

《无线电》实验 制作选编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书汇编了一九七三年至一九七九年人民邮电出版社出版的《无线电》月刊“实验室”栏刊载的文章。其中包括：实验室仪表与设备、无线电及电子设备制作试验及其它制作三部分，共八十八篇。内容范围较广，集中了许多无线电爱好者的丰富经验。所介绍的仪表和设备，简单易作，使用方便，经济节约。可供广大无线电爱好者和从事无线电维修工作的工人、技术人员参考。

《无线电》实验制作选编

*

人民邮电出版社编辑、出版
北京东长安街27号
天津新华印刷一厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1981年5月第一版
印张：11 28/32 页数：190 1981年5月天津第一次印刷
字数：270 千字 印数：1—194,000册

统一书号：15045·总2474-无6135

定价：0.86 元

目 录

一、实验室仪表与设备

- 微型万用表.....金德初 (1)
- 无表头的万用表.....季如生 (8)
- 万用表刻度盘的绘制方法.....花维国 (14)
- 用万用表测试晶体管的附加装置.....吴 强 (20)
- DF—1型晶体管繁用表
.....哈尔滨建筑工程学院电子仪器厂 (24)
- 简易多用电表的制作.....金德初 (38)
- 不用表头的电压表.....齐永和 (43)
- 平衡式晶体管电压表.....大 钧 (47)
- 简易晶体管电压表.....杨义群 (51)
- 简易晶体管毫伏表.....大 钧 (52)
- 自制晶体管信号发生器.....研 东 (56)
- 简易信号注入器.....祁一明 (60)
- 用2L465A作信号发生器.....傅保全 (65)
- 6.5MHz信号发生器.....施宛愚 (69)
- 简易音频振荡器.....沈长生 (71)
- 电抗管超低频正弦波振荡器.....荣树熙 (73)
- QBG—J自制全晶体管高频Q表
.....上海市浦光中学电子小组 (78)
- 简易晶体管特性曲线图示仪.....高福文 (89)
- 简易晶体管特性曲线图示仪的调整和使用

| | | |
|--------------------------|----------------|---------|
| | 高福文 | (95) |
| 简易示波器..... | 袁中和、金德初 | (99) |
| 超小型晶体管示波器..... | 贾克明 | (109) |
| 简易阻容测量仪..... | 北京市75中学课外无线电小组 | (117) |
| 简易晶体管测试仪..... | 冯继成 | (120) |
| 简单测试器..... | 李永恒 | (125) |
| 修理收音机的助手——信号寻迹器 | 北京市少年宫科技组 | (128) |
| 三相交流电相序指示器..... | 杨克信 | (131) |
| LC回路振荡频率简易测试器 | 奚天敬 | (133) |
| 线圈通、断、短路测试仪..... | 周稚田 | (135) |
| 简易晶体管稳压器..... | 教兵 | (139) |
| 两用整流器..... | 孙尚明 | (141) |
| 作示波器用的电视机附加器..... | 潘钰铭 乐承华 | (143) |
| 晶体管耐压测试器..... | 王昌辉 | (149) |
| 实验电源..... | 凌肇元 | (151) |
| 电容降压式稳压电源..... | 杨风鸣 | (154) |
| 电视机用的简易自动调压装置..... | 沈 谊 | (159) |
| 介绍一种 h_{FE} 测量电路..... | 郭之虞、刘永华 | (162) |

二、无线电及电子设备制作试验

| | | |
|-----------------|---------|---------|
| 多用收音机..... | 吕富旺、张天祥 | (167) |
| 光电自动控制器..... | 王兴乃 | (175) |
| 加减法计算器..... | 卓乃昌 | (182) |
| 晶体管夜间射击闪光灯..... | 曾良生、李晓帆 | (188) |
| 简易多用放大器..... | 姜永魁 | (192) |
| 电机短路测试仪..... | 张文广 | (195) |

| | | |
|-------------------------|-------------|-------|
| 用音调检测元器件的小仪器 | 林永恩 | (199) |
| 简易恒温控制器 | 朱藩初 | (207) |
| 无触点恒温控制器 | 周绍强、邓积满 | (209) |
| 演示电流计的附加放大器 | 孙心若 | (211) |
| 修理收音机用的小仪器 | | |
|九江市五交化公司无线电门市部修理组 | | (214) |
| 感应开关 | 上海第59中学电子工场 | (218) |
| 磁控开关 | 上海第59中学电子工场 | (222) |
| 路灯光控开关 | | |
|黑龙江绥化地区运输公司肇东公司配电室 | | (225) |
| 接触式开关 | 郑祥泰、奚天敬 | (228) |
| 磁控电源开关 | 周振洪 | (231) |
| 钟控开关 | 阎恭举 | (232) |
| 紧急报警器 | 张路增、黄力之 | (235) |
| 用半导体收音机作高温报警 | 李真元 | (237) |
| 半导体收音机兼作电码练习器 | 詹洪祥 | (240) |
| 停电告警器 | 李忠善 | (241) |
| 铡草机安全保护装置 | 弥国勤 | (242) |
| 水开报警 | 王 达 | (247) |
| 脉冲逻辑测试笔 | 夏云峰 | (249) |
| 声控实验 | 上海第59中学电子工场 | (251) |
| 光电式自动响铃钟 | 吴庆振、赵可敬 | (256) |
| 自制简易电唱机 | 周宗杰 | (261) |
| 直流变换器的应用——干电池点亮日光灯 | | |
| | 林永恩 | (264) |
| 自制小型万次闪光灯 | 郑祥泰 | (270) |
| 介绍一种延时电路 | 李文谦 | (273) |

- 对讲转换机.....李旭东 (277)
- 电子调速实验.....魏福源 (282)
- 利用电容放电充磁.....奚天敬 (287)
- 输出多种电压的变压器.....魏华、郑浩 (290)
- “单线”双向声光信号器.....王本轩 (292)
- 测量小电容的方法.....应家作 (293)
- 遥测心率发射机.....庆铃、王抗 (295)
- 音响式晶体管水位计.....朱裕林 (300)
- 电风扇定时器.....许德辉 (301)
- 声控自动门.....宋雪涛 (307)
- 水龙头自动开闭装置
.....上海市卢湾区清洁管理站 (316)

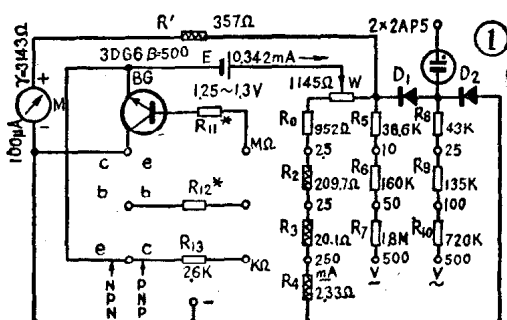
三、其它制作

- 电子锁.....唐 玮 (322)
- 电子节拍器.....陈 彤 (328)
- 自制简易电二胡.....于文涛 (331)
- 滑奏式电子乐器.....田进勤 (333)
- 电子风琴.....邓集成 (339)
- 吹奏式电子乐器.....田进勤 (345)
- 光控汽车模型.....黄敏明、潘 健 (355)
- 玩具“电子计算机”
.....上海市新肇周路小学科技组 (360)
- 一种光控玩具——痛歼敌舰.....钱信格 (363)
- 简易“电子棋”.....杨士凯 (366)
- 光电枪.....李文谦 (367)

一、实验室 仪表与设备

微 型 万 用 表

作者用小表头制作成一种微型万用表,体积很小(约为 $50 \times 30 \times 32$ 毫米³),和普通的火柴盒差不多,重量只有60克左右,特别适合外出检修时使用。微型万用表具有中等灵敏度($4\text{K}\Omega/\text{V}$)。测试档位有直流电压三档(10、50、500伏),交流电压三档(25、100、500伏),直流电流三档(2.5、25、250毫安),电阻两档($\text{K}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$)和晶体管参数测试档(I_{ceo} 、 β 、 β 测试范围为 $0 \sim 250$)。微型万用表线路见图1。



电 路 设 计

我们用的表头灵敏度 $I_m = 100$ 微安,其内阻 $r = 3143\Omega$ 。为

计算方便，设表头支路的总电阻 $R_m = 3.5\text{K}\Omega$ ，那么，表头支路需加一电阻 $R' = 3.5 - 3.143 = 0.357\text{K}\Omega$ 。

1. 直流电流档的计算 直流电流档电路见图 2。各电流档分流电阻可按下式求出：

$$R_A = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \frac{I_m \cdot R_m}{I_1 - I_m} = \frac{0.1 \times 3.5}{0.25 - 0.1} = 2.33\text{K}\Omega。$$

同理，

$$(I_2 - I_m) R_B = I_m (R_A - R_B + R_m)，$$

移项得

$$R_B = I_m (R_A + R_m) / I_2，$$

为计算方便，设

$$K = I_m (R_A + R_m) = 0.1 \times (2.33 + 3.5) = 0.583，$$

$$R_B = \frac{K}{I_2} \approx 0.233\text{K}\Omega$$

$$R_1 = R_A - R_B = 2097\Omega。$$

依次求得

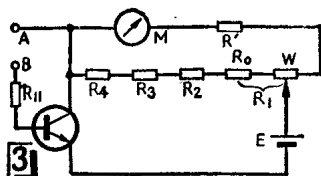
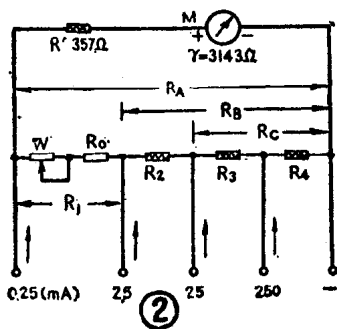
$$R_C = \frac{K}{I_3} \approx 23.3\Omega, R_2 = 209.7\Omega。$$

$$R_4 = \frac{K}{I_4} \approx 2.33\Omega, R_3 = 20.97\Omega。$$

W 为欧姆表调零电位器，选用标称值为 1 千欧的半可调碳膜电阻，用电桥测得的实际值为 1145 欧，故 $R_0 = R_1 - W = 2097 - 1145 = 952\Omega$ 。

2. 直流电压档的计算 按 $I_1 = 0.25\text{mA}$ 灵敏度计算，即每伏 4 千欧。10 伏档的降压电阻为 R_5 ，且

$$R_5 = (4 \times 10) - \frac{R_A \cdot R_m}{R_A + R_m} = 40 - \frac{2.33 \times 3.5}{2.33 + 3.5} \approx 38.6\text{K}\Omega$$



50伏档的降压电阻为 R_0 ,

$$R_0 = 4 \times (50 - 10) = 160\text{K}\Omega。$$

500伏档的降压电阻为 R_7 , 且

$$R_7 = 4 \times (500 - 50) = 1.8\text{M}\Omega。$$

3. 交流电压档的设计 因为采用半波整流, 所以交流电压档的灵敏度为直流电压档的0.45倍, 即为 $4 \times 0.45 = 1.8\text{K}\Omega/\text{V}$ 。

25伏档的降压电阻为 R_8 ,

$$\begin{aligned} R_8 &= 1.8 \times 25 - \left(\frac{R_A \cdot R_m}{R_A + R_m} + 0.6 \right) \\ &= 43\text{K}\Omega, \text{ 式中 } 0.6\text{K}\Omega \end{aligned}$$

为整流二极管的正向电阻。100伏档的降压电阻为 R_9 ,

$R_9 = 1.8 \times (100 - 25) = 135\text{K}\Omega$ 。500伏档的降压电阻为 R_{10} ,

$R_{10} = 1.8 \times (500 - 100) = 720\text{K}\Omega$ 。在这里交流电压档的最小量限不能选得太小, 我们取它为25伏, 否则由于二极管的非线性会导致表盘刻度的非线性。由于小表头的表盘面积很小, 为避免出现过多的刻度线, 交、直流电压档共用一条均匀刻度的刻度线。

4. 电阻档的设计 电阻档的电池电压为1.3伏（镍隔电池的电压为1.25~1.3伏）。选取 $R \times 1K$ 档的中值电阻为 $3.8K\Omega$ （当被测电阻等于 $3.8K\Omega$ 时，表针应正好指到表面中间）。按这个中值电阻计算，当正、负端子短路时（即 0Ω ），电路电流 $I_{分}$ 为 $1.3V/3.8K = 0.342mA$ 。因表头灵敏度为100微安，所以要设计该电阻档的分流器。根据前面公式可知，分流器电阻 $R_{分}$ 为 $K/0.342 = 0.583/0.342 = 1.71K\Omega$ 。从直流电流档计算方法可知， $R_{分} \cdot (I_{分} - I_m) = (R_A - R_{分} + R_m) \cdot I_m$ ，此时表头支路的等效电阻 $R_{支} = R_A - R_{分} + R_m$ 。由于分流器电阻与表头支路电阻是并联的，并联后的电阻为：

$$\begin{aligned} R_{并} &= \frac{R_{分} \times R_{支}}{R_{分} + R_{支}} \\ &= \frac{1.71 \times [(2.33 - 1.71) + 3.5]}{1.71 + [(2.33 - 1.71) + 3.5]} \\ &= 1.21(K\Omega) \end{aligned}$$

由于在 $K\Omega$ 档时，电表电路的内阻应为 $3.8K\Omega$ ，所以还需要有一个电阻和电阻 $R_{并}$ 相串联，串联后阻值应为 $3.8K\Omega$ ，取这个电阻为 $R_{13} = 3.8 - 1.21 = 2.6K\Omega$ 。

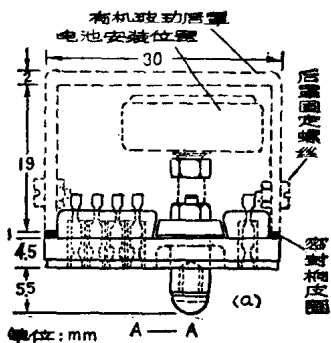
$M\Omega$ 档的测试原理见图3。当表笔把 A 、 B 短路时，改变基极电阻 R_{11} 的阻值，使表针满度偏转（ 0Ω 位置），在 A 、 B 间接入被测电阻，基极电流减小，集电极电流减小，随着电流减小，指针偏转的角度减小。把这个电流换算成相应的电阻刻度，那么，就可以测量 $M\Omega$ 级电阻。晶体管的 β 值越大，测试灵敏度越高。由于晶体管的非线性影响，所以 $M\Omega$ 档的刻度线是非线性刻度的。

5. 测量晶体管参数 测试原理同图3，只是把 R_{11} 换为 R_{12} 了。校准刻度时，先选择一个测试好的 β 为250的NPN型硅管，

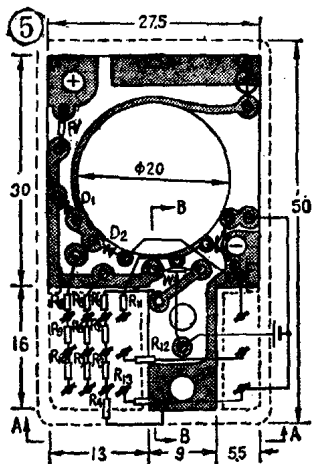
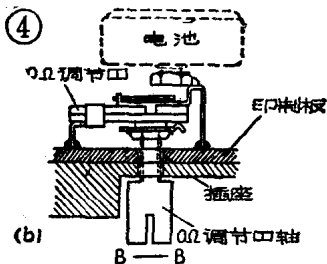
插入图 1 中的 NPN 型管子的管脚插孔，并用导线把 R_{12} 右端接线插孔与“-”端短接起来，然后调整 R_{12} 的阻值，使表针满刻度偏转，相当于 $\beta = 250$ （此时调零电位器的位置不变，而管子的集电极电流仍定为 0.342 毫安），此时通过基极的电流应该为 $I_b = I_c / \beta = 0.342 / 250 = 1.37$ 微安，但实际上由于 V_c 、 I_c 均较小，所以 β 与 I_c 的关系将不是线性的，故 R_{11} 、 R_{12} 的值不能根据 V_c 、 I_c 来计算，必须根据表针满刻度偏转为标准来实验决定 R_{11} 、 R_{12} 的数值。这样在 $V_c = 1.3V$ 、 $I_c = 0.342mA$ 的条件下， β 测试档的上限定为 250。虽然不同类型的三极管的非线性程度是不一样的，但为了简化表盘刻度， β 的刻度线仍利用表头电压五等分线性刻度线，每大格为 50。因此，所测得的管子的 β 值将是一个近似值。校准后，拿掉校准用的管子。测试时，将 NPN 型管子的管脚插入图 6 面板左面的三个插孔里，从上面向下排列为 c 、 b 、 e 脚。把右面 12 插孔中的左数第一排中间插孔与“地”端插孔短接，表针在 β 刻度线上所指的刻度即为所测管的 β 值。测 PNP 型管子时，由于它的 I_{co} 较大， β 的零点应从 I_{co} 指示点算起。

元件选择与安装

微型万用表的结构见图 4、图 5、图 6。表头用的是 WXC5 型内磁式表头，尺寸为 $30 \times 30 \times 28$ 毫米³。为缩小体积，利用一只小型 JRX 继电器的插座，配用插头来变换测量项目和量程。从面板图 6 可以看出，面板上有 15 个插座，插座的结构形状如图 4 (a) 中的虚线所示，插座中的两个接触片最好重新加工，使其弹性较好。下面焊接部分铜片不宜过长，约 2~3 毫米即可，以免多占地方，并将它扭弯 90°，防止接触片脱出。电阻 R' 、 R_2 、 R_3 、 R_4 用漆包电阻丝在电桥上测定阻值后绕在 1/16

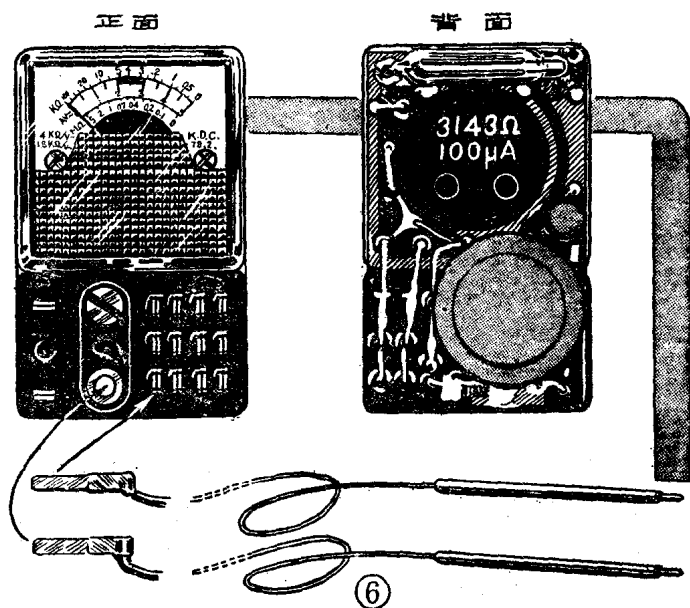


单位: mm



瓦的高阻值 (>100 千欧) 的碳膜电阻上。其余的电阻全部使用 $1/16$ 瓦的碳膜电阻, 各阻值可在与标称值相接近的电阻内用电桥挑选, 例如, W 可采用标称值为 1 千欧的半可调电位器在电桥上测得其精确值, 然后再配 R_0 。

由于考虑到尽量缩小万用表的体积, 整个表的结构很紧凑。从图 5、图 6 (背面) 可以看出, 电阻 $R_0 \sim R_{10}$ 直立地焊接在插座下面, 而电阻 R' 、 D_1 、 D_2 、三极管和氖管均安置在表头四周。其余的几只电阻是平放在电池下面的, 焊接它们时要注意不要碰擦、短路。最好用快速烙铁, 因为它的烙铁头小而且可以任意弯曲, 能伸入窄缝内焊接。若没有快速烙铁, 可用 25 瓦以下的电烙铁, 在烙铁头上缠几圈粗铜丝 ($\phi 2$), 用粗铜丝代替烙铁头使用。



调零电位器 W 与电池的安装见图4。先在 W 的动触片上焊上一个M3的铜螺帽（见图4(b)中下面的铜螺帽），焊接时注意焊接端正，对准中心。然后在电表的正面装上调零电位器的轴，以便于调整。调节轴可以用圆柱形电源插头的一支腿改装。固定电池时，也是在 W 的动触头引出片上焊接一个M3铜螺帽（见图4(b)中的上面一个铜螺帽），在电池的正极中心处焊上一个螺柱，该螺柱正好能旋入M3的铜螺帽中，这样电位器就与电池正极连接上了。焊接电池正极上的螺柱时，要动作准确、迅速，否则会损坏电池。电池的负极直接用导线焊接引出到相应的焊接点上。测试时的“-”端接线柱可用一般接线柱改制。电表中用的氖管的直径应在6毫米以内，它的地线接触点利用表壳前端的固定螺丝钉引出。电表的外壳（后罩）用

厚度为1.2毫米的有机玻璃粘合的，为了便于机壳与机心的固定，在印刷板的边缘焊上三个螺帽（见图4、图5），在机壳相对位置上钻孔，然后用螺丝钉把它们固定。表笔用圆珠笔心代替。

画刻度盘时，交、直流电压、直流电流以及 β 的读数，均采用原表头上的五等分刻度线。电阻档可用标准电阻箱或准确度较高的碳膜电阻作为标准，然后把数值直接描绘在表盘上，在图6正面图上，“ $K\Omega$ ”刻度线在上端， $M\Omega$ 刻度线在下端。

使 用

测试时，先把负表笔的接触片接在图6（正面）中的“-”端处（即面板中间下面的接线柱）。正表笔的接触片插在相应的测试项目的插座上，表笔的另两端接测试点即可。测试晶体管的 β 时，将晶体管按其极性插在表面左边的三个插座中。表面中间上面的接线柱是调零电位器的调节轴。

用氖管试电时，将一只表笔的一端插入交流500伏插座，另一端去触220交流的插孔，用一只手握住万用表并与表壳前端的固定螺栓接触（地线接触点），当表笔接触的是220伏交流电源的火线时，氖管会亮。

万用表中用的小型钮扣式镍镉电池用后可以充电，充电时不必把它从表上取下，而把充电电源引线直接接到该电池在印刷板的两极引线处，充电时注意，充电电流不应大于10毫安，当电池电压低于1.2伏时，充电时间约为2~4小时为好。

无表头的万用表

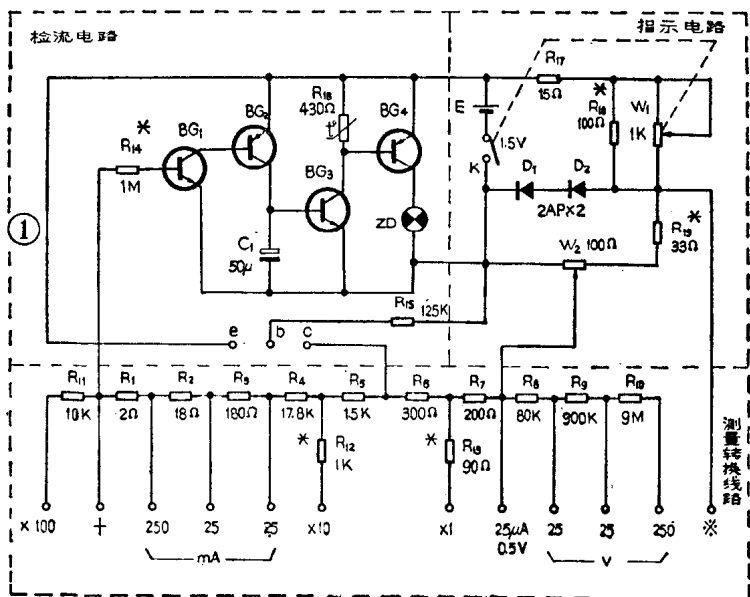
这只万用表没有表头，是用一个小灯泡作测量指示的。它

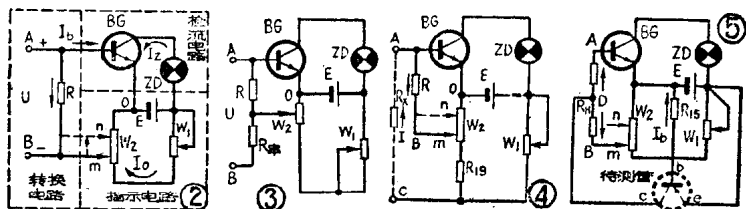
的电压灵敏度较高，电流最小档量程为25微安。它的主要缺点是测量的准确度稍差些。

测 试 原 理

原理线路见图1。它由测量转换线路、检流电路和指示电路三部分组成。为便于说明，画出了图1的简化电路如图2所示。下面分别介绍各项目的测试原理。

1.测电压 在图2线路中，当A、B端未加测量电压时（ $U = 0$ ），BG管的基极电路有一基极电流，管子的集电极电路也有一集电极电流流过小灯泡。调整 W_1 ，使当 W_2 的滑动臂滑到“m”位置时，小灯泡刚刚被点亮。在 W_2 的旋柄上安置一刻度盘，并把滑动臂置“m”位置时的刻度定为“0”。





当加上外测信号时（极性如图中所示），BG管的发射结的正向电压增大，集电极电流也增大，小灯泡更亮。此时改变 W_2 滑动臂的位置，使 BO 间的电压减小，当减少的电压恰好等于加上的待测电压时，BG管原来增加的正向偏压将被抵消，集电极电流，即通过小灯泡的电流便恢复到原来小灯泡刚好被点亮时的数值。此时刻度盘上指示的电压（即 BO 间减少的电压）就表示了待测电压的大小，即

$$U = U_{mn} \dots\dots\dots (1)$$

由于上述电路允许测量的最大电压不能超过BG管最大允许基极电压，为扩大测量量限，在测量转换线路里串联一只电阻 $R_{串}$ 如图 3 所示。当

$$U_{mn} = U \frac{R_{串}}{R + R_{串}}$$

时，小灯泡恰好恢复到刚被点亮状态，此时

$$U = \frac{R + R_{串}}{R_{串}} \cdot U_{mn} \dots\dots\dots 1(a)$$

根据公式 1(a) 计算出 2.5V、25V、250V 各档相应电阻为 80K Ω 、900K Ω 、9M Ω 见图 1。

2. 测电流 当电阻一定时，电流和电压成正比，因此从图 2 可得出待测电流的公式为

$$I = \frac{U_{mn}}{R} \dots\dots\dots (2)$$

式中 R 为分流电阻，取不同的分流电阻值，得到不同的电流量限见图 1。

3.测电阻 有两种方法，一种方法是利用上述测电流的电路，接上辅助电池，就象一般万用表的电阻测试档一样。另一种方法就是不用另外加辅助电池，测试原理线路见图 4。当 AC 间未接待测电阻 R_x 时， W_2 的滑动臂置于“ m ”位置上，小灯泡刚好被点亮；在 AC 间加上 R_x 后，电路里电流方向如图中箭头所示。由于 BG 的基极电流增加，小灯泡里的电流增大。我们改变电位器 W_2 的滑动臂位置，使 BO 间的电压减小，当减小的电压恰好等于因接上 R_x 在电阻 R 上产生的电压 (U_{AB}) 时，小灯泡中的电流恢复到原来刚好被点亮时的数值，此时

$$U_{AB} = IR = \frac{U_{CA}}{R_x} \cdot R \text{ (忽略 } I_b \text{)}, \text{ 而 } U_{AB} = U_{mn}$$

所以
$$R_x = \frac{U_{CA}}{U_{mn}} \cdot R \dots\dots\dots (3)$$

式中 U_{CA} 、 R 都是设计值。在图 1 所示的电路里，取 $V_{CA} = 0.25$ 伏， $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 = 20$ 千欧，因为 V_{mn} 的变化范围为 $0 \sim 0.5$ 伏，所以电阻的测量范围为 $\infty \sim 10$ 千欧，中值为 20 千欧。为使测量的最低阻值降到 0，在图 1 中串联了电阻 R_{11} ，此时中值降为 10 千欧 ($\times 100$ 档)。根据公式 (3)，算出各档转换电阻如图 1 所示。

4.测交流电压和交流电流 由于复合管放大器工作非线性区域时，对交流具有自整流作用，因此能直接用于测交流电压、交流电流。

5.测放大倍数 β 测试原理线路见图 5。当插上待测管时，