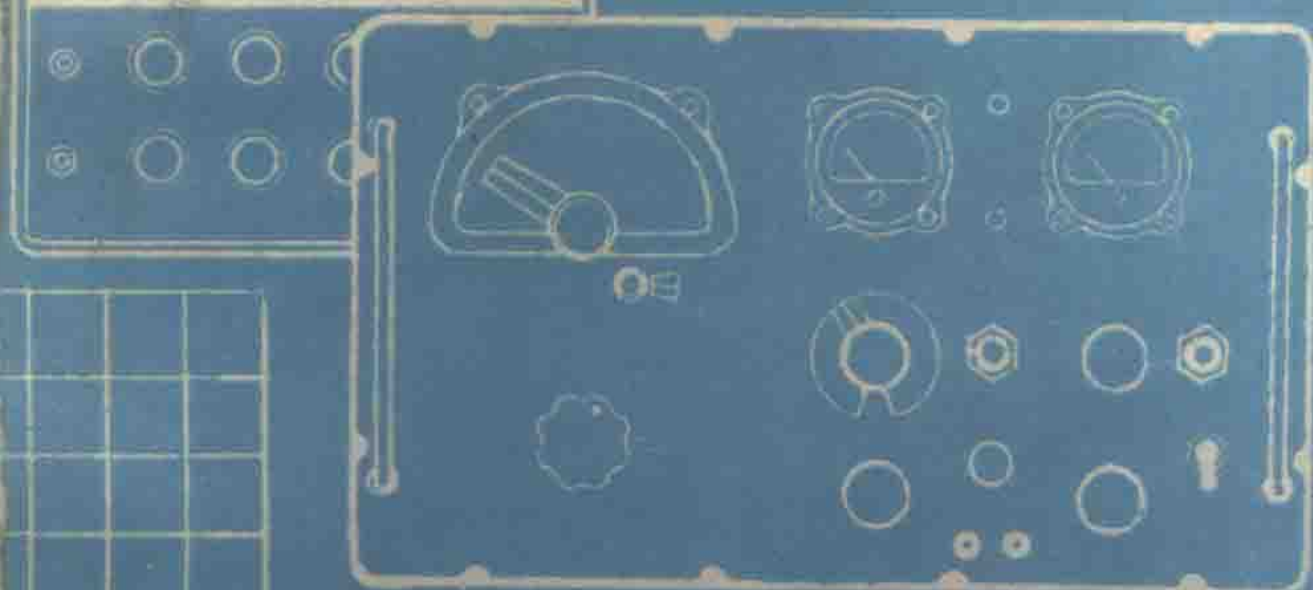
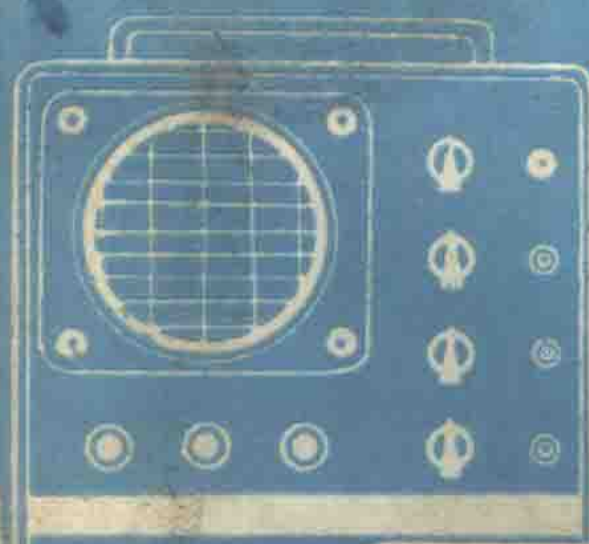
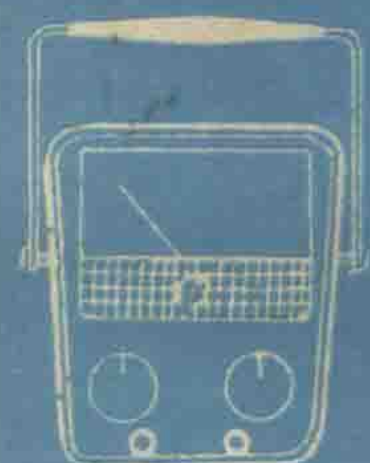


电子测量仪器

工业迅速发展,

第一册



中国科学技术大学

編 者 的 話

在毛主席无产階級革命路綫指引下，我国电子工业迅速发展，生产、科研、教学中使用的电子仪器日益增多。我們从事教学和實驗室工作的同志深深感到：为了使用和維修这些仪器，需要有一本关于常用电子測量仪器原理及各种技术資料的书籍。因此，在校領導的大力支持下，我們根据教育革命的需要，从教学和實驗室建設的角度，搜集了部分电子測量方面的資料，汇编成冊。

在編写过程中，为了避免繁琐重复，我們將同一类仪器选有代表性的一种較詳細地介紹，而对同类其他型号只介紹其特殊与改进部分。并搜集了部分維修經驗及資料。为了減少篇幅和检修方便，我們把元件数值都标在綫路图上。因为原始資料不足和篇幅限制，本資料主要选編了国产仪器，并以电子管仪器为主。

由于水平有限，繪图工作量大，加之時間仓促部分仪器未能与有关单位原始資料核对，所以錯誤一定不少。我們誠懇地希望广大讀者对本书提出宝贵意見，并将本书謬誤之处函告我們。

本书編写中得到了很多兄弟单位的大力协助，我們在此表示衷心感謝。

編 者

一九七二年二月

內 容 提 要

本書搜集了常用电子仪器 160 余种，共分十章；电流、电压和功率测量仪，信号发生器，频率测量仪，电子示波器，网络特性和失真度测量仪，电路集中参数测量仪，电子管、晶体管参数测量仪，测量放大器，稳压电源和其他测量仪器等。并附有几个电视机线路图。除介绍了原理，绘出标有元件数值的线路外，还搜集了部分维修经验及资料。

本書可供从事电子技术工作的同志，高等学校学生及业余爱好者运用及维修电子测量仪器时参考使用。

第一册 目 录

第一章 电压、电流和功率的测量

§ 1—1 万用电表	1
一、万用电表的用途和工作原理	1
二、万用电表的合理使用	5
三、常用万用电表	6
(一) 100 型万用电表	6
(二) 105 型万用电表	8
(三) 108-T-1 型万用表	10
(四) 500 型万用表	11
(五) 505 型万用表	12
(六) 508 型万用表	14
(七) U-6 型中级万用表	15
(八) U-11 型高级万用表	16
(九) 天津袖珍万用表	21
(十) MF7 万用表	22
(十一) MF9 万用表	23
(十二) MF10 万用表	23
(十三) MF11 万用表	25
(十四) MF12 万用表	25
(十五) MF18 万用表	28
(十六) MF20 晶体管万用表	29
(十七) MF30 袖珍万用表	29
四、资料 (上海遵义电表厂生产的电子仪表磁电式表头动卷数据表)	31
§ 1—2 电子管电压表	32
一、概述	32
二、电子管电压表的分类	32
三、常用电子管电压表电路结构简介	33
四、常用电子管电压表资料	37
A、放大——检波式电子管电压表	37
(一) GB-2 型真空管毫伏表	37
(二) GB-9 型真空管毫伏表	39

(三) HFP-1 型視頻毫伏表	41
(四) WFG-1B 型高频微伏表	44
附: PBPC-1 型超高频变频器	49
(五) DA-16 型晶体管毫伏表	51
B、检波——放大式电子管电压表	53
(一) GB-1 型真空管繁用表	53
(二) DY-1 型电子管电压表	57
(三) 红旗 543 型真空管电压表	60
(四) DYC-5 型超高频电子管电压表	62
(五) DA-1 型超高频毫伏表	65
(六) DYG-1 型高频电子管电压表	69
(七) DYM-2 型脉冲电子管电压表	70
§ 1-3 功率测量	74
一、概述	74
二、微波大功率测量	74
三、微波小功率测量	75
四、常用功率测试仪器资料	76
(一) CLS-1A 型音频功率计	76
(二) GLX-6 型微波小功率计	77
(三) GZM 型中功率计	81
(四) GLCD-2 型超高频大功率计	81

第二章 信号发生器

§ 2-1 正弦波低频信号发生器	84
一、概述	84
二、部分低频信号发生器资料	88
(一) 音讯 —1 甲型音频讯号发生器	88
(二) 515 型音频振荡器 (IP-1、515B、1011、311E 型与此类似)	91
(三) ZDZ-300 型载频信号发生器	93
(四) XC-4 型差频讯号产生器	95
三、正弦波信号产生器 (文氏电桥振荡电路) 的修理	100
§ 2-2 高频信号发生器	102
一、概述	102
二、部分高频信号发生器资料	104
(一) XFG-7 型高频信号发生器	104
(二) 599 型便携式高频信号发生器	116
(三) ГМВ 型米波信号发生器	117

(四) PG-1 型調幅調頻信号发生器	120
(五) ГСС-12 型标准信号发生器	123
(六) XB-18 型标准信号发生器	127
(七) WY-1 型速調管电源	134
§ 2—3 脉冲信号发生器	138
一、概述	138
二、部分脉冲信号发生器資料	140
(一) MF-1(XC-8)型脉冲信号发生器	140
(二) MF-3 型脉冲信号发生器	147
(三) MF-6(MFH-1) 型脉冲信号发生器	151
(四) MF-5(ГНП-1) 型脉冲信号发生器	155
(五) MFS-2 型双脉冲信号发生器	159
附录: 脉冲信号发生器各級电路的选择	165
§ 2—4 超低頻信号发生器	178
一、概述	178
二、部分超低頻信号发生器資料	179
(一) DPF-6A 型波形发生器	179
(二) XFD-5 型超低頻系列周期波发生器	186
附: XFD-5A 型超低頻系列周期波发生器	194

第三章 频率测量仪

§ 3—1 概述	199
§ 3—2 部分頻率測量仪資料	202
一、諧振式頻率計	202
(一) PX-1 型諧振式頻率表	202
(二) PB-4 型中等精度諧振式頻率計	203
(三) PXZ-11 型中精度諧振式頻率表	205
(四) PXZ-1 和 PXZ-2 型波长計	205
附: PXZ-1A 型, PXZ-2A 型, PXZ-3 型頻率表	210
二、外差式頻率計	210
(一) PW-1 型晶体校正外差頻率計	210
(二) PW-3 型外差式頻率計	213
(三) PB-1 型十进頻率計	223
三、計数式頻率計	224
(一) JP-1 型声頻頻率計	224
(二) PLY-2 型音頻頻率計	229
(三) CY-1 型音頻頻率計	229

(四) PJD-5 型电子計数式頻率表	229
(五) PJD-15 型超低頻相位——頻率計	237

第四章 电子示波器

§ 4-1 概述	249
§ 4-2 普通示波器	262
一、SBK-5 型阴极射綫示波器	262
二、175 型阴极射綫示波器	266
三、SB-10(175A) 型阴极射綫示波器	270
四、195 型阴极射綫示波器	274
五、195A 型阴极射綫示波器	274
六、SB-2 型阴极射綫示波器	276
七、155 型示波器	278
§ 4-3 慢扫描示波器	278
一、SB-14 型示波器	278
二、SBD-1 型超低頻示波器	284
三、SBD-5 型超低頻系列电子示波器	288
§ 4-4 脉冲示波器	294
一、1045 型脉冲示波器	294
二、SBM-3 (MCB-2) 型脉冲示波器	298
三、SBM-7 型脉冲示波器	302
四、SBM-8 型脉冲示波器	302
五、SBM-4 型脉冲示波器	302
六、SBM-2 型脉冲示波器	313
七、SBT-5 型同步示波器	319
§ 4-5 双綫示波器	328
一、1025 型双踪示波器	328
二、SBE-5(1025-A) 型双踪示波器	331
三、CBS-4型双綫示波器	335
四、SBE-6 型双綫示波器	336
§ 4-6 精密脉冲示波器	343
一、SBM-1 型脉冲示波器	343
二、SBE-7 型二踪示波器	353
三、SB-17 型示波器	368
四、SBM-10 型多用示波器	380
§ 4-7 行波示波器	399
§ 4-8 示波器維修点滴	403

第一章 电压、电流和功率的测量

§ 1-1 万用电表

一、万用电表的用途和工作原理

万用电表是一种可以测量电流、电压、电阻等电路参数的复用电表。它的特点是量程多、用途广，为电讯及电工工作者常用的检测仪器之一。它的一般用途及其工作原理概述如下：

(一) 作直流电流测量

测量原理实际上就是直接利用一高灵敏度的磁电式电流表串入待测电路中，进行直流电流测量。为了扩大电表的量程，电流表都带有一个分流器，分流器的结构有下面两种：

1. 开路置换式分流器

如图 (1-1-1) 所示。图中 R_{sh} 称为分流电阻，其计算公式为：

$$R_{sh} = \frac{I_m \cdot R_m}{I - I_m} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = R_m \cdot \frac{1}{\frac{I}{I_m} - 1} = \frac{1}{N - 1} \quad (1)$$

式中 I_m 为表头满度电流； R_m 为表头内阻； I 为量程电流； $N = \frac{I}{I_m}$ 即量程扩大倍率。

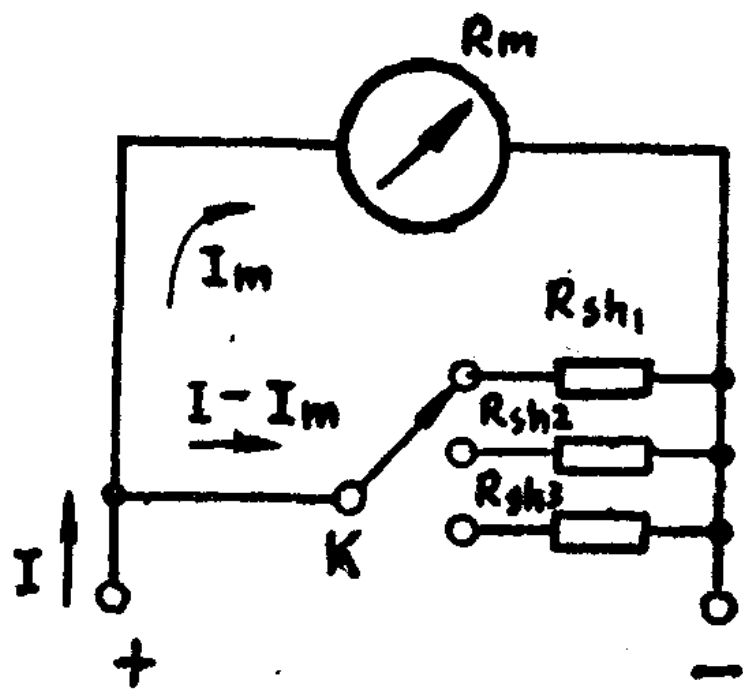


图 1-1-1

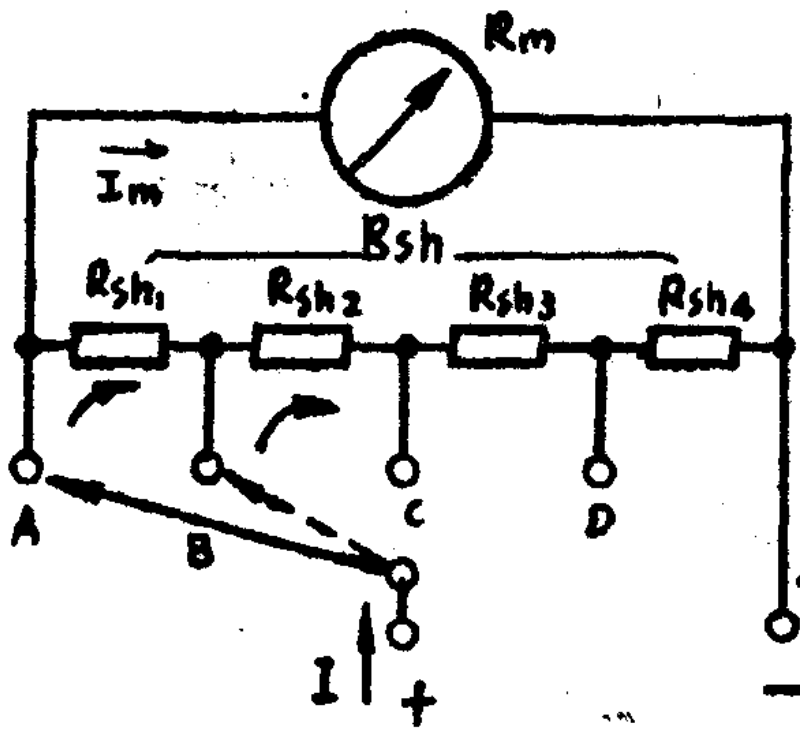


图 1-1-2

这种结构的缺点是一旦开关 K 接点松弛或分流电阻断路，总电流 I 将全部通过表头使其烧毁，故较少采用。

2. 闭路抽头式分流器

如图 (1-1-2) 所示，为一般万用表所采用。全段电阻 R_{sh} 过大过小都不宜，过大将使整个电表电路的内阻增大，从而加大了测量误差；过小将降低测量灵敏度，限制了小电流和高阻值测量量程的扩展。通常 R_{sh} 选在 R_m 的四倍以内。其计算方法是先按 (1) 式根据最低挡量程电流算出全段阻值 R_{sh} ，再从低到高逐挡进行抽头计算，分别求得 R_{sh1} 、 R_{sh2} 、

R_{sh1} 、 R_{sh4} 值。如当量程开关置于 B 挡时，因为

$$(I_B - I_m)(R_{sh} - R_{sh1}) = I_m(R_m + R_{sh1})$$

式中 I_B 为 B 挡量程电流，推导求得

$$R_{sh1} = R_{sh} - \frac{I_m(R_m + R_{sh})}{I_B} \quad (2)$$

同样方法可以求得 R_{sh2} 、 R_{sh3} 、 R_{sh4} 。

(二) 作直流电压测量

其工作原理是在电表回路中串接入电阻 R ，利用 $U = I_m(R + R_m)$ 关系把电压测量转化为电流测量，并在表盘上标出电压刻度，见图 (1—1—3)。 (1—1—4) 所示。改变 R 的数值，即可得到各种不同的量程。为得到多挡量程而串接入的电阻 R 系列，称为倍率器。按其分挡方式不同，倍率器分为累加抽头式 (图 1—1—3) 所示和置换式 (图 1—1—4) 所示两种。

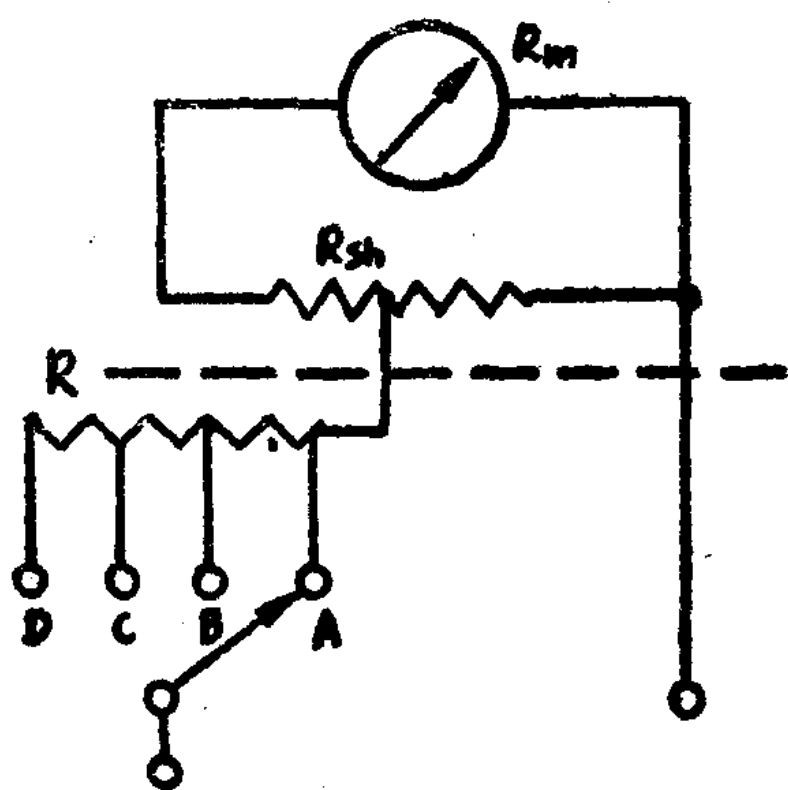


图 1—1—3

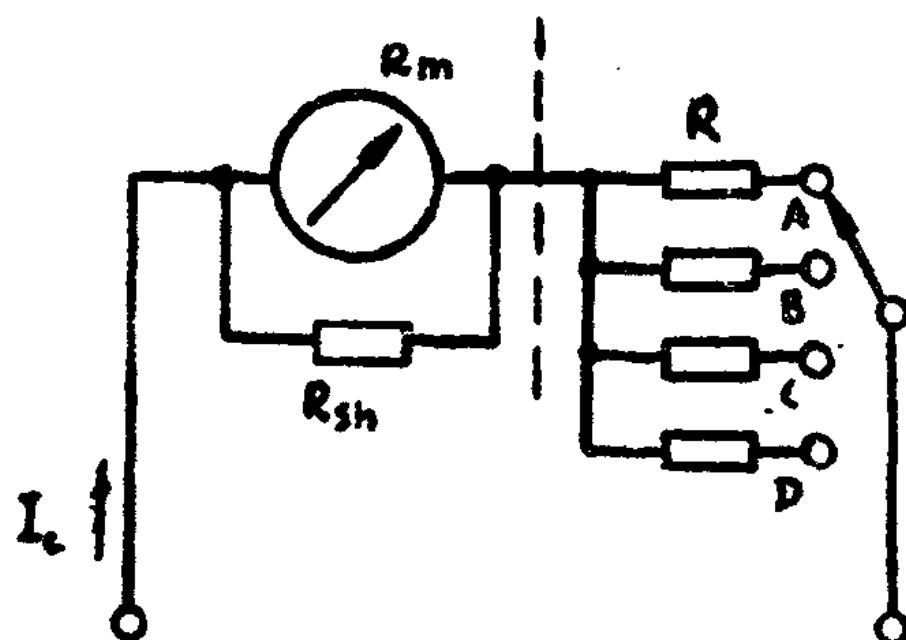


图 1—1—4

万用电表的电压灵敏度，用每伏特的电阻值来表示，即 Ω/V 。其数值就是表头满度电流（单位为安培）的倒数。实际上如前所述，当万用表作直流电流测量时，表头两端常并有闭路抽头式分流器，在作电压测量时此分流器仍不断开，所以此时的电压灵敏度就是整个电表电路的满度电流的倒数。

倍率电阻 R 的计算公式为：（以图 1—1—4 为例）

$$R = \frac{U}{I_c} - R_c \quad (3)$$

式中 U 为量程电压； I_c 为整个电表电路的满度电流； R_c 为电表的综合电阻，即表头内阻和分流器的并联总电阻值。

(三) 作电阻测量

测量原理是基于欧姆定律原理。利用被测电阻串接入电流回路前后电路电流的改变，在表盘上标成电阻刻度。如图 (1—1—5(a)(b)) 所示。图中 R_x 即为待测电阻； R 为电路的串联电阻（兼作欧姆调零之用）； E 为电流回路的电源，由万用表内自带。

(a) 图中， $R_x = 0$ 时，调节 R 使电表指示满刻度（欧姆挡零点），即使 $I_0 = \frac{E}{R_m + R}$

b 图中, 接入 R_x 后, 则电路电流变成, $I = \frac{E}{R_m + R + R_x}$, 其电表指针的偏转对应于 $R_x = 0$ 时的满刻度读数的百分数为:

$$n = \frac{I}{I_0} \times 100\% = \frac{\frac{E}{R_m + R + R_x}}{\frac{E}{R_m + R}} \times 100\% = \frac{R_m + R}{R_m + R + R_x} \times 100\%$$

由上式可知, 当 $R_x = R + R_m = R_T$ 时, 则电路电流正好是满度电流 I_0 的一半, 即电表指针

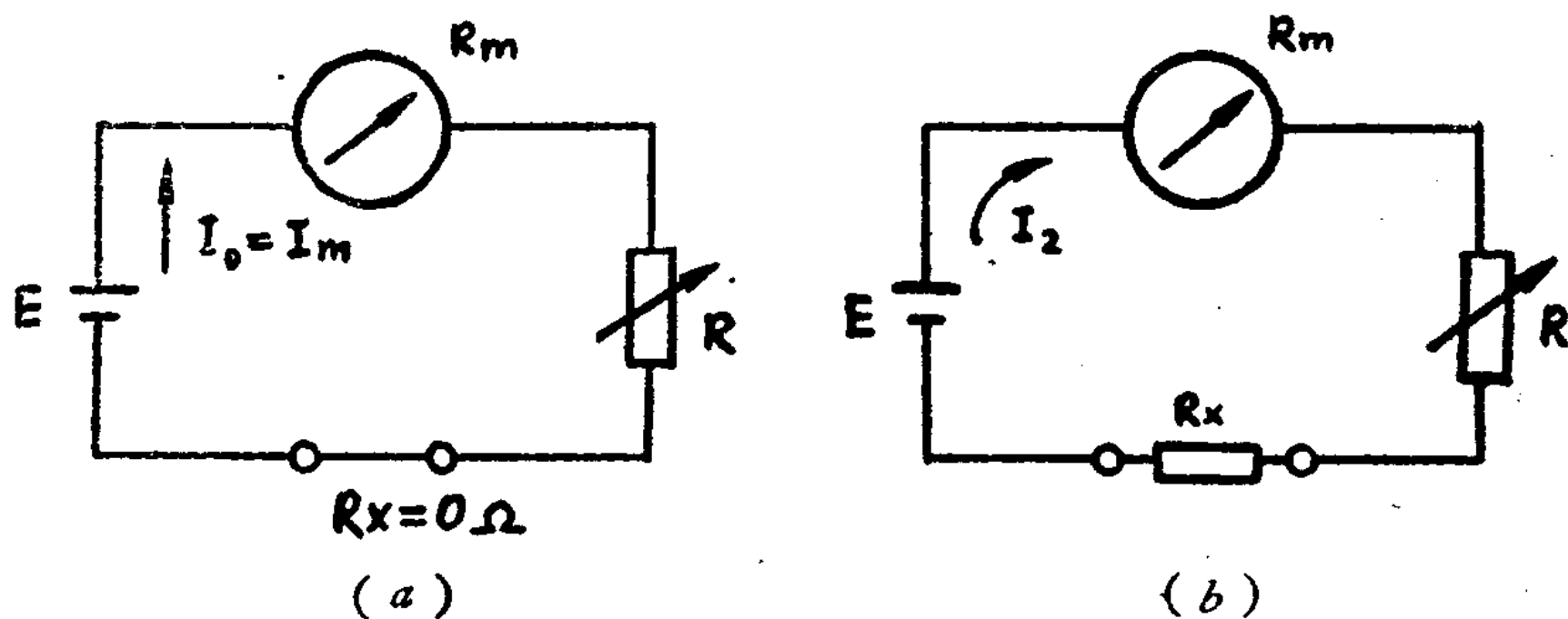


图 1—1—5

正好在电表中心位置, R_T 称为中值电阻, 它是全盘刻度的关键。通常 R_T 取为 6、12、24、48、27、54 Ω 等值。引入 R_T 后, 上式可写成:

$$n = \frac{R_T}{R_T + R_x} \times 100\% \quad (4)$$

利用此式选定了 R_T 以后, 即可对表盘进行电阻值刻度。由上式可知此电阻值刻度是不均匀的。

为了扩大电阻测量的量程, 可取不同的 R 值, 使各挡的电表电路的内阻为 R_T 的整倍数 (一般为 R_T 的十进位倍数), 这必须同时扩大表头电流灵敏度或提高电源电压才行, 或提高电流灵敏度和提高电压混合进行。

(四) 作交流电压测量

测量原理是把被测交流电压, 经整流器 (常用氧化铜整流器或半导体二极管) 作全波或半波整流以后, 转化成直流电压进行测量。所得电表读数正比于整流后直流电压的平均值, 但在度盘上, 以正弦波有效值进行刻度。 (在被测交流电压的波形为非正弦波时, 读数就不准确了)。

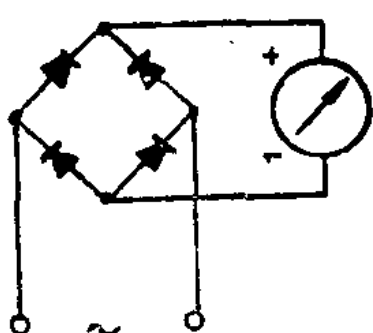
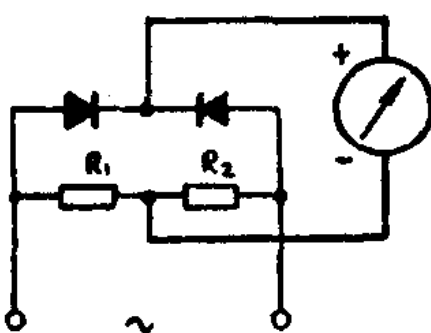
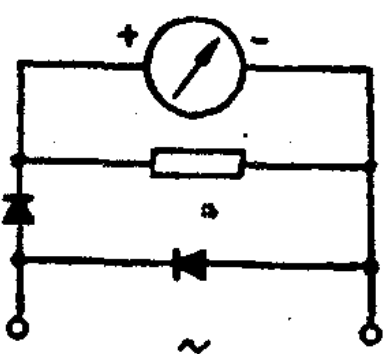
万用表中常见的整流形式有三种, 如表 (1—1—1) 所示。

测量交流电压用的倍率器和分流器的结构有以下两种:

1. 和直流电压挡共同一个倍率器

从表 (1—1—1) 可知, 由于整流损失和平均值的差率, 欲共用直流电压挡的倍率器, 并和直流电压挡作同量程测量, 则必须另配一个交流分流器来提升电路灵敏度 (与直流电压测量时相比), 以作补偿。即将图 (1—1—6) (a) 中的 R_{s1} 改为 (b) 中的 R_{s1}' 。它的计算公式为 (参见 (1) 式):

表 1—1—1 万用电表中常见整流形式及其特点

整 流 形 式	特 点
全波桥式  图(a)	整流输出的直流平均值，应为输入交流峰值的 0.6366 倍，为有效值的 0.9005 倍，但因整流效率小于 1，所以实际上输出的直流平均值，只有输入交流有效值的 0.878 倍（叫做整流总因数）。
全波中心抽头式  图(b)	同上，R_1、R_2可兼作交流定度分流器
半波并串式  图(c)	整流输出的平均值与全波整流相比均降低了一半，整流总因数为 0.439。

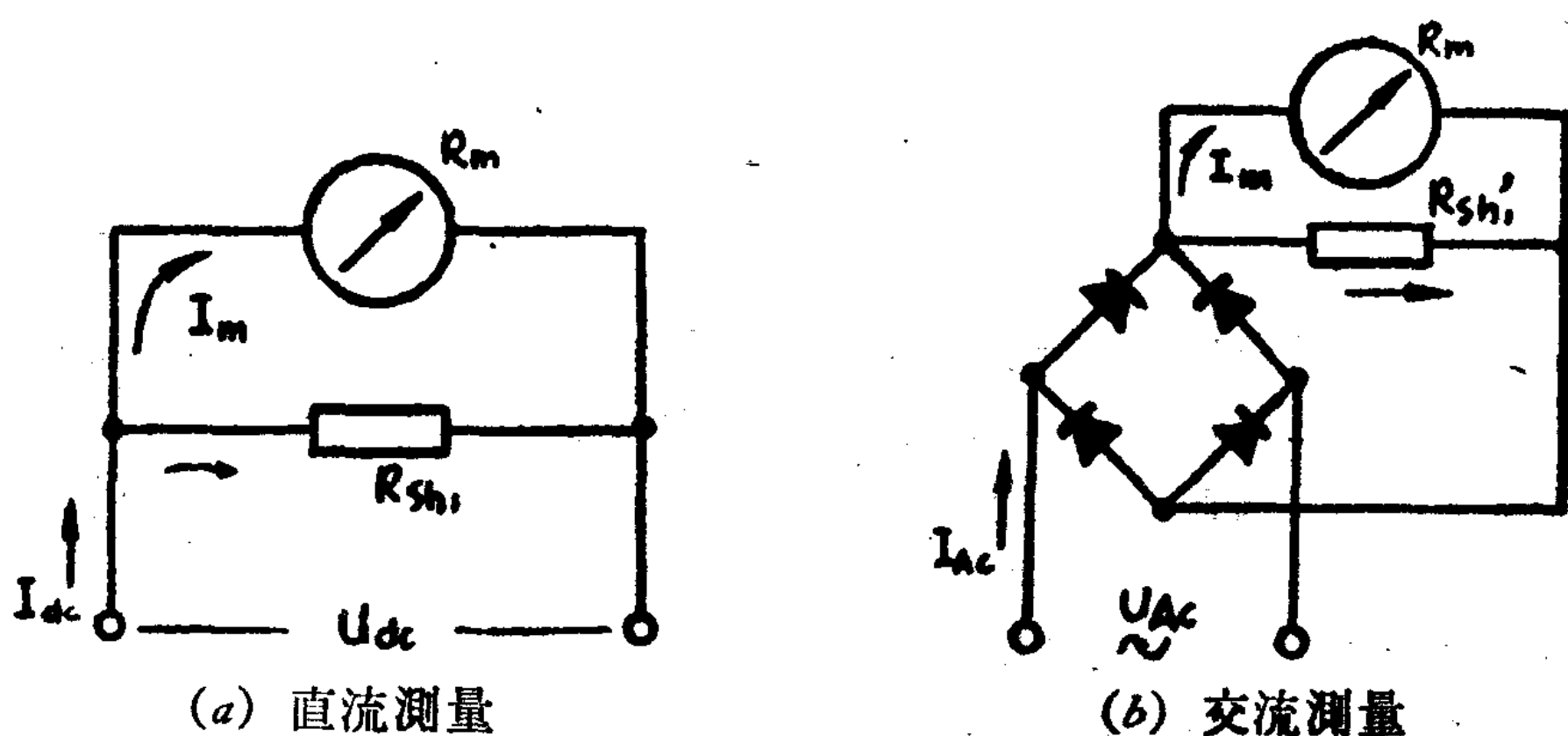


图 1—1—6

在全波桥式整流中：

$$R_{sh1}' = \frac{I_m R_m}{0.878 I_{AC} - I_m}$$

在半波整流中：

$$R_{sh} = \frac{I_m R_m}{0.439 I_{AC} - I_m}$$

式中 I_{AC} 为整流电表电路的满度电流，其倒数即为交流电压的测量灵敏度。

2. 和直流电压档共同一个分流器

为了与直流电压档同量程测量，此时，则必须另做一套交流测量用的倍率器，使万用电表的线路结构变得很复杂，所以不常采用。

(五) 作交流电流测量

测量原理是利用被测电流流过变流器（电流互感器），在次级线圈上产生一定的感应电压或利用在电阻产生交流电压降，然后作交流电压的测量，再换算成交流电流值刻度。

(六) 作音频电压（电平）测量

通常在交流电压档串联一个 $0.1 \sim 1 \mu f$ 的隔直流电容器，就可用来测定音频电压。可测频率范围主要取决于整流器的频率响应，对氧化铜整流的万用表来说，被测讯号频率不应大于 1 千赫。

(七) 作电感和电容测量

测量原理是利用电感 L 和电容 C 对交流电有阻抗 $X_L = 2\pi fL$ 及 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 的特性。外接一已知频率的交流电压（如 50 赫 220 伏），与 L 或 C 串联后再用万用电表的交流电压测量档（如 250V 档）测出 L 或 C 上的电压降，再换算成 L 或 C 的数值进行刻度。当电感的直流电阻和电容的漏电阻较大，引起的测量误差不可忽略时，应用矢量法对读数进行修正。

二、万用电表的合理使用

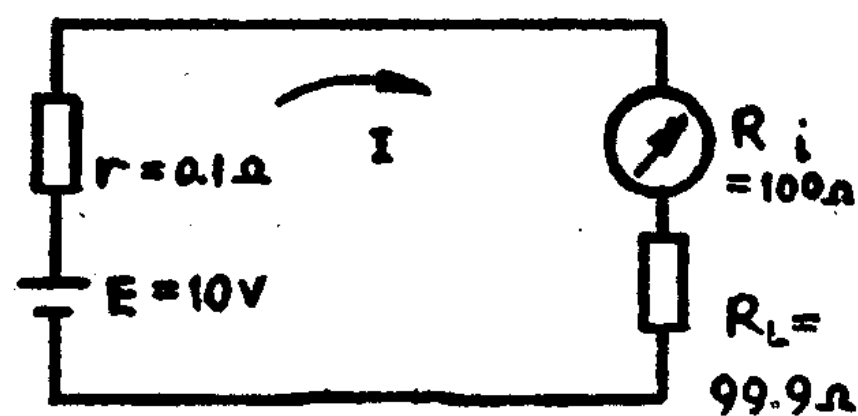
为了得到正确的测量结果，必须合理地使用万用表，否则将会导致大的测量误差，甚至损坏电表。下面介绍在使用万用电表时必须注意的几个问题。

(一) 量程的选择对测量误差的影响

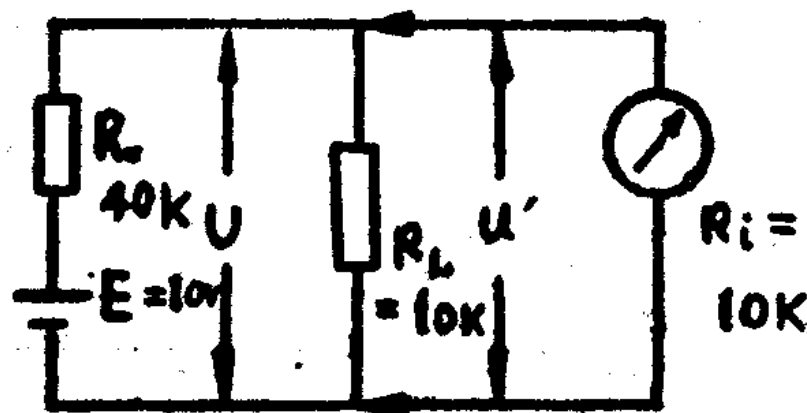
直读式仪表的误差，均以其满量程值的百分数表示。例如有一万用表，其直流电流挡的精确度是 1.0 级，也就是说当我们用此表测量直流电流，其满刻度时读数的相对误差为 $\pm 1\%$ 。譬如说我们用量程为 1mA 的档去测量接近 1mA 的电流值时，它的相对误差近似为 1%；但若用这一档去测量 $100 \mu A$ 的电流，由于对同一档的不同读数，则它的相对误差可达 10%，这就是说，当被测值愈接近满刻度值时，测量结果相对误差愈小，反之则大。因此在选用量程时应尽量使指针偏转角度大一些。

(二) 万用电表内阻（测量综合内阻）对测量误差的影响

使用万用电表测量电路参数时，总是将它串接（测量电流）或并接（测量电压）在电路中，如图 [1-1-7 (a)(b)]。图中 E 为电源电压； r 为电源内阻； R_L 为负



(a)



(b)

图 1-1-7

載电阻； R_i 为万用表测量綜合內阻。

在(a)图中，未串入万用电表(电流挡)时， $I = \frac{E}{R+r} = \frac{10}{99.9+0.1} = 100\text{mA}$ ，若将万用电表串入（設 $R_i = 25\Omega$ ），則此时 $I = \frac{E}{R+r+R_i} = \frac{10}{99.9+0.1+25} = 80\text{mA}$ 了。又如在

(b)图中，当万用电表电压挡未并入测量时，在 R_L 上的压降为 $U = \frac{R_L}{R+R_L} E = \frac{10\text{K}\Omega}{50\text{K}\Omega} \cdot 10 = 2\text{V}$ ，而当并上 10 V 挡电压量程的万用表（設电压灵敏度为 $1000\Omega/\text{V}$ ）去测量 R_L 上的电压降时 $U' = \frac{R_L//R_i}{R+R_L//R_i} E = \frac{10\text{K}//10\text{K}}{40\text{K}+10\text{K}//10\text{K}} \times 10 = \frac{5\text{K}}{45\text{K}} \times 10 = 1.1\text{V}$ 了。由此可見万

用电表的內阻会改变被测电路的工作状态，而造成测量誤差，这是值得注意的。如不能将普通万用表去測量电子管的栅偏压。

(三) 測量交流电压时应注意被测信号的波形和頻率造成的測量誤差。

(四) 測量电阻时，应“調零”，应选择倍率档使被测电阻 R_x 的值落在中值附近以减小測量誤差。若被测电路中有电源时应断电，有电容存在时，应先将电容放电，否則会损坏电表。

(五) 測量电量应合理地选择量程。严禁用万用表的电流档去測量电压，以免烧毁万用电表。

三、常用万用电表

(一) 100 型万用表（电路分析器）（上海大地仪表厂）

1. 仪表的測量范围及精度等級

測 量 范 围		灵敏度和	准 确 度
直流电流	0—0.1—1—10—50—250—500—1000mA		基本誤差不超过量程之±3%
直流电压	0—1—10—50—250—500—1000—2500V	2000Ω/V	同 上
交流电压	0—10—50—250—500—1000—2500V	同 上	基本誤差不超过量程之±4%
电 阻	中心值(Ω)	10 100 1000 10000 100K	基本誤差不超过刻度尺全长之±4%
	倍 数	$R \times 1$ $R \times 10$ $R \times 100$ $R \times 1000$ $R \times 10\text{K}$	
	范 围	0—2K —20K —200K —2M —20MΩ	

2. 电路图

由于生产時間不同，有三种結構形式，见图（1—1—8. (a)(b)(c)）所示。結構之三与結構之一在測量电阻电路上不同。

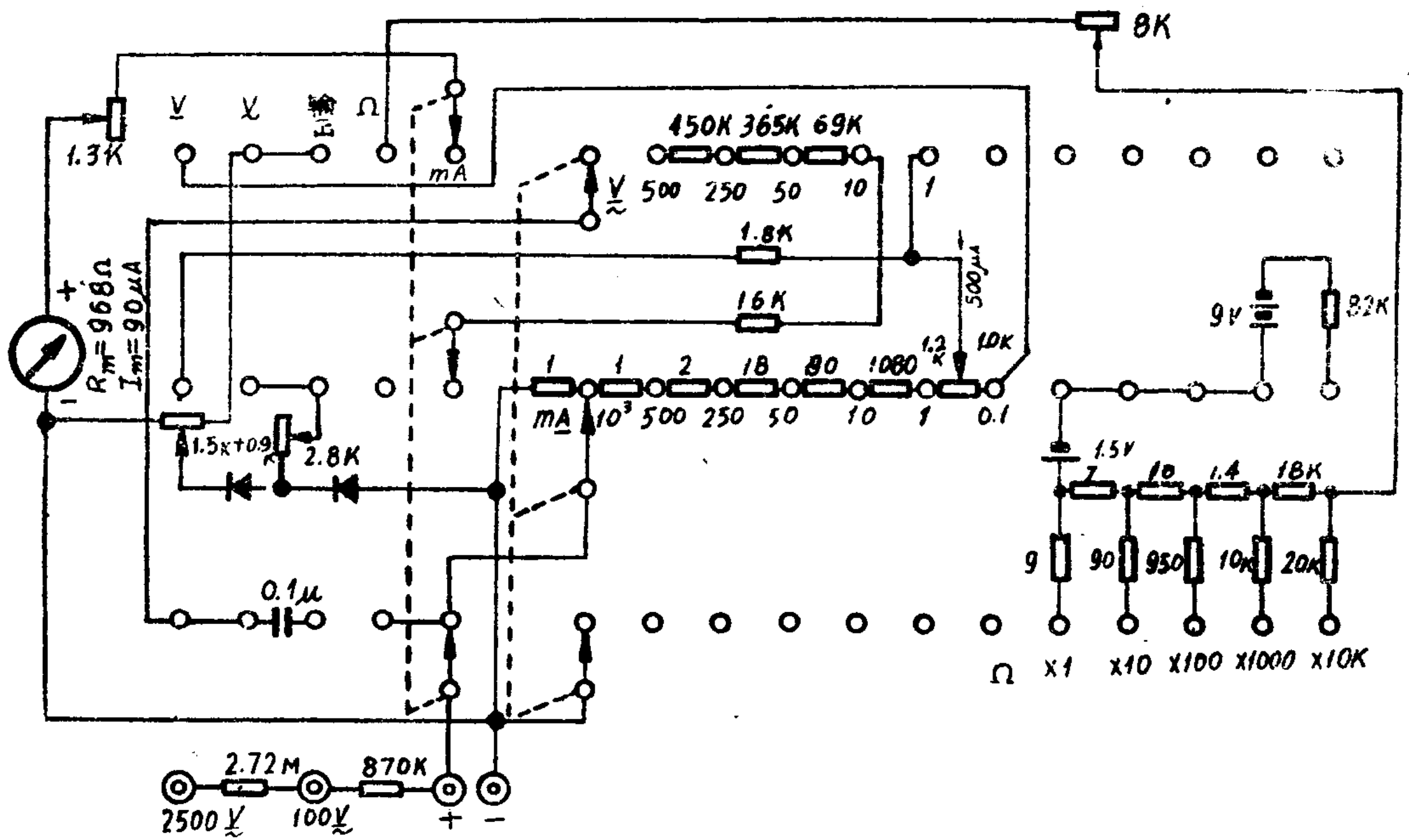


图 1-1-8 (a) 大地 100 型万用电表结构之一

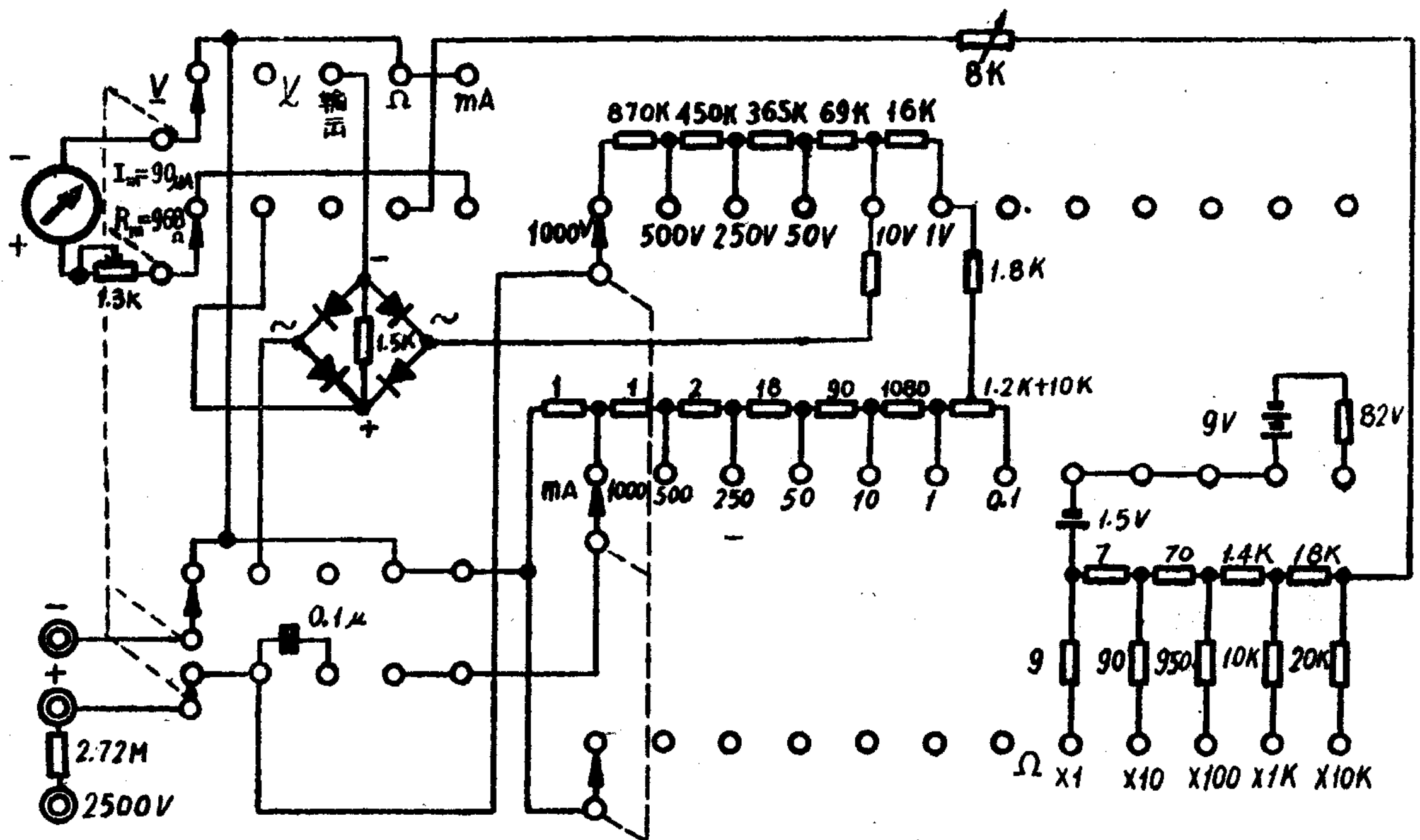


图 1-1-8 (b) 大地 100 万用电表结构之二

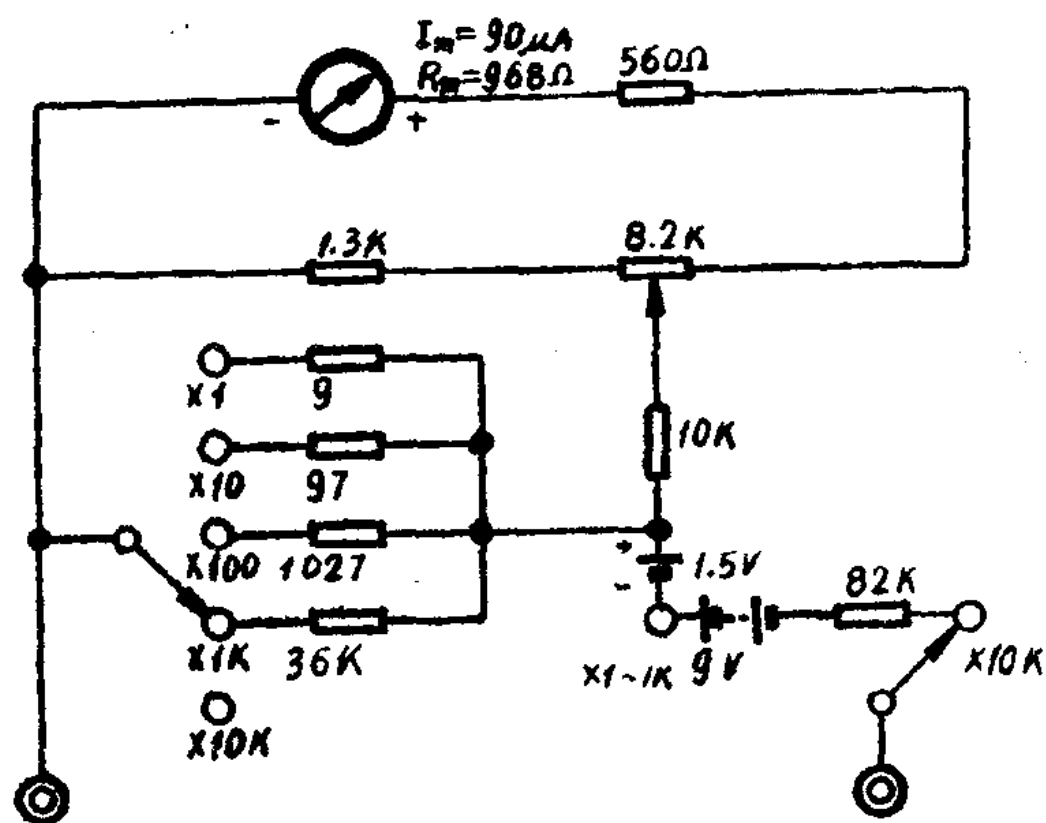


图 1—1—8 (c) 大地 100 型万用电表结构之三

(二) 105 型万用表 (上海震华电器厂)

1. 仪表的测量范围及精度等级

测 量 范 围		灵敏度	准 确 度
直 流 电 流	0—3—30—300mA		基本误差不超过量程之±3%
直 流 电 压	0—6—30—150—600—3000V	2000Ω/V	同 上
交 流 电 压	同 上	同 上	基本误差不超过量程之±4%
电 阻	中心值(Ω)	12Ω 120Ω 1200Ω 12000Ω 120KΩ	基本误差不超过刻度尺全长之±4%
	倍 数	R×1 R×10 R×100 R×1K R×10K	
	范 围	0—2K —20K —200K —2M —20MΩ	

2. 电路图

亦分三种结构, 见图 (1—1—9 (a)(b)(c)) 所示。

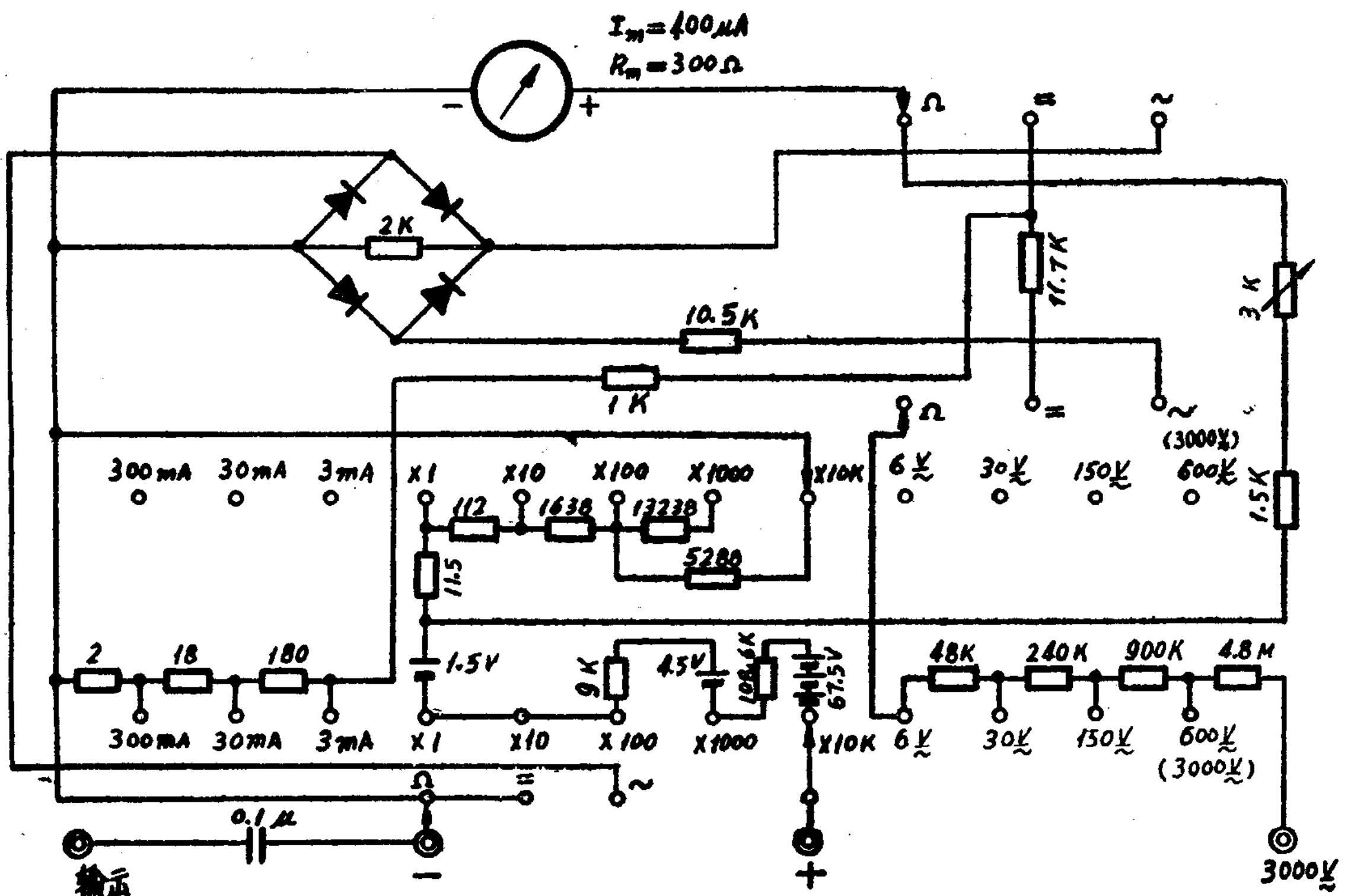


图 1-1-9 (a) 105 型万用电表结构之一

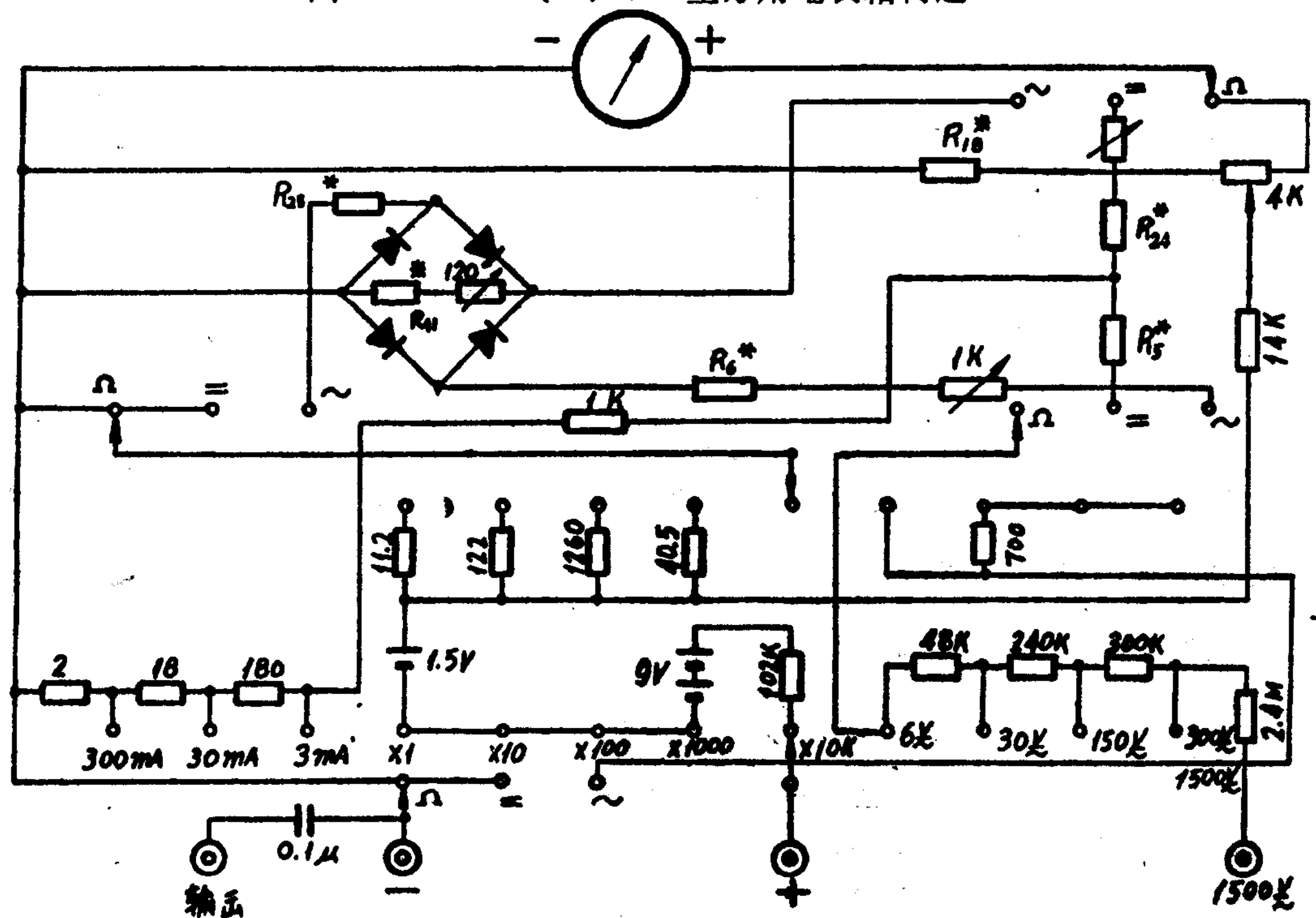


图 1-1-9 (b) 105 型万用电表结构之二

图中: R_5, R_6, R_{11} 等依表头参数而定, 表头参数为 $60 \mu A$, 2400Ω 时,
 $R_5 = 11K\Omega$, $R_6 = 7K\Omega$, $R_{11} = 1300\Omega$, $R_{24} = 6.3K\Omega$,
 $R_{25} = 2K\Omega$, $R_{18} = 11K\Omega$.

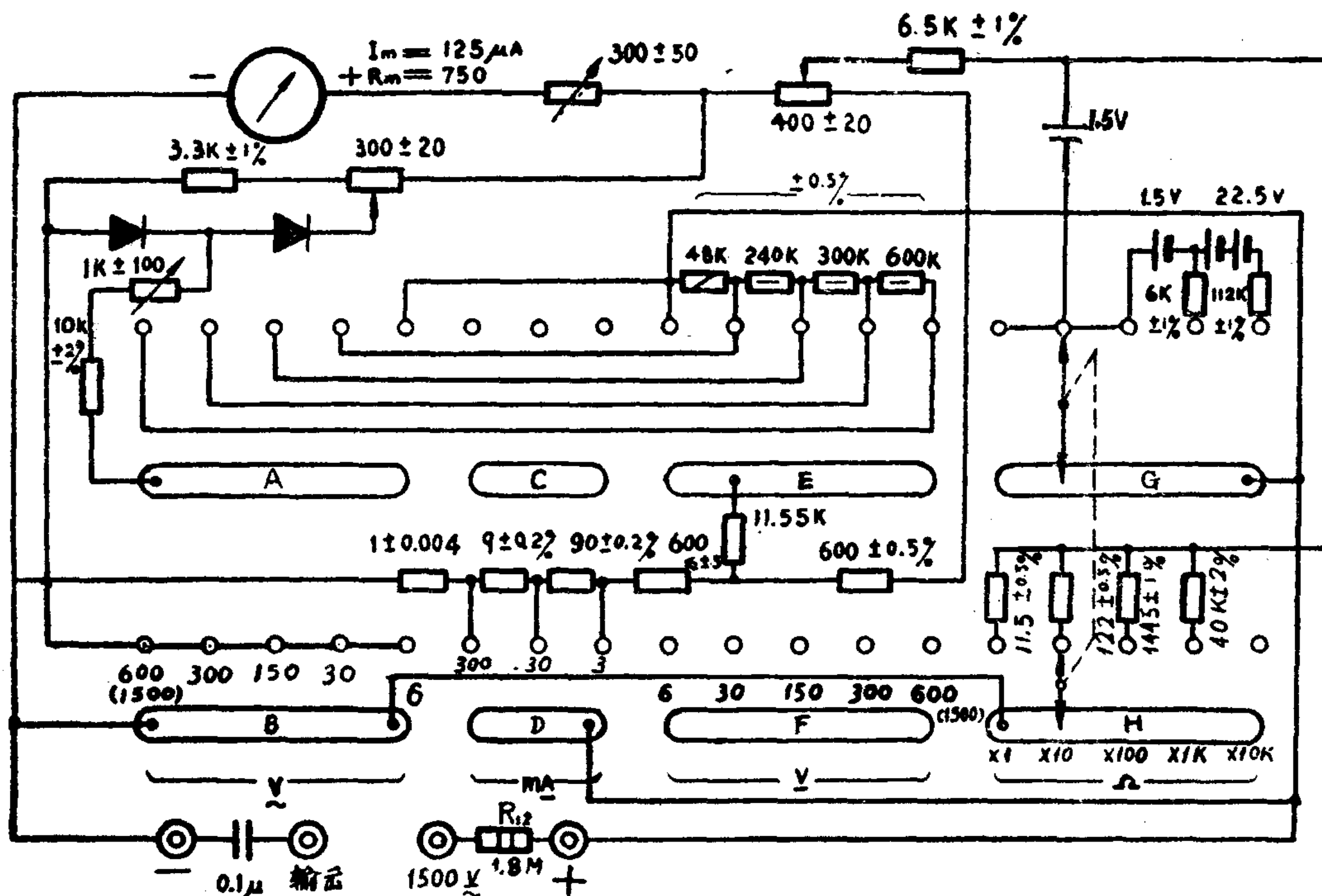


图 1-1-9 (c) 105 型万用电表结构之三

三、108-T-1 型万用表 (上海震华电器厂)

1. 仪表测量范围及精度等级

测 量 范 围		灵敏度	准 确 度
直 流 电 流	0—0.5—5—50—500mA		基本误差不超过量程之 $\pm 2.5\%$
直 流 电 压	0—2.5—10—50—250—500—2500V	5000 Ω/V	
交 流 电 压	0—10—50—100—250—500—2500V	同 上	基本误差不超过量程之 $\pm 4\%$
电 阻	中心值(Ω)	12 120 12K 120K	基本误差不超过刻度尺工作部分的 $\pm 2.5\%$
	倍 数	$R \times 1$ $R \times 10$ $R \times 1K$ $R \times 10K$	
	范 围	0—2K —20K —2M —20M	
输 出	10×	读数+0db 即量程为—10 至 +22db	
	50×	读数+14 db 即量程为+4 至 +36db	
	100×	读数+20db 即量程为+10 至 +42db	
	250V	读数+28db 即量程为 +18 至 50db	