



电子技术课程设计综述

1.1 课程设计的目的和要求

1.1.1 电子技术课程设计的目的

电子技术课程设计是建立在已学的模拟电子技术和数字电子技术课程的基础上,综合运用这两门课程所学的理论知识,进行一次实际的课题设计、安装和调试,其目的有以下几个方面。

(1) 通过对电子技术的综合运用,使学到的理论知识相互融会贯通,在认识上产生一个飞跃。

课程设计和平时作业题是有区别的,作业题是为了加深对课堂所讲知识的理解,它内容较窄、训练单一,且是经过抽象加工后给出的理想化的条件,因而有唯一答案,而课程设计是实际的电路装置,它涉及的知识面广,需要综合运用所学的知识,它一般没有固定的答案,需要从实际出发,通过调查研究,查寻资料、方案比较及设计、计算等环节,才能得到一个较理想的设计方案,更重要的是,它不光是停留在理论设计和书面答案上,而要做出符合设计要求的实际电路。

所以说,课程设计是一门知识综合应用、创新能力培养、工程实践训练、理论性和实践性很强的课程。

(2) 初步掌握一般电子电路设计的方法,使学生得到一些工程设计的初步训练,并为以后的毕业设计奠定良好基础。

(3) 培养学生的自学能力,独立分析问题、解决问题的能力。对设计中遇到的问题,通过独立思考,查找工具书、参考文献,寻求正确答案;对实验中碰到的问题,通过观察、分析、判断、修正、再实验、再分析等基本方法去解决。

(4) 通过课程设计这一教学环节,使学生树立严肃认真、严谨治学和实事求是的科学态度,树立工程观点、经济观点和全局观点。

1.1.2 课程设计的要求

(1) 要独立完成设计任务,通过课程设计,锻炼自己综合运用所学知识的能力,并初步



掌握电子技术设计的方法和步骤,而不是照抄照搬,寻找现成的设计方案。

(2) 熟悉电子线路设计软件 Multisim 和 Proteus(或者自行选择软件)的使用方法。

(3) 学会查阅资料和手册,学会选用各种电子元器件。

(4) 掌握常用的电子仪器仪表使用方法,如直流稳压电源、直流电压、电流表、信号源、示波器等。

(5) 学会掌握安装电子线路的基本技能和调试方法,善于在调试中发现问题和解决问题。

(6) 能够写出完整的课程设计总结报告。

1.1.3 课程设计工作内容

(1) 对电子电路的资料查询及相关领域的国内国外的发展情况的了解,可以通过图书馆、网络、书籍和期刊等途径。

(2) 学生分组(人数按课题的大小确定)选择课程设计项目,并确定项目实施方案。为培养学生从事科学研究的团队精神,每个课题小组,有合作但必须有分工,具体分工要在课程设计的报告中有所体现。

(3) 用计算机画出电路图并且进行计算机仿真实验,对具体电子电路进行详细的分析与研究,如果存在问题或者有需要提高的地方,要进一步改进。根据课题的需要,再把电路图对应的 PCB 电路板制作出来。这期间要安排时间去机房上机。

(4) 最后进实验室完成制作。制作工作和课程设计报告一般安排在期末考试结束后的两个星期内完成,总学时安排为 60 个学时。

1.1.4 课程设计报告撰写内容

(1) 封面:学院、专业、姓名、学号(班级和个人)、同组人员和完成时间都必须写出;

(2) 文献综述:电子电路相关领域的国内外的发展情况;

(3) 目录;

(4) 电子电路的原理叙述;

(5) 电子电路安装和调试的心得体会;

(6) 附录部分:线路图、印制电路板、元器件的材料清单等;

(7) 参考文献。

1.2 电子技术课程设计步骤与安排

1.2.1 电子技术课程设计的步骤

设计一个电子电路系统时,首先必须明确系统的设计任务,根据任务进行方案选择,然后对方案中的各部分进行单元的设计、参数计算和器件选择,最后将各部分连接在一起,画出一个符合设计要求的完整系统电路图。

1. 方案设计

1) 拟定系统方案框图

对系统的设计任务进行具体分析,充分了解系统的性能、指标内容及要求,以便明确系



统应完成的任务。把系统的任务分配给若干个单元电路,并画出一个能表示各单元功能的整机原理框图。画出系统框图中每框的名称、信号的流向、各框图间的接口。

2) 方案的分析和比较

所拟的方案可以有多种,因此要对这些方案进行分析和比较。比较方案的标准有三:一是技术指标的比较,哪一种方案完成的技术指标最完善;二是电路简易的比较,哪一种方案在完成技术指标的条件下,最简单、容易实现;三是经济指标的比较,在完成上述指标的情况下,选择价格低廉的方案。经过比较后确定一个最佳方案。

2. 单元电路的设计和器件选择

单元电路是整机的一部分,只有把各单元电路设计好才能提高整体设计水平。每个单元电路设计前都需明确本单元电路的任务,详细拟订出单元电路的性能指标,与前后级之间的关系,分析电路的组成形式。具体设计时,可以模仿成熟的先进电路,也可以进行创新或改进,但都必须保证性能要求。而且,不仅单元电路本身要设计合理,各单元电路间也要相互配合,注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

为保证单元电路达到功能指标要求,就需要用电子技术知识对参数进行计算。例如,放大电路中各阻值、放大倍数的计算;振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数的计算。只有很好地理解电路的工作原理,正确利用计算公式,计算的参数才能满足设计要求。

器件选择时需要注意以下几点。

阻容元件的选择:电阻和电容种类很多,正确选择电阻和电容是很重要的。不同的电路对电阻和电容性能要求也不同,有些电路对电容的漏电要求很严,还有些电路对电阻、电容的性能和容量要求很高。例如滤波电路中常用大容量铝电解电容,为滤掉高频通常还需并联小容量瓷片电容。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件,并注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

分立元件的选择:分立元件包括二极管、晶体三极管、场效应管、光电二(三)极管、晶闸管等。根据其用途分别进行选择。选择的器件种类不同,注意事项也不同。例如选择晶体三极管时,首先注意是选择 NPN 型还是 PNP 型管,是高频管还是低频管,是大功率还是小功率,并注意管子的参数是否满足电路设计指标的要求。

集成电路的选择:由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整机电路的功能,所以选用集成电路来设计单元电路和总体电路既方便又灵活,它不仅使系统体积缩小,而且性能可靠,便于调试及运用,在设计电路时颇受欢迎。集成电路有模拟集成电路和数字集成电路。国内外已生出大量集成电路,其器件的型号、原理、功能、特征可查阅有关手册。选择的集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案,而且要满足功耗、电压、速度、价格等多方面的要求。

3. 总体设计

(1) 把各个单元电路连接起来,注意各单元电路的接口、耦合等情况。画出完整的电气原理图。

(2) 列出所需用元件明细表。

以上步骤采用计算机设计和仿真,利用软件对所需设计的电路进行仿真和调试。



4. 安装和调试

安装与调试过程应按照先局部后整机的原则,根据信号的流向逐块调试,使各功能块都要达到各自技术指标的要求,然后把它们连接起来进行统调和系统测试。调试包括调整与测试两部分,调整主要是调节电路中可变元器件或更换器件,使之达到性能的改善。测试是采用电子仪器测量相关点的数据与波形,以便准确判断设计电路的性能。装配前必须对元器件进行性能参数测试。根据设计任务的不同,有时需进行印制电路板设计制作,并在印制电路板上进行装配调试。

5. 总结报告

课程设计总结报告,包括对课程设计中产生的各种图表和资料进行汇总,以及对设计过程的全面系统总结,把实践经验上升到理论的高度。总结报告中,通常应有以下内容:

- (1) 设计任务和技术指标;
- (2) 对各种设计方案的论证和电路工作原理的介绍;
- (3) 各单元电路的设计和文件参数的计算;
- (4) 电路原理图和接线图,并列出元件明细表;
- (5) 实际电路的性能指标测试结果,画出必要的表格和曲线;
- (6) 安装和调试过程中出现的各种问题、分析和解决办法;
- (7) 说明本设计的特点和存在的问题,提出改进设计的意见;
- (8) 本次课程设计的收获和体会。

1.2.2 课程设计安排

1. 布置任务

由教师给学生布置设计任务,提出具体要求,讲解课程设计的方法、思路。

2. 设计

学生根据设计要求,查找各种必要的资料,进行方案选择,并在计算机上用软件设计出各单元电路、整体电路、计算和选择元件参数,进行虚拟仿真、调试,最后打印出原理图和接线图,并将设计结果存盘,经过指导教师检验后,进行后续工作。

3. 安装调试

制作 PCB 板(或者采用万能电路板),购买元器件,在实验室将所设计的电路安装、调试。

4. 完成课程设计报告



模拟电子电路及系统设计

2.1 概述

2.1.1 典型模拟电子系统的组成

模拟电子系统又叫模拟电子装置,它是由一些基本功能的模拟电路单元组成的。通常人们所用到的扩音机、收录机、温度控制器、电子交流毫伏表、电子示波器等,都是一些典型的模拟电子装置。尽管它们各有不同的结构原理和应用功能,但就其结构部分而言,都是由一些基本功能的模拟电路单元有机组成的一个整体。

一般情况下,一个典型的模拟电子电路系统都是由图 2.1 所示的几个功能框图构成。

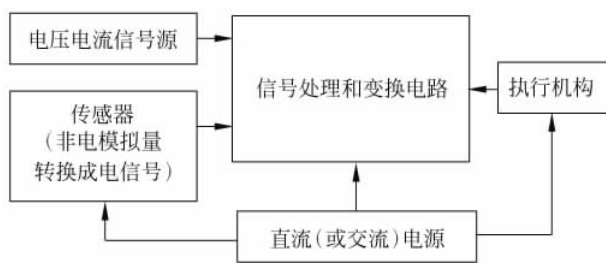


图 2.1 典型模拟电子系统组成框图

系统的输入部分一般有两种情况:一是非电模拟物理量(如温度、压力、位移、固体形变、流量等)通过传感器和检测电路变换成模拟电信号作为输入信号;二是直接由信号源(直流信号源或波形产生器作为交变电源)输入模拟电压或电流信号。

系统的中间部分大多是信号的放大、处理、传送和变换等模拟单元电路,使其输出满足驱动负载的要求。

系统的输出部分为执行机构(执行元件),通常称之为负载。它的主要功能是把输入符合要求的信号转换成其他形式的能量,以实现人们所期望的结果。比如扬声器发声、继电器、电动机动作、示波管显示等。

系统的供电部分主要是为各种电子单元电路提供直流电源,以及为信号处理电路提供



交流电源(信号源)。

由于系统的输入部分和输出部分涉及其他的学科内容,这部分的理论知识只要求“会用”即可,不作重点研究。我们的重点则放在信号的放大、传送、变换、处理等中间部分的设计。另外为保证系统中间部分正常工作,供电电源的设计也是我们要讨论的内容。

综上所述,模拟电子系统的设计,所包含的主要内容如下:

- (1) 模拟信号的检测、变换及放大电路;
- (2) 波形的产生、变换及驱动电路系统;
- (3) 模拟信号的运算及组合模拟运算系统;
- (4) 直流稳压电源系统;
- (5) 不同功率的可控整流和逆变系统等。

2.1.2 模拟电路设计的主要任务和基本方法

模拟电路知识告诉我们,任务复杂的电路,都是由简单的电路组合而成的,电信号的放大和变换也是由一些基本功能电路来完成的,所以要设计一个复杂的模拟电路可以分解成若干具有基本功能的电路,如放大器、振荡器、整流滤波稳压器,及各种波形变换器电路等,然后分别对这些单元电路进行设计,使一个复杂任务变成简单任务,利用我们学过的知识即可完成。

在各种基本功能电路中,放大器应用的最普遍,也是最基本的电路形式,所以掌握放大器的设计方法是模拟电路设计的基础。另外,由于单级放大器性能往往不能满足实际需要,因此在许多模拟系统中,采用多级放大电路。显然,多级放大电路是模拟电路中的关键部分,它又具有典型性,是课程设计经常要研究的内容。

随着生产、工艺水平的提高,线性集成电路和各种具有专用功能的新型元器件迅速发展起来,它给电路设计工作带来了很大的变革,许多电路系统已渐渐由线性集成块直接组装而成,因此,必须十分熟悉各种集成电路的性能和指标,注意新型器件的开发和利用,根据基本的公式和理论,以及工程实践经验,适当选取集成元件,经过联机调试,即可完成系统设计。

由于分立元件的电路目前还在大量使用,而且分立元件的设计方法比较容易为初学者所掌握,有助于学生熟悉各种电子器件,以及电子电路设计的基本程序和方法,学会布线、焊接、组装、调试电路基本技能。

为此,本章首先选择分立元件模拟电路的设计,帮助学生逐步掌握电路的设计方法,然后重点介绍集成运算放大器应用电路和集成稳压电源的设计。

2.2 放大电路的分析与设计

2.2.1 单级放大电路的设计

从已学过的模拟电子技术可知,单级放大电路的基本要求是:放大倍数要足够大,通频带要足够宽,波形失真要足够小,电路温度稳定性要好,所以设计电路时,主要以上述指标为依据。

例如,设计一个单管共射电压放大电路,要求如下:



(1) 信号源频率 5kHz(峰值 10mV), 输入电阻大于 $2\text{k}\Omega$, 输出电阻小于 $3\text{k}\Omega$, 电压增益大于 20, 上限截止频率 f_H 大于 500kHz, 下限截止频率 f_L 小于 30Hz, 电路稳定好。

(2) 调节电路静态工作点(调节偏置电阻), 使电路输出信号幅度最大且不失真, 在此状态下测试:

- ① 电路静态工作点值;
- ② 电路的输入电阻、输出电阻和电压增益;
- ③ 电路的频率响应曲线和 F_L 、 F_H 值。

(3) 调节电路静态工作点(调节偏置电阻), 观察电路出现饱和失真和截止失真的输出信号波形。

下面介绍单管共射电压放大电路的设计步骤。

1. 电路设计与参数计算

考虑到电压增益要求, 并可获得稳定的静态工作点, 所以采用共射级分压式偏置电路, 如图 2.2 所示。基极偏置电路由滑动变阻器 R_p 和 R_{B1} 、 R_{B2} 组成分压电路, 发射极接有电阻 R_E , 由于在直流通路中, 具有直流电流负反馈作用, 所以能够稳定放大器的静态工作点。为了不影响电压放大倍数, 在 R_E 两端加一个旁路电容 C_3 。集电极接电阻 R_C 可以将变化的电流转化为变化的电压, 经耦合电容 C_2 , 输出到负载端。当在放大器的输入端加入输入信号后, 经过输入端的耦合电容 C_1 , 信号进入到放大电路的输入端, 最终在放大器的输出端便可得到一个与输入信号相位相反、幅值被放大的输出信号, 从而实现了电压放大。输出信号是否满足设计要求, 关键在于电路参数的计算。

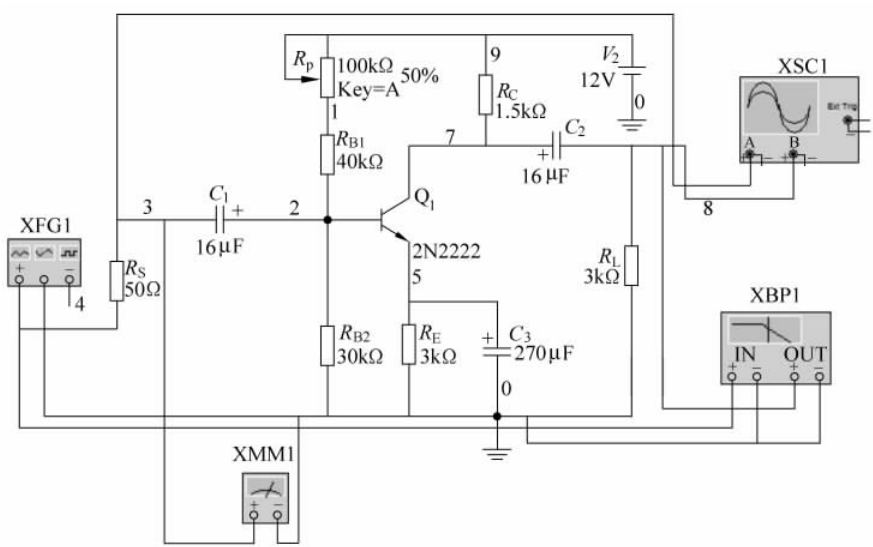


图 2.2 单管分压式偏置放大电路

分压式偏置电路之所以能够稳定静态工作点, 是由于发射极电阻 R_E 的直流负反馈作用。由于基极电流 I_{BQ} 非常小, 基极的电位完全由基极偏置电阻决定, 当温度变化时, 基极电位 U_{BQ} 基本保持不变。当温度变化时, 其余电极的电位作相应变化, 即反馈控制如下:



$$T(^{\circ}\text{C}) \uparrow \rightarrow I_{\text{C}} \uparrow (I_{\text{E}} \uparrow) \rightarrow U_{\text{E}} \uparrow (\text{因为 } U_{\text{BQ}} \text{ 基本不变}) \rightarrow U_{\text{BE}} \downarrow \rightarrow I_{\text{B}} \downarrow$$

$$I_{\text{C}} \downarrow$$

图 2.2 中 XFG1 为信号发生器, XMM1 用来测量输入电压; XBP1 用来测量电路波特图; XSC1 为示波器, 用来观察其输出波形情况; 图中滑动变阻器用来调试电路最佳静态工作点。本电路采用三极管为理想 NPN 管, 其输入电阻 $R_{\text{bb}'} \approx 300\Omega$, 将其 β 参数设为 $\beta \approx 100$ 。该放大电路的直流通路如图 2.3 所示, 图中其他参数的确定如下:

$$R_{\text{E}} = \frac{V_{\text{BQ}} - V_{\text{BE}}}{I_{\text{CQ}}} \approx \frac{V_{\text{EQ}}}{I_{\text{CQ}}}$$

$$R_{\text{B2}} = \frac{V_{\text{BQ}}}{I_{\text{R}_{\text{B2}}}} = \frac{V_{\text{BQ}}}{(5 \sim 10) I_{\text{CQ}}} \beta$$

$$R_{\text{B1}} \approx \frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{BQ}}}{V_{\text{BQ}}} R_{\text{B2}}$$

$$R_{\text{C}} = R_{\text{O}}$$

要求 $R_{\text{i}} > 2\text{k}\Omega$, 而 $R_{\text{i}} \approx r_{\text{be}} \approx 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_{\text{CQ}}\text{mA}} > 2\text{k}\Omega$, 所以

$$(1 + \beta) \frac{26}{I_{\text{CQ}}} > 1700$$

由于 β 值一般大于 A_{v} 值, 故选 $\beta = 100$, 所以

$$\frac{26}{I_{\text{CQ}}} > \frac{1700}{101}$$

$$I_{\text{CQ}} < 1.529\text{mA}$$

为了计算方便, 取 $I_{\text{CQ}} = 1\text{mA}$ 。 R_{E} 越大, 直流电流负反馈越强, 电路的稳定性越好, 所以若取

$$V_{\text{BQ}} = 5\text{V}, \quad V_{\text{BEQ}} = 0.7$$

即有

$$R_{\text{E}} \approx \frac{V_{\text{BQ}} - V_{\text{BE}}}{I_{\text{CQ}}} = \frac{3 - 0.7}{0.7} = 3.286(\text{k}\Omega)$$

所以取标称值 $R_{\text{E}} = 3\text{k}\Omega$ 。

静态工作点稳定的必要条件是 $I_{\text{B2}} \gg I_{\text{BQ}}, V_{\text{BQ}} \gg V_{\text{BE}}$, 一般取 $I_{\text{B2}} = k I_{\text{BQ}}, k = (2 \sim 10)$ (硅管)。因为 $I_{\text{BQ}} = \frac{I_{\text{CQ}}}{\beta}, I_{\text{R}_{\text{B2}}} = k I_{\text{BQ}}$, 令 $R'_{\text{B1}} = R_{\text{B1}} + R_{\text{p}}$, 所以 $R_{\text{B2}} = \frac{V_{\text{BQ}}}{I_{\text{R}_{\text{B2}}}} = \frac{V_{\text{BQ}}}{5 I_{\text{CQ}}} \beta = \frac{5}{5 \times 1 \times 10^{-3}} \times 100 = 100\text{k}\Omega$ (这里 $k = 5$)。

由于 I_{BQ} 很小, 可近似认为断路, 所以

$$R'_{\text{B1}} = \frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{BQ}}}{V_{\text{BQ}}} R_{\text{B2}} = \frac{12 - 5}{5} \times 100 = 140(\text{k}\Omega)$$

令此时 $R_{\text{B1}} = 90\Omega, R_{\text{p}} = 50\Omega$, 因为 $I_{\text{CQ}} = 1\text{mA}$, 所以

$$r_{\text{be}} = 300 + (1 + \beta) \frac{26}{I_{\text{CQ}}} = 300 + 101 \frac{26}{1} = 2926(\Omega)$$

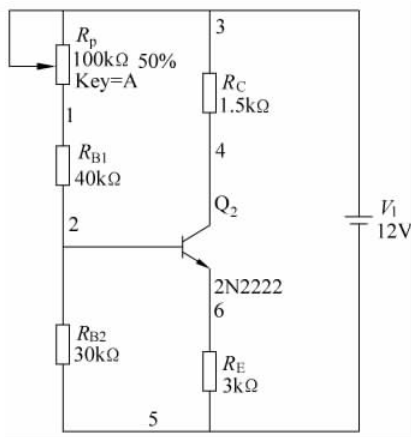


图 2.3 直流通路



要求 $A_v > 20$, $R'_L = R_c // R_L$, 则

$$A_v = \frac{\beta R'_L}{r_{be}} > 20 \Rightarrow \frac{49 R'_L}{2926} > 20 \Rightarrow R'_L > 585.2 \Omega \approx 0.585 \text{ k}\Omega, R_L = 2 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_c > \frac{R'_L R_L}{R_L - R'_L} = \frac{0.585 \times 2}{2 - 0.585} = 0.827 (\text{k}\Omega)$$

又由于 $R_o = R_c$, 要求 $R_o < 3 \text{ k}\Omega$, 所以取标称值 $R_c = 1.5 \text{ k}\Omega$ 。

上限频率 f_H 主要受晶体管结电容及电路分布电容的影响, 下限频率 f_L 主要受耦合电容 C_1 、 C_2 及射极旁路电容 C_3 的影响。如果放大器下限频率 f_L 已知, 可按下列表达式估算电路电容 C_1 、 C_2 和 C_3 :

$$C_1 \geq (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi f_L (R_s + r_{be})}$$

$$C_2 \geq (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi f_L (R_c + R_L)}$$

$$C_3 \geq (1 \sim 3) \frac{1}{2\pi f_L \left(R_E // \frac{R_s + r_{be}}{1 + \beta} \right)}$$

通常取 $C_1 = C_2$, R_s 为信号源内阻, 一般为 50Ω 。

$$C_1 \geq (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi f_L (R_s + r_{be})} = (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi \times 30 (50 + 2926)} = 5.35 \sim 17.836 \mu\text{F}$$

$$C_3 \geq (1 \sim 3) \frac{1}{2\pi f_L \left(R_E // \frac{R_s + r_{be}}{1 + \beta} \right)} = (1 \sim 3) \frac{1}{2\pi \times 30 \left(4300 // \frac{50 + 2926}{101} \right)} = 89.08 \sim 267.24 \mu\text{F}$$

取 $C_1 = 18 \mu\text{F}$, $C_2 = 270 \mu\text{F}$ 。

2. 电路仿真及其特性分析

1) 设置函数信号发生器

双击函数信号发生器图标, 出现如图 2.4 所示的面板图, 改动面板上的相关设置, 可改变输出电压信号的波形类型、大小、占空比或偏置电压等。

波形: 选择输出信号的波形类型, 有正弦波、三角波和方波等 3 种周期信号供选择。本题选择正弦波。

频率: 设置所要产生信号的频率, 按照设计要求选择 5 kHz 。

占空比: 设置所要产生信号的占空比。设定范围为 $1\% \sim 99\%$ 。

振幅: 设置所要产生信号的最大值(电压), 本题选择 10 mV 。



图 2.4 函数信号发生器设置

2) 设置电位器, 即滑动变阻器

双击电位器 R_p , 出现如图 2.5 所示的参数设置框。

关键点: 调整电位器大小所按键盘。增量: 设置电位器按百分比增加或减少。

调节图 2.5 中的电位器 R_p 来确定静态工作点。电位器 R_p 旁标注的文字“Key=A”表明按动键盘上 A 键, 电位器的阻值按 5% 的速度增加; 若要减少, 按动 $\text{Shift} + \text{A}$ 键, 阻值将



以 5% 的速度减少。电位器变动的数值大小直接以百分比的形式显示在一旁。



图 2.5 电位器参数设置

3) 直流静态工作点分析

调节图 2.3 所示电路中的滑动变阻器,改变滑动变阻器接入电路中的有效值,边调节边观察电路中电压表的读数,当接入值为总值大小的 34% 时,电压表读数最大,即这时电路的放大倍数最大,经过示波器观察也可发现此时电路并未出现失真。这时电路的静态工作点可由软件分析得出,结果如图 2.6 所示。



图 2.6 直流静态工作点分析

通过软件分析记录晶体三极管各电极电位、电压及 R_p 阻值如表 2.1 所示。

表 2.1 直流工作点分析

仿真数据/V			计算数据		
基级	集电极	发射级	V_{BE}/V	V_{CE}/V	R_p/Ω
2.899 52	10.862 72	2.287 96	0.611 56	8.574 76	50