	检测火花放电器的方法	229

§ 3.66	检测瞬态电压抑制器的方法	230
§ 3.67	利用 AD590 型集成温度传感器测量温度	232
§ 3.68	利用 HTS1 型集成温度传感器测量温度	235
§ 3.69	测量温差的方法	236
§ 3.70	测量平均温度的方法	237
§ 3.71	检测 LM324 系列低功耗四运放	238
§ 3.72	检测 7800 系列三端正压集成稳压器	240
§ 3.73	检测 7900 系列三端负压集成稳压器	242
§ 3.74	检测低压差三端集成稳压器	243
§ 3.75	检测三端可调式集成稳压器	245
§ 3.76	检测稳压电源模块	248
§ 3.77	检测单片开关式集成稳压器	251
§ 3.78	检测 DC-DC 电源变换器	254
§ 3.79	检测 AC-DC 电源变换器	256
§ 3.80	检测电源噪声滤波器	258
附录一	新型电子元器件符号对照	261
附录二	五种新型万用表的电路图	264
参考文献		286

第一章 万用表概述

进入 90 年代以来,指针式万用表 VOM^① (以下简称万用表)的发展方兴未艾,仅国产万用表的型号就达 200 余种,它们的电路设计、测试功能、外观及操作方法也不尽相同。本章首先介绍万用表的发展趋向,然后对新型万用表的测试功能和技术指标作一综述,最后深入阐述使用各种万用表的注意事项。

§ 1.1 新型万用表的发展趋向

当代电子技术的发展,也为传统的万用表带来新的活力。目前,万用表正朝着集成化、小型化、多功能、高可靠性的方向发展,在电路设计、元器件选择、工艺水平和性能指标上都有新的突破。下面从八个方面介绍其发展趋向。

1. 表头制造工艺的改进

表头是万用表的核心部件。表头的主要技术指标有准确度、灵敏度、线性度、内阻等。其性能的优劣,直接关系到仪表的基本误差。传统的万用表采用外磁式动圈结构的表头,靠宝石轴承支撑动圈,因此体积较大,抗震性也差,并且由于轴尖存在着摩擦力,还限制了准确度和灵敏度的进一步提高。

新型万用表(例如 MF114ATB 型)的表头已改成内磁式张丝结构。内磁式的显著优点是磁场集中,磁能利用率高,能减小表头的体积;而用张丝^②代替轴尖和游丝,还可以消除摩擦误差,提高抗冲击、抗震动性,使表头的使用寿命超过 100 万次。表 1.1 列出

① VOM 是英文 Volt-Ohmmeter (伏欧表,即指针式万用表)的缩写。

② 张丝就是悬挂在动圈上面和下面的两根绷紧的金属丝,通常用铍青铜、铂镍合金等材料制成。

轴承轴尖支承与张丝支撑的特点比较。表头中的张丝除产生反作用力矩之外,还兼起导电作用。电流从上端张丝流入动圈,再由下端张丝流出,参见图 1.1.1。

与此同时,高灵敏表头的问世,也为提高万用表的灵敏度创造了条件。例如,国产 MF104 型万用表选用 $9.2\mu\text{A}$ 的高灵敏度表头。该表在 100V 以下各档的电压灵敏度达 $100\text{k}\Omega/\text{V}$,比普通万用表提高一个数量级。

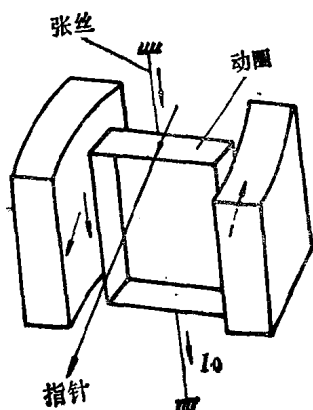


图 1.1.1 张丝结构动圈式仪表的示意图

2. 向集成化方向发展

目前,集成电路愈来愈多的应用于万用表电路中,大大提高了仪表的性能价格比。例如,国产 MF101 型万用表的表头灵敏度仅 $100\mu\text{A}$,若按传统设计方法,电压灵敏度最高只能达到 $1/100\mu\text{A} = 10\text{k}\Omega/\text{V}$ 。现由 F012 型集成运算放

表 1.1 两种支承方式的比较

	轴承轴尖支撑	张丝支撑
1	轴承轴尖有摩擦,起始灵敏度差,变差较大,磨损后由摩擦造成的误差更大	无摩擦,起始灵敏度和变差可做得很小
2	寿命较短	寿命较长
3	灵敏度较低	灵敏度较高
4	可动部分重量较大	可动部分重量较轻
5	抗震性差	抗震性好
6	测量电流允许较大	测量电流不能太大

大器构成电路,使直流和交流电压灵敏度高达 $200\text{k}\Omega/\text{V}$,提高 20 倍!这相当于选用 $5\mu\text{A}$ 的高灵敏度表头。该表在测交流电压

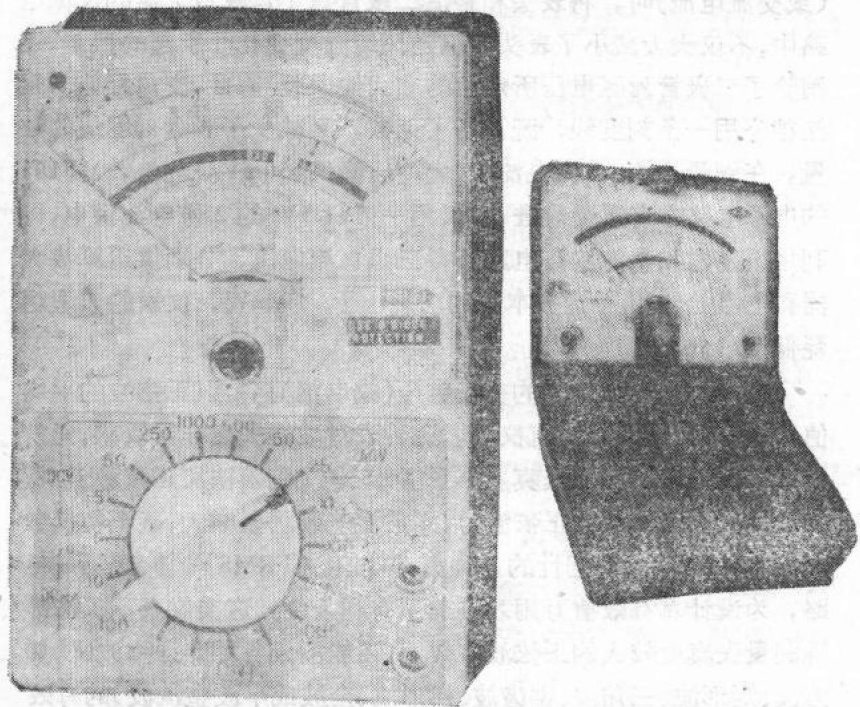
(或交流电流)时,将表头和整流二极管置于运算放大器的反馈电路中,不仅大大减小了表头内阻随环境温度变化而引起的误差,还消除了二极管死区电压所产生的非线性误差。因此,交流档能与直流档公用一条刻度线,既方便了读数,又减少了表盘刻度线的数量。在测量直流、交流电流时,满度压降仅 50mV。此外, MF101 的电源电路亦有重要改进,它仅用一节 1.5V 的 2 号电池供电,再利用振荡器和整流滤波电路获得三组直流电压,分别供运算放大器和电阻档使用。运放本身的功耗小于 10 mW,仪表的典型功耗低于 15mW。

众所周知,万用表的交流电压(或电流)档是以正弦波的平均值为响应的,属于平均值仪表。这种表对波形失真非常敏感,通常要求被测交流电压的失真度小于 2~5%。倘若被测正弦波电压失真度较大或者测非正弦波时,测量误差就明显增大,甚至使读数失去意义。近年来问世的各种真有效值 (TRMS) 转换集成电路,为设计真有效值万用表创造了有利条件。这类仪表不仅能准确测量失真度较大的正弦波有效值,还能测量各种非正弦波(例如方波、矩形波、三角波、锯齿波、梯形波、全波或半波整流波)的有效值,详见本书 § 2.8。

3. 改进工艺和外观设计

传统的万用表仅有便携式、袖珍式两种。近年来,薄型、折叠式、卡装式已成为国际上流行的款式。例如国产 W003、MF99、MF99-1、MF129、MF133 型均实现了薄型化。其中, W003 的外形尺寸为 90 × 60 × 30 (mm); MF99-1 为 117 × 77 × 28 (mm),重 140g; MF133 为 10 × 6.4 × 35 (mm),重 100g,都称得上是“掌中之物”,可装入上衣袋内,携带极为方便。图 1.1.2 (a) 示出温州仪表厂最新研制的 99-1 型(出口型号为 Si228) 的外形照片。日本最近还推出一种能测量温度的薄型万用表。这类表选用内磁式张丝结构的表头和小型化元器件。

哈尔滨精艺仪表厂最新研制的 MF140 型折叠式万用表,外形如图 1.1.2(b) 所示。德国 BBC 公司生产的 MA3E 型,也属



(a) 99-1 型(薄型) (b) MF140 型(折叠式)

图 1.1.2 薄型、折叠式万用表的外形

于折叠式万用表，其外形象一个可以开启的香烟盒。卡装式结构也是国际流行款式，其特点是整个产品不需要用螺钉固定，装配方便，密封性好。贵阳永跃仪表厂利用引进技术开发的 MF105 系列万用表，就采用卡装式结构，产品质量符合国际标准。南京电表厂研制的 MF79 型万用表，也采用国际电工委员会制定的 IEC-51 国际标准。

MF64 型万用表设有正、负极性转换开关，测量负电压时可省却掉换表笔的麻烦。目前国外还生产一种带极性转换探头 (PRP) 的万用表。

4. 增加测试功能

近年来问世的万用表增加了许多测试功能，主要有电容量、电

感量的测试,晶体管参数 (h_{FE} 、 I_{CEO} 、 I_{CBO} 等) 测试, 负载电流及负载电压的测试 (LI、LV), 小阻值电阻的测试 ($D\Omega$), 电子蜂鸣器档 (BUZZ 或 BZ), 电池负载电压的测试 (BATT CHECK), 直流高压的测试, LED 发光二极管的测试, 弱信号电压的测试, 信号发生器。详见 §1.2。

5. 模拟/数字混合式万用表

这是国外近年来生产的一类特殊仪表。其结构特点是在指针式万用表的基础上, 又增加了 $3\frac{1}{2}$ 位数显装置。典型产品有日本三和电气计器公司研制的 DA250 型万用表, 其外形如图 1.1.3 所示。英国约翰·弗卢克公司最近推出的 20 系列袖珍式万用表, 也是将指针式仪表与 $3\frac{1}{2}$ 位数字仪表组合成一体。

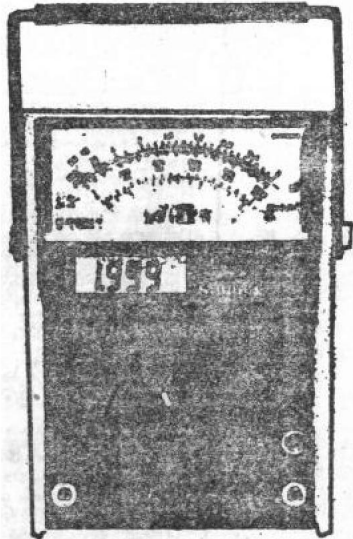


图 1.1.3 DA250 型模拟/数字混合式万用表的外形

三和电气计器公司还生产一种带液晶 (LCD) 刻度的指针式万用表, 典型产品为 LCD-900 型, 其外形如图 1.1.4 所示。该表利用液晶制成刻度线, 并且仅显示所选档位的刻度线, 可避免读错刻度线, 缩短测量时间。图

1.1.4 中是将量程选择开关拨至 $100k\Omega$ 档, 此时在表盘上方显示出欧姆刻度线, 下面则出现电阻单位符号 “ $k\Omega$ ”, 该档的欧姆中心值 (即综合内阻) 为 $100k\Omega$ 。

6. 保护电路更加完善

新型万用表普遍采用双重保护措施, 一方面利用两只硅二极管构成表头的过压保护电路, 另一方面用熔丝管作输入级过流保护装置。

为确保使用人员的安全, 新型万用表 (如 MF104 型) 的表笔

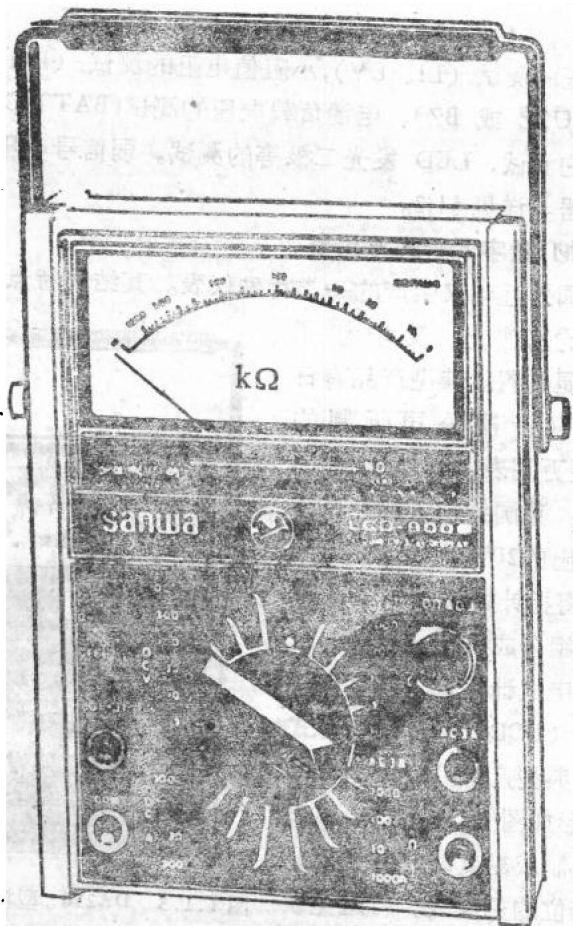


图 1.1.4 LCD-900 型带液晶刻度的指针式万用表

和插口增加了防触电保护措施。改成隐埋式插口，表面无金属裸露部分。500HA 型万用表的测试棒中还装有熔丝管，更换方便，并能接测试探针。

近年来问世的各种新型、快速保护器件，例如快速熔丝管 (Fast FUSE)、熔断电阻器、压敏电阻器 (VSR)、瞬态电压抑制器 (TVS)、正温度系数热敏电阻器 (PTC)，也将逐步用于万用表电路中，使其保护电路更加完善。

7. 液晶条图显示仪表

液晶条图显示仪表是目前国际上流行的新产品，它能够取代传统的指针式仪表，用来测量电压、电流、电阻，还可以检测温度、压力、液位、流速、位移等模拟量，具有广阔的应用前景。这种仪表的主要特点如下：

(1) 采用 32 段、41 段或 101 段液晶条图显示器，代替指针与表盘。其中，以 101 段液晶条图的分辨率最高，从 0 段到 100 段共分成 100 小格，分辨率达 1%。而指针式表头刻度盘的分度格数一般为 50 格，相当于 51 段(含零刻度线)，分辨率只有 2%。

图 1.1.5 是美国 Hamlin 公司生产的 1.3×4.5 (英寸) 101 段高分辨率液晶条图显示器的接线图。图中， $BP_1 \sim BP_{13}$ 是 LCD 的背电极， $SEG_0 \sim SEG_7$ 是段驱动端。它除显示条图之外，还可显示多种标志符。由“ $A^\circ E$ ”中可获取 V、A、 $^\circ C$ 、 $^\circ F$ (华氏温标) 4 种标志符。

标志符 V 的结构比较特殊，它是由字母 A 和 E 相邻的两个斜线段组合而成的。此外，还有超量程符号“ \blacktriangle ”、极性符号“+”等。

(2) 测量准确度高。满量程时的非线性误差及调零误差小于 $\pm 0.5\%$ 。若按绝对误差计算，则非线性误差和重复性误差分别为 ± 0.2 段、 ± 0.1 段。

(3) 测量速率快，可达几十次/秒，不存在指针式仪表的阻尼现象，能观察被测量的快速变化过程及变化趋势。

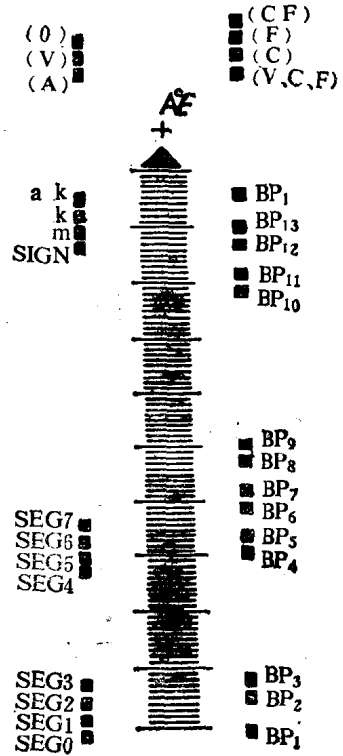


图 1.1.5 101 段液晶条图显示器的接线图

(4) 由专用 A/D 转换集成电路驱动。这类芯片的典型产品有美国泰利达 (Teledyne) 公司生产的 TSC818D, 可驱动 41 段 LCD 条图显示器。该公司产品 TSC827 以及英特西尔 (Intersil) 公司生产的 ICL7182, 均可驱动 101 段 LCD 条图显示器。它们的测量原理基本相同, 首先将被测模拟量转换成数字量, 然后驱动 LCD 条图, 条图的显示段数 (n) 与被测电压 (V_{IN}) 严格成正比。

(4) 低功耗。以 ICL7182 为例, 其电源电压 $V_{CC} = 5V$, 典型功耗仅 $1.8mW$ 。LCD 条图显示器的功耗只有几至几十微瓦。

(5) 具有超量程显示、极性显示、标志符显示等多种功能。

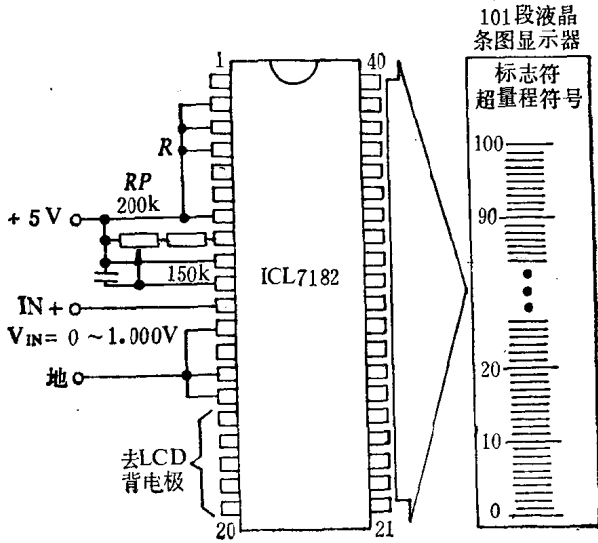


图 1.1.6 液晶条图显示电压表的电路

(6) 电路简单。只需配上专用芯片和少量外围阻容元件, 即可构成一个完整的测量及显示系统。

图 1.1.6 是由 ICL7182 构成的液晶条图显示电压表的电路。其满量程为 $1.000V$, 每段对应于 $0.01V$ 。外围电路只有 3 个元件: RP 、 R 、 C 。 RP 为精密多圈电位器, 它与 R 组成分压器。仔