



# 半导体演示实验

师 文

随着无产阶级教育革命的深入进行，在不断改革教材的基础上，中学物理增添了大量适应社会主义工农业发展需要的新内容，半导体基本知识就是其中一个重要的部分。这一部分教材的内容与生产实际有着密切的联系；一方面它是从生产实践中发展起来的，另一方面它又是紧密地为生产实践服务的，因此它成为我们培养有社会主义觉悟的有文化的劳动者所必须的内容。在这门课程中努力按照辩证唯物论的认识论培养学生分析问题和解决问题的能力，使学生学得生动、活泼、主动。

马克思主义认为实践是认识的源泉，是感性认识上升为理性认识的基础，是检验真理的标准。而在人类的活动中，生产实践是最基本的起着决定性作用的实践。因此半导体部分的教学首先要密切联系生产实际。通过学工、学农、参观等各种活动，让学生具体了解晶体管在工农业生产中的广泛应用，认识到课程的内容来源于生产实践，这样有助于在教学中破除以书本为中心的旧教学体系，在实践的基础上向理论学习，做到理论与实际的统一。

在整个教学过程中，充分发挥科学实验的作用，加强教学实验和演示实验，使学生从中获得感性认识，这是参加实践的又一个方面，它在学生认识客观规律时起着重要的作用。教学和演示实验能够把生产实际中比较复杂的问题在实验室的条件下突出其主要矛盾，使学生透过明显的现象更容易抓住事物的本质，特别是演示实验具有形象直观的特点，它能够把抽象的概念和理论化为形象具体的东西，使之成为学生认识事物和掌握规律的基础，充分调动学生的积极性和创造性。所以很好地运用演示实验，可以帮助我们改变教学中的注入式和“满堂灌”的状况，也是启发式教授方法的重要方面之一。

下面结合几个演示实验谈一些粗浅的看法。

## 一、光电自动控制

广大工农兵群众应用晶体管的电流放大作用进行技术革新，解决了许多生产实际问题，有的大大提高了劳动生产率，有的解放了劳动力，有的则加强了生产的安全保护。我们到工厂去会遇到各种生动的例子，因

此，可以从实际应用中选择具有代表性的事例，做成演示教具模拟出来，从具体的应用中抽出具有一般性的规律，使学生认识到工农兵正是拿了这些对客观事物的规律性的认识去能动地改造世界，从而为我们树立了榜样。我们的学习从一开始就要明确理论联系实际的方向。在这方面，半导体光电自动控制是比较典型的一个例子。塑料厂的工人师傅做成了断线自动停车装置，机械厂的工人师傅做成了冲床自动安全保护装置，等等。根据这些装置的原理可以做成图1所示的演示

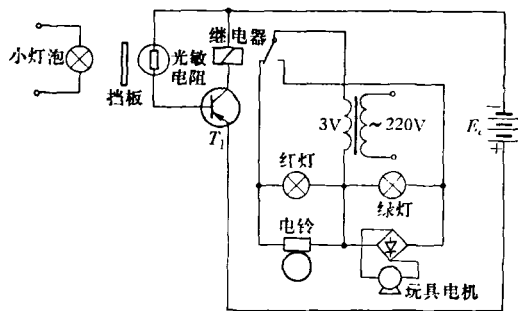


图 1

教具。用一个光敏电阻做为晶体管的偏流电阻，在晶体管的集电极接入一个继电器，继电器动作时，能够控制电机回路和电铃回路的通断。当光线未照到光敏电阻上时，光敏电阻的阻值很大，所以  $I_b$  很小， $I_c$  也就很小，继电器不动作，常闭接点将电机回路接通，保持电机转动，同时绿色指示灯明亮，表示机器正常工作。当光线由于某种原因，例如塑料线断了，因此遮光的档板移开，照到光敏电阻上时，光敏电阻的阻值就大大减小， $I_b$  增大， $I_c$  也随之增大，于是继电器动作，将常开接点接通，常闭接点打开，电机停止转动，红色指示灯亮了，而且电铃发出声音报警。实现了断线自动停车。

如果在学工中接触机械加工多，可以用这个教具模拟冲床的安全自动保护装置，将继电器回路中的电机和绿灯接到常开接点，电铃和红灯接到常闭接点，光敏电阻和照明灯泡装在冲床冲头的两侧。当冲头下方没有物体遮住光线时，光敏电阻受到光线照射，阻值很小，所以使继电器处在吸动状态，此时电机转动。当手进入冲头下方，因而遮住光线时，则光敏电阻阻值增加，使  $I_b$  减小，随之  $I_c$  也减小，继电器的磁铁失去吸

力,常闭接点闭合,电机停止转动,并且电铃发出声音报警。因此可以实现安全自动保护。这个教具因为模拟了生产的实际过程,很容易使学生认识到学习的内容与生产是有密切联系的。演示时,必须引导学生把注意力放在晶体管的作用上。为了说明通过光敏电阻的电流很小,不能直接带动继电器,可以把继电器直接接到光敏电阻和电源回路中,此时继电器并不动作,这样从反面证明必须有晶体管的电流放大作用才能实现光电自动控制。

制作这个教具时需要有一个光敏元件和一个灵敏继电器。一般的锗光电二极管,2DU系列的硅光电二极管,或者硫化镉光导管都可以使用。如果找不到光电管,也可以使用 $3A \times 81$ 型三极管的发射集或集电极,如图2所示,接在电路中,平时通过二极管的电流就是反向饱和电流,数值很小。去掉管子的铁壳,以光线照射此三极管的管芯时,将产生光电流。

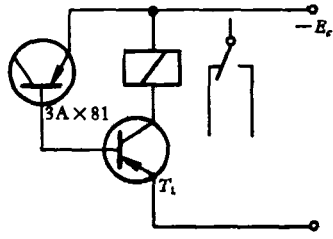


图 2

继电器是否灵敏直接影响演示的效果,在选用继电器时应尽量选用内阻小,动作电流小的,这样可以降低对晶体管和电源的要求。继电器的结构应该直观,接点的动作应能观察到。制作时,首先根据继电器线圈的电阻 $R$ 和动作电流 $I$ 确定电源电压 $E_c$ ,

$$E_c > IR + V_{ces}$$

其中 $V_{ces}$ 为晶体管的饱和压降,约为1伏。然后根据 $E_c$ 和 $I$ 选择晶体三极管,晶体管的集电极最大集电极电流 $I_{CM}$ 应大于 $I$ , $\beta V_{ces} > E_c$ 。最后,根据光敏电阻的光电流 $I_0$ 确定管子的 $\beta$ ,使 $\beta > \frac{I}{I_0}$ 。

若所需的 $\beta$ 太大,可选用两个管子,使得它们的 $\beta$ 值满足 $\beta_1 \cdot \beta_2 > \frac{I}{I_0}$ 。

通过这个演示实验,我们得到一些启发,从一个光电控制的具体例子中可以得到具有一般性的规律:利用晶体管的电流放大作用,只要把微弱的控制信号接到基极回路,把控制的对象接到集电极回路,就能实现弱信号对控制对象的控制作用。把这个规律应用到生产实践中去,可以解决各种具体问题。

## 二、关于晶体管的电流分配和放大作用

晶体管的原理和特性是这一部分教材的最基本内

容,只有真正掌握它,才能应用它去组成各种电子线路。由于晶体管的内部结构非常细微,不容易展示出来,对我们分析它的原理很不利。但是我们可以把它的外部特性演示出来,给学生形成深刻的印象。再从这些感性认识出发,提出问题,引导学生由表及里地去分析晶体管内部矛盾的规律性,完成对晶体管的理性的认识。

这个演示实验的内容着重在三极管的电流分配作用,和基极电流对集电极电流的控制作用。在图3所

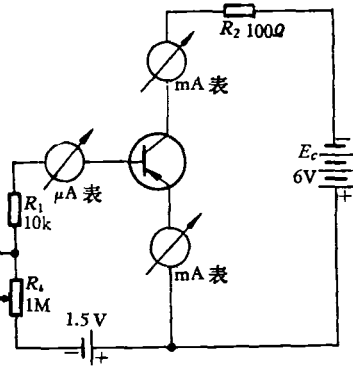


图 3

示的线路中,首先以三个相同的大型检流计指示三个电流值,适当调节 $R_b$ ,可以看到 $I_e$ 、 $I_c$ 都较大, $I_b$ 很小,几乎观察不到指针的偏转。然后换用 $\mu A$ 表测量 $I_b$ 的大小,可以得到 $I_b$ 的数值。在详细分析电源的极性和电流的方向之后,就能够得出 $I_e = I_c + I_b$ 的规律,而且很明显的是 $I_b$ 很小。再从三极管的结构来分析,就会发现一个奇怪的现象:基极比集电极更靠近发射极。但是为什么基极电流却远小于集电极电流呢?从这个问题出发,深入到晶体管内部去分析发射结处的扩散与漂移的矛盾以及基区的输运和复合的矛盾,找到产生这些现象的内因以后,再回到晶体管外部,分析电源的作用,联系到产生这些现象的外部条件。这样由外到内,再由内到外,分析矛盾解决矛盾,使认识一步步深入。

对于三个电流我们也不能同等看待,通过改变 $R_b$ 的数值,改变了 $I_b$ 的大小, $I_e$ 和 $I_c$ 都随着发生了变化。而且可以粗略地测量出 $\beta$ 值,因此演示出 $I_b$ 对 $I_c$ 的控制作用。对照三极管的两个PN结是否可以用两个二极管背靠背地串联起来代替三极管呢?显然,它不具备基区很薄这个条件,不会出现 $I_c \gg I_b$ 的现象。

实验要用到一个大型微安( $\mu A$ )表,目前大型检流计的灵敏度多为 $\pm 2$ 毫安,加装一个简单的放大器,象检流计的其他附件一样,装在接线柱上,就可以将mA表改装为 $\mu A$ 表。放大器的线路见图4。从图中可以看到两个晶体管的发射极电流反向流过检流计,如果两个管子的 $\beta$ 和 $I_{cs}$ 对称,而且通过调整 $R_1$ 和 $R_2$ 使

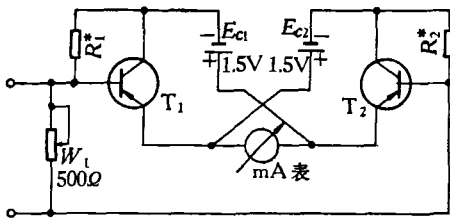


图 4

两个管子的静态集电极电流相等,则在放大器输入端无输入信号时,  $I_{c1}$  和  $I_{c2}$  对消,检流计无指示。测量  $I_b$  时, 让  $I_b$  流过  $W_1$ , 在  $W_1$  上产生上正下负的电压, 使  $T_1$  的基极电位升高,  $T_2$  的基极电位下降, 于是  $I_{c1}$  增加,  $I_{c2}$  下降, 检流计指针偏转。若电流方向相反, 检流计的指针将向相反方向偏转。很显然, 这样的微安表可以用来显示超低频的交流信号, 因此在做放大器的实验中还要用到。

这个放大器的调整工作很简单, 首先将电源  $E_{c1}$  断开, 调整  $R_2$  使  $I_{c2} = 2\text{mA}$ , 然后接通  $E_{c1}$ , 调整  $R_1$ , 使  $I_{c1} = I_{c2}$ , 检流计的指针回到零点即可使用。电位器  $W_1$  用来降低放大器的输入阻抗, 改变  $W_1$  的阻值可以改变改装以后的  $\mu\text{A}$  表的灵敏度。当选用  $\beta$  较高的管子时, 能够把检流计的灵敏度提高到  $20\mu\text{A}$  左右。

### 三、关于晶体管放大器

使用图 4 所示的大型微安表, 再做一个超低频振荡器就能够演示晶体管放大器的放大作用。一般大型检流计指针摆动的固有周期大约在 2 秒左右, 因此演示用的振荡器所产生的正弦波, 其周期也应在 2 秒左右。本文第五个问题所谈的半导体振荡器, 若将其放大器部分装在一块板上, 然后再把电路板固定在变压器上, 就可以做成半导体超低频振荡器。另外利用电抗管代替变压器也可做成超低频振荡器, 详细情况可参阅“无线电”杂志 1973 年第 3 期有关的文章。

在进行这一部分的教学时, 可以首先根据生产实际的需要提出如何放大交流弱信号的问题, 然后按照学生认识的规律, 利用已经学过的关于晶体管放大作用的原理, 启发学生仿照光电控制的方法组成放大电路。但是这样的电路能不能用呢? 我们以演示教具将信号加到基极上, 在集电极测量放大以后的信号。如图 5 所示, 只能得到失真的信号。从实验现象可以发现: 我们的设想并没有实现, 原因在哪里? 问题摆在面前, 促使学生去思考, 去寻找产生失真的原因和解决问题的办法。这里我们可以启发学生从晶体管的 PN 结上找原因, 并且以微安表检查  $I_b$  的变化, 就会发现产生失真的原因在于发射结具有单向导电性, 在交流信号的负半周发射结截止了,  $I_b$  等于零, 输入信号在发射结上产生了失真。原因找到了, 解决问题的办法也

就有了, 只要给晶体管建立一定的静态工作点, 使在交流信号还未输入到放大器时, 已经有一定的  $I_b$ , 交流信号的作用, 只是使  $I_b$  随着交流信号产生大小的变化, 相应地,  $I_c$  也产生大小的变化。失真的问题也就解决了。事实是不是这样呢? 进一步再用演示实验来检验。这样经过由实践到认识, 又由认识到实践的几次反复过程, 形成对放大器的静态工作点的正确认识。最后通过更换  $R_c$ , 测量放大信号的大小, 还可以分析放大器的放大倍数与那些因素有关。

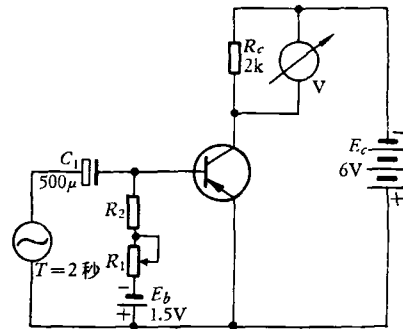


图 5

上述的演示实验若用示波器显示信号的波形, 会更直观一些。在没有示波器的情况下使用大型检流计, 将指针的摆动与信号波形联系起来, 同样可以收到很好的效果。具体操作需要注意, 在未设置静态工作点时, 只有信号电压的幅度超过发射结的死区电压才能产生  $I_b$ , 所以要用较大的信号电压才成。相反, 在建立了静态工作点以后, 要把信号电压减小。

### 四、关于稳定工作点的典型电路

由于晶体管的特性随着环境温度的变化而变化, 所以实际应用的晶体管设备会由于温度的变化造成性能变坏, 严重时甚至会完全丧失工作能力。温度的影响突出表现为晶体管静态工作点  $I_c$  的变化, 因此客观需要工作点稳定和晶体管实际的工作点不稳定构成一对矛盾。演示实验的任务首先要突出工作点的不稳定性以及它造成的恶果, 然后演示出在生产实际中经常用的使工作点稳定的典型电路确实是能够稳定工作点的, 与前者形成鲜明的对比。为了达到这个目的, 利用图 5 所示的线路将毫安表串入集电极回路, 把一个锗管装在塑料袋内, 用长线与线路接通, 并且调节  $R_b$ , 使  $I_c$  在  $1\text{mA}$  左右, 然后将塑料袋放入装满  $65^\circ\text{C}$  热水的暖水瓶中,  $I_c$  将迅速增大, 以致超出检流计量度的范围。为了加强演示效果也可以把超低频振荡器接到放大器的输入端, 观察由于  $I_c$  的增加造成了输出信号的饱和失真。图 6 所示的线路则用来演示工作点稳定的效果。为了保证  $I_c$  稳定, 根据这个电路稳定工作点的

道理可以将  $R_{b1}$  取得小一点, 将  $R_c$  取得大一点; 按图 6 中的数据试验的结果是, 即使将晶体管长时间泡在  $65^\circ$  的水中,  $I_c$  的变化也很小。

比较两个电路所以会有截然不同的效果, 原因在于稳定电路增加了  $R_{b1}$  和  $R_c$  两个电阻。由于

$R_{b1}$  和  $R_c$  使线路变了, 因而它内部矛盾的斗争起了变化, 才得到了稳定的结果。适当选取  $R_{b1}$  和  $R_{b2}$  的大小, 使得基极的电位固定下来,  $R_c$  的作用是当  $I_c$  随温度升高而增大时,  $R_c$  上的电位降增大, 于是发射极的电位更接近基极电位, 因而基极电流将自动减小, 从而使  $I_c$  下降。温度升高使  $I_c$  增大的作用与由  $I_c$  增加所导致的  $I_c$  下降的作用, 在新的条件下达到平衡, 所以  $I_c$  的变化较之简单电路中的变化小了, 我们说工作点稳定了。实际上在这个矛盾的运动过程中包含着稳定与不稳定、变与不变的辩证关系, 正是由于  $I_c$  的变化引起了  $I_b$  的变化, 而  $I_b$  的变化又反过来影响  $I_c$ , 抑制了  $I_c$  的变化。变化和不变是绝对的, 不变和稳定是相对的, 利用  $I_b$  的变化维持了  $I_c$  的相对不变。这一点同样可以在演示实验中明显地反映出来。将大型  $\mu A$  表接入基极回路。在常温下  $I_b$  有一定的数值, 给晶体管加热以后,  $I_c$  将只有微小的增加,  $I_b$  却明显地下降。从这里分析  $R_c$  的负反馈作用就容易理解了。

旧的矛盾解决了, 还会有新的矛盾。“矛盾不断出现, 又不断解决, 就是事物发展的辩证规律”。<sup>(1)</sup> 工作点稳定以后, 应该研究放大器的放大能力。从实验中可以看到放大器的放大倍数很低。分析其原因就会发现  $R_c$  所产生的负反馈抑制了  $I_c$  的变化, 不管是由于温度所产生的无用的变化还是由于输入信号所产生的有用的变化, 一概被抑制了。这个矛盾用已有的交流电路的知识就可以解决, 利用电容  $C_e$  并接在  $R_c$  上消除交流负反馈, 能够提高放大倍数。

最后还要把对稳定电路的认识进一步扩大, 培养学生独立分析问题的能力。在晶体管仪器设备的生产中, 由于晶体管的  $\beta$  值各不相同, 以致调整工作点的工作量很大, 影响生产效率的提高。采用工作点稳定的电路以后, 尽管  $\beta$  有一定的变化, 但工作点却大体相同, 所以大大节约了调整所用的时间。为什么会有这种效果呢? 让学生自己去分析, 并且在教具板上进行试验。

## 五、关于半导体振荡器

毛主席在矛盾论中指出“为要暴露事物发展过程中的矛盾在其总体上、在其相互联结上的特殊性, 就是说暴露事物发展过程的本质, 就必须暴露过程中矛盾各方面的特殊性, ……”<sup>(2)</sup> 教学过程中, 我们应遵照这一教导去分析每一个新内容的特殊矛盾, 达到对新事物本质的认识。同时还要批判唯心论的先验论, 彻底改变那种把书本知识当作现成的结论和不变的教条灌输给学生的状况。在这方面如何分析半导体振荡器就是一个例子。

半导体振荡器主要是由放大器和振荡回路按一定的方式联接起来组成的。它与放大器既有联系又有区别。作为一个放大器, 我们在它的输入端输入一个小信号, 在它的输出端就能得到一个较大的信号, 它具有以小控制大、以弱控制强的作用。但是正因为它是以小控制大, 所以必须有小信号才能有大信号, 若没有小信号单靠放大器并不能得到稳定的正弦信号。振荡回路中有电感和电容的作用, 当我们对电容充电以后, 让它通过电感放电, 在回路中能够得到衰减的振荡电流, 但是回路中所存在的损耗现象使得这个振荡电流越来越小, 直到最后完全消失。所以单靠振荡回路也不能产生稳定的正弦信号。两个都不能单独产生稳定的振荡的东西以一定的正反馈的方式联接起来构成振荡器以后, 发生了质的变化, 它能够产生我们所需要的正弦信号。为了说明振荡器内部矛盾的特殊性, 我们可以用图 7 所示的教具将振荡过程分为三个阶段, 具体分析各种矛盾的相互依存又相互斗争情况。

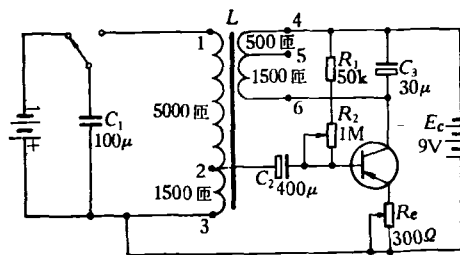


图 7

第一阶段研究振荡回路由衰减振荡变为增幅振荡的过程。首先断开  $C_2$ , 对  $C_1$  充电以后让  $C_1$  放电, 于是在回路中产生衰减振荡, 检流计的指针摆幅由大变小。这时接通  $C_2$ , 指针的摆幅将逐渐增大。振荡回路中原来每经过一个周期都要消耗一部分能量, 又由于电容在充电时得到的能量是有限的, 所以振荡电流的

1) 《毛主席的五篇哲学著作》人民出版社, (1970), 139.  
2) 《毛泽东选集》一卷本, 人民出版社, (1968), 286.

振幅越来越小。现在利用电容  $C_1$  和变压器把放大器与振荡器联接起来,情况完全变了,振荡电流的振幅越来越大。显然振荡回路所消耗的能量得到了补充。从变压器的抽头处取得一个小信号,经过放大以后,控制电源  $E_c$ 。通过变压器的耦合线圈向振荡回路补充能量。在能量的消耗和补充这一对矛盾的斗争中,补充占了优势取得支配地位,所以表现为振荡电流的增强。在这里放大器有足够的放大倍数和变压器的接法正确是保证  $I_c$  对振荡电流的加强作用的决定性条件。概括地说,由于满足了振荡的振幅条件和相位条件才发生了上述的过程,振荡器才有可能实现。

第二阶段研究振荡电流的振幅达到稳定的过程。振荡电流不断增强,经过一定的时间稳定下来,检流计的指针以一定的摆幅摆动,只要有电源供给能量,振荡就能一直继续下去。振幅的稳定说明能量的消耗与补充达到相对的平衡,它们在什么条件下实现了平衡呢?这又是由放大器和振荡回路各自的性质决定的。随着振幅的增大,放大器输出信号也相应地增大,它最终受到放大器动态范围的限制,产生饱和失真或截止失真。因此放大器输出的信号达到最大值便不能再增大,对振荡回路补充的能量达到最大值也就不能再增加了。在振荡回路中,随着振幅的增大,每一振荡周期内所消耗的能量也在增大,只有能量的补充和消耗在振幅达到某一数值时达到动态平衡,才会出现稳定的振荡。在这里放大器的非线性成为实现振幅稳定的条件。

第三阶段研究振荡器的起振过程。振荡器如图7所示。只要接通电源,检流计的指针就由小到大摆动起来,一直到建立起稳定的振荡电流。事实证明,并不需要事先对  $C_1$  充电,振荡器就能够自己产生振荡,原因在于电路内部存在着某些扰动,例如电源接通时产生的变化电流,晶体管集电极电流的不稳定等等,都会造成一个变化电压,这些微小的变化电压对  $C_1$  充电并经过正反馈放大逐步增强,因而振荡电流逐步增强,最后形成稳定的振荡。

进行以上演示实验关键的问题是要按图7的线路装成一个半导体振荡器。为了用大型检流计演示振荡电流,振荡的周期应与检流计指针摆动的固有周期相同,这个周期一般在2秒左右。因此LC振荡回路的周期应为2秒。为此需要绕制一个初级电感很大的变压器,并且选配一个损耗较小的电容组成振荡回路,变压器可采用图8所示的数据绕制,一般层间不需加绝缘层,线圈可以乱绕,在铁芯窗口允许的情况下尽量用粗一点的铜线,这样可以减小回路的损耗,振荡器就容易起振。电解电容一般反向漏电较大,可把两个电解电容负极与负极相接构成无极性电容使用。

按照线路按装完毕以后,首先断开  $C_1$ ,调整静态工作点,使  $I_c = 4\text{mA}$ ,然后接入  $C_1$ ,适当改变  $R_c$  的大小,调节放大器的放大倍数,即可产生振荡。如果振荡

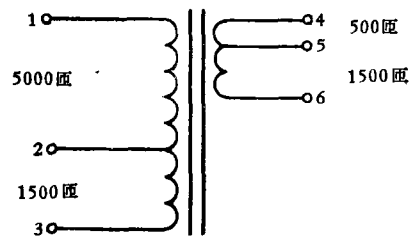


图 8

铁芯截面积： $4 \times 4\text{cm}^2$ ；漆包线直径：0.4mm；在1,2之间可适当抽头以备试验用；初级与次级绕线方向一致,1,4为始端。

器不起振,则应检查变压器的接头是否接错,或者晶体管是否  $\beta$  太小。另外还可能产生音频寄生振荡,它的现象是变压器有音频叫声,检流计的指针在零点附近以较高的频率振动。遇到这种情况时在变压器的回授线圈两端并接  $C_1$ ,破坏寄生振荡的正反馈,即可消除。

往往还会遇到这种情况,振荡电流经过几个周期以后振幅仍旧衰减为零,仅仅是振荡延续的时间较长而已。产生这种情况的原因在于能量的补充不足以抵消能量的消耗,所以解决的办法是加多正反馈线圈的圈数,或者换用  $\beta$  较大的管子。从做振荡器的角度来看,希望尽量避免出现这种情况,但是从这里我们却得到启发,利用它来解决在电磁振荡演示中所遇到的问题。

当我们用图7中的  $L_1C_1$  振荡回路演示电磁振荡现象时,由于振荡回路中的电感量不够大,而回路中的损耗电阻却相对比较大,所以当电容放电时形成的振荡电流只经过一个周期就衰减为零,检流计的指针摆两下就停下来,电磁振荡现象极不明显。利用上述的半导体振荡器,调节  $R_c$  使放大器对振荡回路补充的能量仍不足以抵消回路中的消耗,不能满足振荡的条件。但是当电容  $C_1$  放电时,由于放大器补充了能量,振荡电流可以延续几个或十几个周期才慢慢消失。这样一来,电磁振荡的性质,例如振荡周期与  $L、C$  的关系,阻尼振荡与回路中损耗电阻的关系等都可以明显地演示出来。当然,由于这时还未学到半导体振荡器,所以演示时应将放大器部分放在教具的背面,以免分散学生的注意力。

## 六、关于插件式教具板

在半导体部分的教学要进行大量的演示实验,各单元实验之间既有联系又有区别,因此,在制作教具板时,应该尽量做到一板多用,但是这样做出的教具板又可能由于线路过于复杂,影响演示的效果。目前很多同志创造了多种形式的教具板,很好地解决了这个矛盾。下面介绍一个插件式教具板供读者参考。

这个教具板以稳定工作点的电路为基本线路。在黑色底板上按照图 9 所示的位置打孔,并按装插孔,接

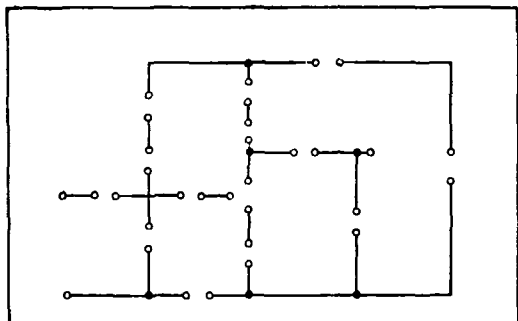


图 9

好导线。接线尽量在教具板正面联接,以便随时可以检查线路,而且也直观。把线路中所需的元件做成插件,每个插件用  $2 \times 4\text{cm}$  的木板或胶木板装上两个插头做成,电阻电容等元件焊在插头上。需要演示某一线路时,先用粉笔将线路画出,然后插入元件即可进行实验。改换线路也很简单,只要擦掉不需要的线条,画出新的线路,插入相应的元件,又可进行新的实验。因此它具有适应性强、效果直观、使用方便等优点。有条件的还可按同样的线路做成两级放大器。

插件与插孔的结构根据现有的条件可以采用香蕉插头与插座,或者采用图 10 所示的结构。用电源插头上的插棍做为插件的插头(这种插棍做为零配件,在电工器材商店出售)。插孔的做法是在教具板上打两个圆孔,两孔之间的距离与两插棍之间的距离相同。在两圆孔的两边用螺丝在教具板的正面和背面各固定一个焊片,当插件插入时利用背面的焊片与插棍紧密接触。正面的焊片则用来焊接导线组成实验线路。另外准备一些两端带插头的短导线,将需要短接的插孔

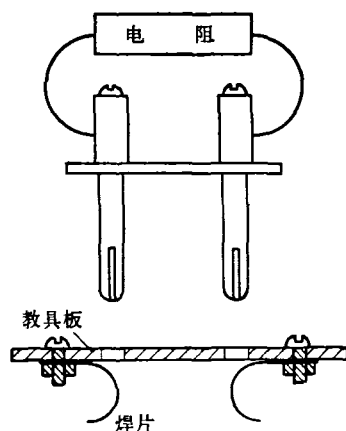


图 10

接起来。

以这个教具板为主体,再做几个附件,如 L、C 振荡回路等,与此教具板连接起来就可以进行振荡、调幅、检波等演示实验。

目前由于半导体工业的迅速发展,为我们创造了良好的物质条件,只要我们以毛主席的教育思想为指导就能创造出高质量的各种教具,为无产阶级教育革命做出贡献。

实践证明,在教学过程中演示实验应该成为帮助学生认识世界的一种重要手段,成为参加生产实践活动的重要补充。但是在旧的实验中由于我们的思想受到唯心论的先验论的影响,往往将实践与理论的关系本末倒置,向学生灌输形而上学的毒素。因此我们的任务首先在于开展思想领域的革命,努力改造世界观,用辩证唯物主义武装我们的头脑,只有这样才能在教育革命中正确运用演示实验,不断改革教学方法,完成培养无产阶级革命事业接班人的光荣任务。