

(25)

晶体管, 图示仪, 示波器

实验室研究与探索

第2期

LABORATORY RESEARCH AND EXPLORATION

No. 2 1996

· 仪器设备管修用 ·

7P-83 简易晶体管特性图示仪

空军后勤学院 杨位顺 TN320.407

简易晶体管特性图示仪, 实际上是在普通示波器上。外加一个附加装置, 可使晶体管的特性曲线直接显示在示波器的荧光屏上, 并可用来测量晶体的各种参数和比较晶体的同类特性等。此外, 也可用来测量场效应管、晶体二极管、稳压二极管、隧道二极管、单结晶体管、可控硅以及集成电路等, 不用时又可将示波器取下。它既可显示单族、多族晶体管输出特性曲线, 最多可达 20 多族, 又可显示 $U_{CE}=0$ 或 $U_{CE} \neq 0$ 时的晶体管输入特性曲线, 还可作为阶梯波和锯齿波的信号源使用。由于该附加装置结构简单, 造价低廉, 安装使用方便, 特别适用于无专用晶体管特性图示仪的教学实验室和电子维修单位, 具有一定的推广价值。

1 附加装置的工作原理

由示波原理可知, 示波器荧光屏上可以显示函数 $Y=f(X)$ 的图像, 所以若把变化的晶体管 I_B 和 U_{BE} 或 I_C 和 U_{CE} 通过一定电路分别加到示波器的 Y 轴和 X 轴输入端, 即可在示波器的荧光屏上显示出晶体管输入或输出的特性曲线来。

假如要测 PNP 型晶体三极管的共发射极输出特性曲线 $I_C=f(U_{CE}) | I_B=\text{常数}$, 具体方框图如图 1 所示。

图中的 BG 是被测晶体三极管, 若在晶体管的集电极回路中, 接入一个集电极扫描电压(本装置中为锯齿波), 一个集电极取样电阻 R_c 和一个集电极功耗限制电阻 R_e , 同

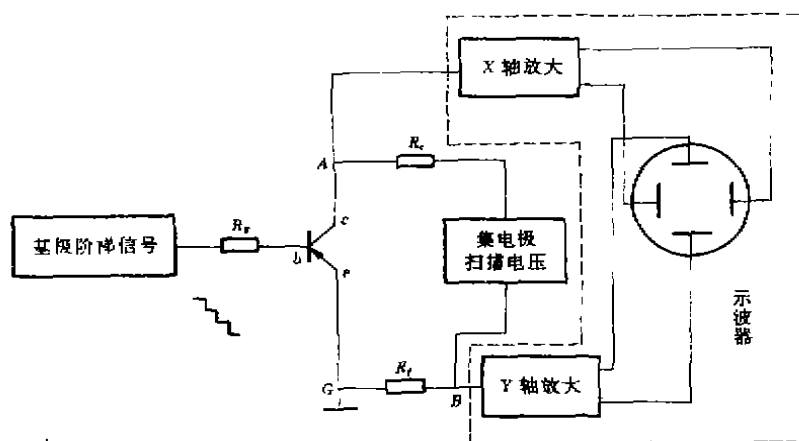


图 1 测定晶体三极管共发射极输出特性曲线的电路框图

收稿日期, 1995-06-29

时将晶体管的发射极接地,图中的扫描电路便可输出一个幅值一定的锯齿波扫描电压。由图1可见,加在示波器X轴输入上的电压是 U_{ce} ,也就是晶体管C、E极之间的电压 U_{ce} ;而在这个集电极回路中,因为 R_c 很小,因此 $U_{ce} \approx U_{AB}$,而加在示波器Y轴输入上的电压是 U_{bc} ,它和晶体管的集电极电流 I_c 成正比。这样,当 I_B 为某一给定值时,在示波器上将显示出晶体管集电极电流 I_c 随集电极电压 U_{ce} 变化的一条曲线(即晶体管的一条输出特性曲线)。在晶体管BG的基极和发射极回路中,加入基极的电流 I_B 是一个阶梯信号,阶梯波的每一阶梯代表一定的基极电流或电压,阶梯每跳一级, I_B 便增加一级,每一级阶跃的幅度称为这个阶梯波的级,这个级要根据不同的被测晶体管和需要进行相应的选择。如果每个阶梯的维持时间正好等于作用在集电极上的扫描电压周期,即两者的变化周期是同步的,如图2所示,则荧光屏上将显示一族稳定的晶体管输出特性曲线。

同样,要测晶体管的输入特性曲线,其方框图见图3所示。图中仍以测PNP型晶体三

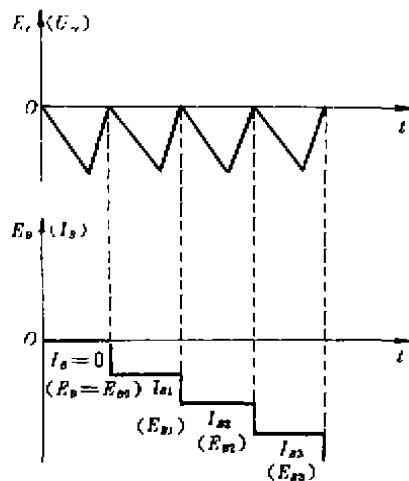


图2 阶梯的维持时间与集电极扫描电压周期同步示意图

极管的共发射极输入特性曲线($I_B = f(U_{BE})$, $U_{CE} = \text{常数}$)为例。这里 U_{BE} 是随时间周期变化的(该附加器中用的是阶梯信号),则 I_B 也将按其特性随之变化。BG是被测管,在BG的集电极回路中接入一个锯齿波扫描电压和集电极功耗限制电阻 R_c ,同时发射极接地。在BG的基极和发射极回路中,注入到基极的 I_B 是由一个阶梯波信号发生器供给的。由图3可知,加在示波器Y轴输入端的是代表基极电流 I_B 的电压,它由管子的特性决定,当 U_{CE} 为0或某一给定值时,则示波器将显示晶体管的基极电流 I_B 随基极电压 U_{BE} 变化的曲线(即输入特性曲线),由于此时输入的电压是不连续变化的阶梯波,故示波器显示的是由断续的点构成的不连续的曲线。

由上面分析可见,要想在普通示波器上测量晶体管的输入、输出特性曲线,必须要产生两种波形,即是周期性变化的锯齿波和周期性变化的阶梯波。我们是用一块555时基电路,一只晶体管和一只单结晶体管组成,详细电路见图4。它由锯齿波和阶梯波发生器、射极输出器、整流稳压电源及待测管电路等部分组成。555时基电路产生的锯齿波经过射极输出器由电位器 W_2 或 W_1 输出,作为待测管的集电极电源。由晶体管 BG_1 和单结晶体管BT组成的自举升压电路形成阶梯波,经耦合电路 C_3 、 R_{11} 注入到待测管的基极。如果示波器X轴输入端取得被测管C、E极间的锯齿波电压,Y轴输入端由取样电阻 R_{10} 上取得取样电压,在普通示波器荧光屏上即可显示出晶体管的输出特性曲线来。同理,也可显示出输入特性曲线。

2 具体电路说明

(1) 锯齿波发生器和阶梯波发生器。这部分电路的工作原理是这样的,555时基电路及其外围元件组成一个多谐振荡器。该电路能产生锯齿波和矩形脉冲,在这个多谐振荡器中 R_1 、 R_2 、 C_1 决定了振荡频率,其工作原理

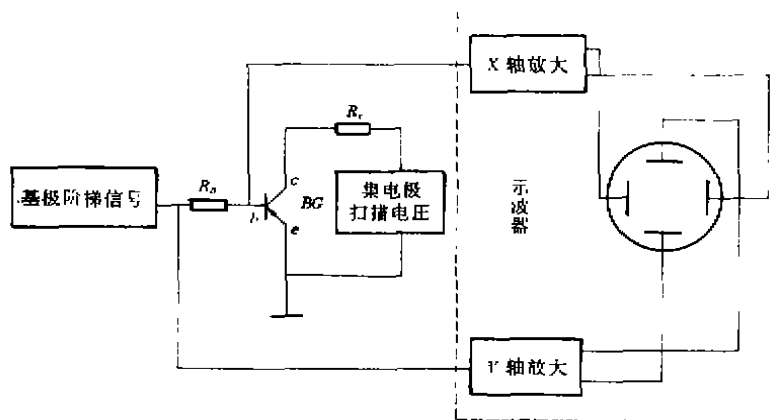


图3 测量晶体管输入特性曲线的电路框图

在很多地方均有介绍,这里不再重复。当多谐振荡器工作之后,便可在555时基集成块的②脚上得到锯齿波,其最大值为 $2E_c/3$,最小值为 $E_c/3$;而在③脚上得到矩形波。因为锯齿波和矩形波均由同一时基电路产生,故它们是同步的。它们的振荡周期或频率可以通过改变 R_4 、 C_5 而使之达到一定要求。因为锯齿波电压的幅度决定于电源 E_c ,故 E_c 越大越好,但由于受555时基集成块最高工作电压(16~18V)的限制, E_c 又不能太大。这里采用 $E_c=15V$,故锯齿波电压的最大值和最小值之差约为5V左右。晶体管 BG_1 和单结晶体管BT等用来产生基极阶梯波电压。当多谐振荡器工作之后,555集成块的③脚输出略低于电压2~3V的矩形脉冲信号,该矩形脉冲经 C_1 和 W_1 微分电路后,产生微分尖峰脉冲,直接加在 BG_1 的基极上,当微分尖峰脉冲的负向脉冲使 BG_1 (PNP)的基极电位低于发射极电位时, BG_1 饱和导通,电源 E_c 通过 R_2 和 BG_1 向电容 C_1 充电,当微分尖峰脉冲的正向脉冲使 BG_1 的基极电位高于发射极电位时, BG_1 截止,电容 C_1 停止充电,这时 C_1 因没有放电路径,电容 C_1 上的电量保持不变。又因为多谐振荡器不断输出矩形波,经微分电路后,正负向尖峰脉冲便间隔地加到 BG_1 的基极,使 BG_1 不断地饱和——截止

——饱和——……,故电容 C_1 上每充一次电就形成一个台阶。同时在 C_1 上发生电荷积累,直到电荷积累达到单结晶体管BT的尖峰脉冲时,单结晶体管BT导通,于是电容 C_1 通过BT管的 eb_1 迅速放电,使阶梯电压回到零完成一个周期(见图5所示),这样便在BT的E极上产生周期性的阶梯电压。由图可见,阶梯电压中每一个阶梯所占的时间恰好等于一个矩形波的周期,用这个阶梯波电压作被测晶体管的基极电流或电压,用锯齿波作被测管的集电极电源,便可在普通示波器的荧光屏上显示出晶体管的输出特性曲线。因为阶梯电压的最大值等于单结晶体管的峰点电压,这个峰点电压又是固定的,所以阶梯波电压的级数便决定于电容 C_1 上每一次充电时电压升高的数值。电压每次升高越大,阶梯波的级数越少,反之级数越多。调节 W_1 的大小便可改变充电电流的大小,因而 W_1 可作为阶梯波级数调节器,也就是输出特性曲线的族数调节器。

(2)射极输出器。多谐振荡器和被测管之间加了一级射极输出器,其目的—是为了利用射极输出器输入阻抗高、输出阻抗低的特点,减少被测管对锯齿波发生器的影响。二是为了使被测管的每一条特性曲线均从0开始,可以显示晶体管特性曲线的起始部分。由

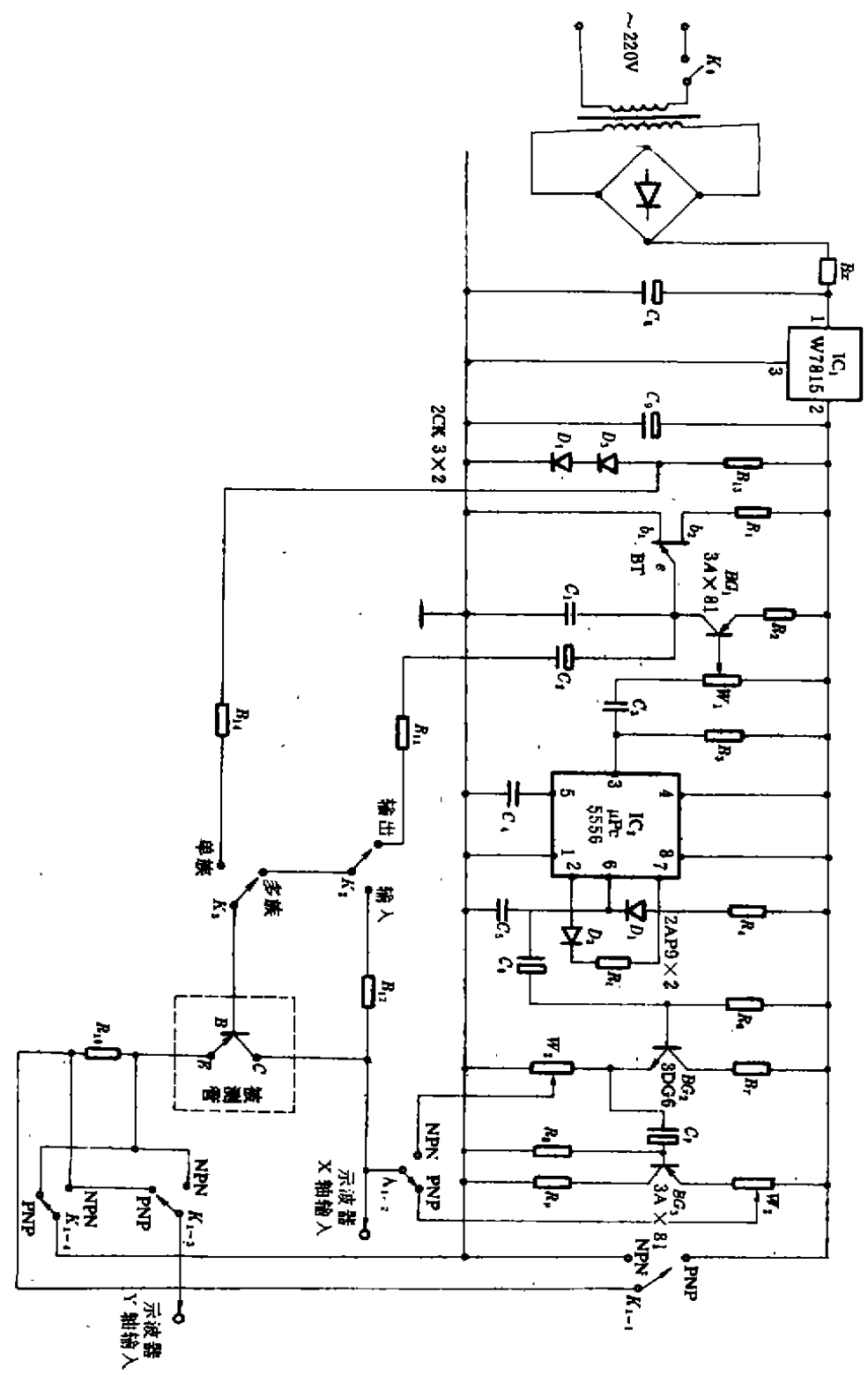


图 4 多频信号发生器

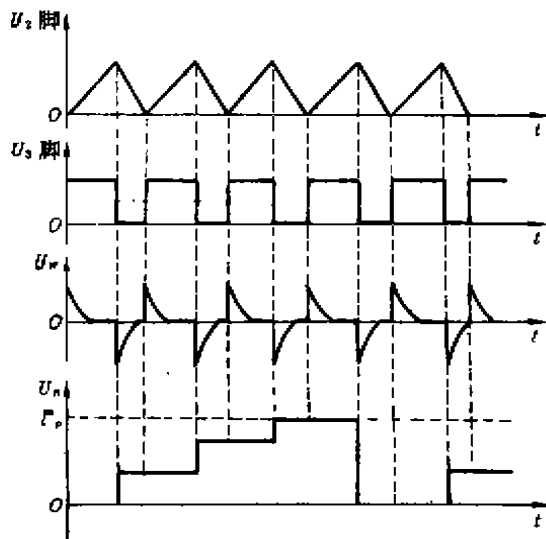


图5 阶梯电压与锯齿波周期的关系

于锯齿波电压的幅度不一定符合被测管 C 、 E 极之间的电压要求,加上不同的示波器放大倍数不一样,所以在这里用 W_2 和 W_3 进行调节。又因为被测管不论是 NPN 型还是 PNP 型,其集电极与发射极之间均需锯齿波电压,故这里用了两级射极输出器,以使锯齿波电压不论为那种类型的被测管均能接在集电极 C 上。

(3) 被测管电路。因为要测 NPN 型和 PNP 型两种类型的管子,还要测输出和输入特性曲线,所以要用转换开关来改变电压极性,输入、输出特性、单族和多族曲线等,这里用四刀两掷开关改变被测管各极电压极性,

同时也改变示波器所取电压的极性,以便使特性曲线始终显示在第一象限。为此, Y 轴所取电压对地应始终为正极性的,但 X 轴所取电压却因水平放大器的放大级数不同而不同。采用本附加器和一般示波器可能会因示波器型号不同而使曲线所在的象限不同。如用 SB-10 型示波器时,输出特性曲线出现在第一象限,若用其他型号的示波器,有时可能出现在第二象限,因此由右向左扫描时,只要把极性转换开关 K_{1-2} 接线互换即可,并从 BT 管至被测管基极间串一电容 C_2 和一较大电阻 R_{11} ,电容 C_2 经试验以 $4.7\mu\text{F}$ 左右为好,太大或太小均会影响图象质量。

(4) 直流电源电路

该附加器的电源电路由市电经降压、桥式整流、电容滤波后加一集成稳压器 W7815,使直流电源电压稳定在 15V 左右。

3 元件的选择

该图示仪由于使用的电源电压较高,所以晶体管 BG_1 、 BG_2 、 BG_3 应选用 BV_{CBO} 大于 20V 的, I_{CBO} 应尽量小, β 值应大于 30。这里 BG_1 、 BG_3 我们用 3AX81(或 3AX4), BG_2 用 3DG6,单结晶体管用 BT33(或 BT34), C_2 最好用无极性电容。 W_2 、 W_3 最好使用同轴双电位器,开关 K_1 用五刀双掷开关, K_2 用双刀双掷开关, K_3 用单刀双掷开关, K_4 用一般开关。

上海交通大学实验室系统概貌

现有各类实验室 85 个,其中国家重点实验室 4 个,高技术网点实验室 2 个,国家教委部门开放实验室 2 个,国家工程中心 1 个,市级科技中心 1 个,分别隶属国家、校、系。它们是实验教学基地,科研开发基地,社会服务基地,学科建设基地。

实验室系统的规模和能力,在国内位居前列。实验室用房面积 81000 余平方米,专职人员 770 余人,其中具有高级职称 120 人,中级职称 327 人,仪器设备 21,977 台件,固定资产 20,344.5 万元,其中 5 万元以上的大型较贵重的 536 台件(有 368 台件是进口的),价值 11464 万元,占总价值的 50% 以上。历年来,我校实验室的教学、科研、服务、建设等诸方面都有长足的进步。取得了可喜的成就,赢得了社会的高度评价。