

现代检测技术与质量工程实验丛书

光电检测技术 实验指导

河北大学现代检测技术与质量工程实验中心 编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

现代检测技术与质量工程实验丛书

光电检测技术 实验指导

河北大学现代检测技术与质量工程实验中心 编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

光电检测技术实验指导/河北大学现代检测技术与质量工程实验中心编. —北京: 中国计量出版社, 2009. 9

(现代检测技术与质量工程实验丛书)

ISBN 978-7-5026-3105-5

I. 光… II. 河… III. 光电检测—实验 IV. TP274-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 123684 号

内 容 提 要

本书主要内容包括光辐射检测方法、激光技术应用和光电转换器件性能与应用, 以及光电检测仪器在长度计量和力学计量中的应用等, 全面系统地讲述了光电检测技术领域的常用实验原理、实验仪器与实验条件、实验过程(步骤)及注意事项等内容。本书取材新颖, 内容丰富, 可供光电检测专业的学生及相关从业人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市媛明印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 6 字数 136 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 13.00 元

前 言

河北大学现代检测技术与质量工程实验中心(以下简称“中心”)成立于2000年,前身为计量测试技术实验中心。中心成立以来,紧紧围绕质量技术监督行业特色,确立了“瞄准检测,面向应用,夯实基础,彰显特色”的实验教学理念,形成了以检测为核心,以质量、计量、标准为主线,涉及热工检测、光电检测、特种设备检测、食品质量安全检验及化工产品质量检验等领域的实验课程体系。

中心利用优质实验教学资源,根据多年的实验教学经验,通过整合测控技术与仪器、安全工程、产品质量工程、机械设计制造及其自动化、电子信息工程、理化测试与产品质量检技术等8个专业、103门课程的实验教学和毕业设计内容,结合工程实际应用,整理编写成“现代检测技术与质量工程实验丛书”,包括《检测技术基础实验指导》《热工检测技术实验指导》《电磁检测技术实验指导》《光电检测技术实验指导》《特种设备检测技术实验指导》《食品质量检验技术实验指导》《化工产品质量检验技术实验指导》等。

本系列丛书的编写力求从实际应用出发,强化理论联系实际,各章内容相对独立,可供不同层次、不同专业的人员和相关专业技术人员参考。

《光电检测技术实验指导》主要介绍了光辐射检测方法、激光技术应用和光电转换器件性能与应用,以及光电检测仪器在长度计量和力学计量中的应用等,内容包括:

光电检测技术实验 I, II 主要介绍光电器件的各种技术性能、参数检测方法及在各方面的应用。

光电检测技术实验 III 主要介绍激光技术的应用检测。

光电检测技术实验 IV 主要介绍光电检测仪器在长度计量中的应用检测。

光电检测技术实验 V 主要介绍光电检测仪器在力学计量中的应用检测。

参加编写人员:

谢双维(实验I);孙业岐(实验II);苏红新(实验III);田晓(实验IV);曹锁胜(实验V)。

全书由张万岭教授、宋占表副教授统稿,任建立老师协助统稿、整理及补充。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2009年6月

目 录

光电检测技术实验 I

- 实验 1.1 光敏电阻的光电特性实验…………… (1)
- 实验 1.2 硅光电池的光电特性实验…………… (3)
- 实验 1.3 红外光电接近开关实验…………… (5)
- 实验 1.4 光敏电阻暗光街灯实验…………… (7)
- 实验 1.5 硅光电池转速测定实验…………… (9)

光电检测技术实验 II

- 实验 2.1 光电二极管用低噪声放大器实验…………… (11)
- 实验 2.2 利用信号检波设计光电报警系统实验…………… (14)

光电检测技术实验 III

- 实验 3.1 外腔式 He - Ne 激光器的调整与测试实验…………… (17)
- 实验 3.2 半导体激光器输出特性检测实验…………… (19)
- 实验 3.3 光纤无源器件工作特性检测实验…………… (23)
- 实验 3.4 线阵 CCD 驱动器实验…………… (27)

光电检测技术实验 IV

- 实验 4.1 量块的使用和检定…………… (32)
- 实验 4.2 用立式光学比较仪测量外径…………… (37)
- 实验 4.3 大工具显微镜长度尺寸的测量…………… (41)
- 实验 4.4 工具显微镜光学灵敏杠杆法测量内孔直径…………… (44)
- 实验 4.5 用大工具显微镜测量角度或锥度…………… (48)
- 实验 4.6 用水平仪节距法检测平尺的直线度…………… (50)
- 实验 4.7 齿轮齿圈径向跳动测量…………… (54)
- 实验 4.8 光切法测量表面粗糙度 R_a …………… (57)
- 实验 4.9 用工具显微镜检验外螺纹的中径、螺距、牙形半角…………… (61)

光电检测技术实验 V

- 实验 5.1 机械天平检定砝码…………… (67)
- 实验 5.2 微分标尺天平的检定…………… (72)
- 实验 5.3 普通标尺天平的检定…………… (78)
- 实验 5.4 电子天平的检定…………… (82)
- 实验 5.5 电子天平检定砝码…………… (87)
- 实验 5.6 电子秤的检定…………… (89)

光电检测技术实验 I

实验 1.1 光敏电阻的光电特性实验

相关知识 光敏电阻是利用内光电效应制成的器件，光照射在光敏面上时被光电导材料吸收，使其电阻减小，电导增加。光敏电阻一般应用在控制电路中，在光信号的作用下使电路输出发生变化。

一、实验目的

- (1) 了解光敏电阻光电特性，即供电电压一定时，电流与照度的关系。
- (2) 通过实验了解在光的照度变化时光敏电阻输出的变化。
- (3) 通过实验加强对原理的理解，即光敏电阻的阻值随光照变化情况。

二、实验原理

光敏电阻是一种当光照射到材料表面上被吸收后，在其中激发载流子，使材料导电性能发生变化的内光电效应器件。如图 1.1—1 是光敏电阻的结构和符号，光敏电阻由一块涂面在绝缘基底上的光电导体薄膜和两个电极构成，当加上一定电压后，光生载流子在电场的作用下沿一定方向运动，在电路中产生电流，以达到光电转换的目的。



图 1.1—1 光敏电阻结构和符号

三、实验仪器设备与实验条件

(1) 仪器设备：直流稳压电源；光敏电阻；光敏电阻实验模块；各种连接导线和实验仪表台。

(2) 实验条件：直流稳压电源打到正负 10V，光敏电阻探头用专用导线一端联结后，插入照度表实验架上的传感器安装孔，导线另一端插入光敏电阻实验模块“光敏电阻 Ti”插口。

四、实验步骤及注意事项

- (1) 了解光敏电阻的光电特性实验原理（见图 1.1—2）。
- (2) 按图 1.1—3 连接电路。

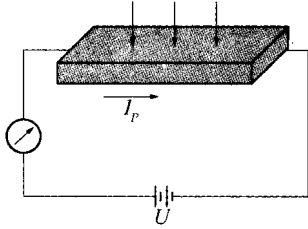


图 1.1—2 光敏电阻的光电特性实验原理图

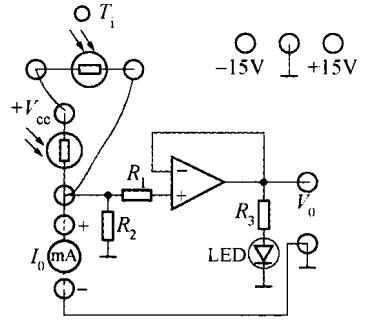


图 1.1—3 实验电路连接图

- (3) 检查接线是否正确。
- (4) 关闭光强开关，记下电流表的读数（暗电流）和照度表的读数，并将数据填入表 1.1—1。

表 1.1—1 光强与电流

照度/lx	0	200	400	600	800	1000
电流/mA						

- (5) 开启光强开关，调节光强为 200lx, 400lx, 600lx, 800lx, 1000lx 时，分别记下电流表读数，并填入同样表格。

五、实验数据处理

根据所得的结果作出照度 - 电流曲线，理想曲线如图 1.1—4 所示。

六、实验报告要求

- (1) 通过实验结论可观察到：随照度的增加，电流表电流在增大，说明随光照的加强，光敏电阻阻值变小，表明了光敏电阻的光电特性。
- (2) 通过实验过程可以观察到，光敏电阻在全暗情况下和光照达到最大值时，电流表的最大和最小输出变化范围。

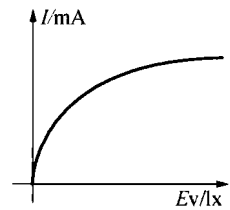


图 1.1—4 照度与电流的关系曲线

思考题

1. 说明光敏电阻的光电特性。
2. 实验中实验电路图连接线如何准确连接？
3. 实验中照度调整如何把握？

实验 1.2 硅光电池的光电特性实验

相关知识 硅光电池是利用外光电效应制成的器件，可以把光能转换成电能，利用其进行光电检测，或利用其光电转换原理把光能转换成电能对外供电，即作为电源使用，本实验主要是得到光照与输出的关系。

一、实验目的

- (1) 了解硅光电池的光电特性，即短路电流及开路电压与照度的关系。
- (2) 通过实验进一步了解把光能转换成电能的原理。

二、基本原理

(1) 硅光电池是一个大面积的光电二极管，它可把入射到它表面的光的能量转化为电能。如图 1.2—1，当有光照时，入射光子将把处于价带中的束缚电子激发到导带，激发出的电子空穴在内电场作用下分别漂移到 N 型区和 P 型区，当在 PN 结两端加负载时，会有一光生电流流过负载。

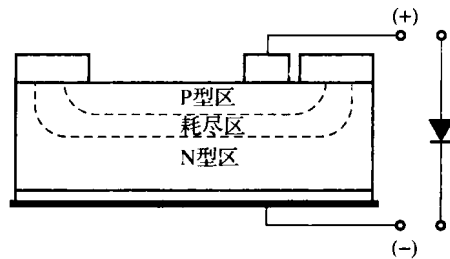


图 1.2—1 光电池结构示意图

(2) 硅光电池在原理结构上类似于光电二极管，其区别在于，硅光电池所用衬底材料的电阻率低，约为 $0.01 \sim 0.1 \Omega\text{cm}$ ，而硅光电二极管衬底材料的电阻率约为 $1000 \Omega\text{cm}$ ，光敏面从 0.1cm^2 到 10cm^2 不等，光敏面积大则接受辐射能量多，输出光电流大。

三、实验仪器设备及实验条件

(1) 仪器设备：直流稳压电源；硅光电池；硅光电池实验模块；各种连接导线和实验仪表台。

(2) 实验条件：将光电池用专用导线连接后，插入照度架上传感器的安装孔，导线另一端接光电池实验模块上“光电池 T_1 ”插口。

四、实验步骤及注意事项

1. 短路电流实验

(1) 光电池实验模块按图 1.2—2 连接。

(2) 开启电源，分别调节光强为 $0, 250\text{lx}, 500\text{lx}, 750\text{lx}, 1000\text{lx}, 1250\text{lx}$ ，记下电流表的读数（暗电流），并将数据填入表 1.2—1。

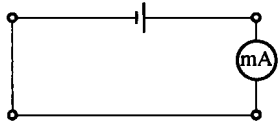


图 1.2—2 光电池实验模块电路连接图

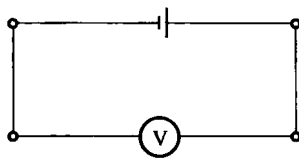


图 1.2—3 开路电压实验电路连接图

表 1.2—1 光强与输出电流记录表

照度/lx	0	250	500	750	1000	1250
电流/mA						

2. 开路电压实验

- (1) 按照图 1.2—3 接线。
- (2) 开启光强开关，分别调节光强为 0, 50lx, 100lx, 150lx, 200lx, 250lx, 500lx, 750lx, 1000lx, 1250lx，记下电压表的读数，并将数据填入表 1.2—2。

表 1.2—2 照度与电压记录表

照度/lx	0	50	100	150	200	250	500	750	1000	1250
电压/V										

- (3) 关闭光强开关，作出照度 - 开路电压曲线。

五、实验数据处理

- (1) 根据表 1.2—1 作出照度 - 短路电流曲线，理想曲线如图 1.2—4 所示。
- (2) 根据表 1.2—2 作出照度 - 开路电压曲线，理想曲线如图 1.2—5 所示。

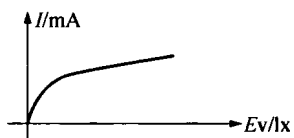


图 1.2—4 照度与电流的关系图

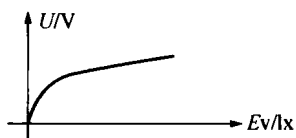


图 1.2—5 照度与开路电压的关系图

六、实验报告要求

- (1) 通过实验数据和曲线图分析硅光电池的光电特性。
- (2) 通过短路电流和开路电压实验分析在不同照度下电流和电压的输出变化。

思考题

1. 硅光电池受光照内部变化符合什么规律？
2. 实验中所接电源和输出有无关系？
3. 从数据处理结果分析光照特性。

实验 1.3 红外光电接近开关实验

相关知识 发光二极管在接通电源时可以形成一个光源，它和光敏二极管组合可以实现光电转换，即由发光二极管的发光控制光敏二极管的输出，应用在电路中可作为开关控制电路输出。

一、实验目的

在光敏二极管光电特性和伏安特性测定的基础上，学习掌握由“红外发光二极管—红外光敏二极管对”组成的红外光电接近开关的原理及其应用。

二、实验原理

(1) 发光二极管可以发出不同颜色的光，当在某些半导体材料形成的 PN 结上加正向电压时，空穴与电子在 PN 结内复合时将产生特定波长的光，发光的波长 λ 与半导体材料的禁带宽度 E_g 有关： $\lambda = hc/E_g$ 。

(2) 利用光敏二极管在反偏置条件下的光电特性，可将其作为光电接近开关的接收传感器件。当红外发光二极管 (LED) 发出的红外光被某一逐渐逼近的物体遮挡并反射到光敏二极管时，光敏二极管的光电流 (或光电导) 将发生改变。当物体逼近到一定距离 (即反射光强足够大) 时，开关电路使继电器开启，从而达到开关控制的目的。

三、实验仪器设备与实验条件

(1) 仪器设备：直流稳压电源；光敏对管 (红外 LED，光敏二极管)；电阻；接近开关电路；继电器；数字电压表。

(2) 实验条件：用各种不同长度的导线连接各组合单元，连接光敏二极管及开关电路。

四、实验步骤及注意事项

(1) 按图 1.3—1 所示连接各元件和单元，并连接 +12V 电源。(图中箭头表示连接线)

(2) 检查接线无误后，开启稳压电源。

(3) 用一物体 (如白纸) 从远处向左侧实验台上的接近开关探头前端逼近，到一定距离时，可听到继电器“嗒嗒”的启动声音，并用直尺测量此时遮挡物与探头之间的大致距离，作多次试验后，取平均值，即为接近开关的动作距离。将结果填入表 1.3—1。调节 [增益] 旋钮，可适当改变系统的响应灵敏度，或改变接近开关的动作距离。

(4) 利用此接近开关，实验者可根据自己的兴趣设计其他实验，如利用接近开关及继电器控制电机的转动，控制彩灯的闪亮等。

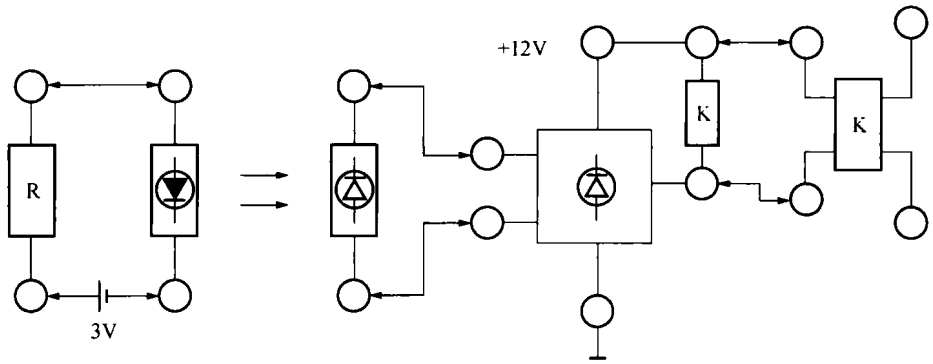


图 1.3—1 开关控制电路连接图

表 1.3—1 接近开光的动作距离

序 号	1	2	3	平 均
动作距离/cm				

五、实验数据处理

通过继电器的开启变化来分析遮挡物在不同距离下开关的灵敏度，根据接近开关原理分析实验的可靠性。

六、实验报告要求

- (1) 实验中利用组合器件实现对电路的控制，首先要从所用器件理解其工作原理。
- (2) 实验中是根据接近开关距离的变化来得到开关的开启与闭合，要注意掌握遮挡距离，在不同距离位置仔细观察继电器的变化。

思考题

1. 根据红外发光二极管和红外光敏二极管的原理分析接近开关原理。
2. 实验中选择白纸作遮挡物有何优点？
3. 接近开关可以控制哪些系统？

实验 1.4 光敏电阻暗光街灯实验

相关知识 光敏电阻的原理是在光照下电阻值会变小，利用这一特点可以实现电路控制，本实验是利用电阻受光的影响使其电阻值变化，在电路中电阻的变化使电流变化以及所连接的灯变化，这一实验在马路的灯光控制上能得到很好的应用。

一、实验目的

(1) 利用光敏电阻的电阻变化特性，将之作为街灯自动点亮与熄灭的传感器件，掌握基于光敏电阻的暗光街灯的工作原理及应用。

(2) 通过实验，进一步了解光敏器件的性能和光敏电阻的应用。

二、实验原理

根据实验测定，光敏电阻的电阻值随光亮度的增大而迅速减小。利用这一特性，设计了暗光街灯演示实验。其原理是当环境变暗时光敏电阻的阻值增大，当亮度降低到一定值时，即光敏电阻值增大到某阈值时，光电传感电路系统自动点亮小灯泡，从而达到与暗光街灯相似的目的。

三、实验仪器设备与实验条件

(1) 仪器设备：直流稳压电源；光敏电阻；三极管放大电路；小灯泡（负载）；万用表；数字电压表等。

(2) 实验条件：用各种不同长度的导线连接各组合单元，连接光敏电阻和灯泡。

四、实验步骤及注意事项

(1) 按图 1.4—1 所示连接各元件和单元，连接 +3V 电源。

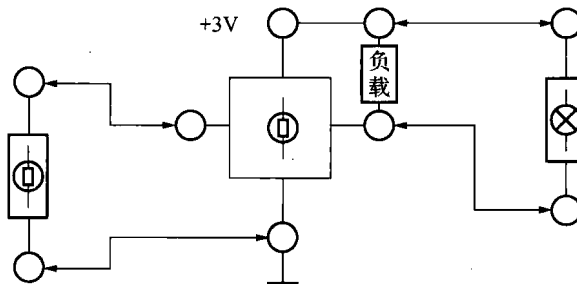


图 1.4—1 实验单元连接图

(2) 检查连接无误后，开启电源。

(3) 用一挡光物（如黑纸片或瓶盖）慢慢靠近实验台上的光敏电阻，将光敏电阻上的部分光线挡住时，可观察到小灯泡慢慢由暗变亮；当光敏电阻完全被挡住时，或者室内灯光全部熄灭时，小灯泡亮度达到最亮。这一实验过程与暗光街灯的自动亮暗控制完全相同。适当调节该单元的 [增益] 旋钮，可改变小灯泡的亮度。

五、实验数据处理

(1) 通过实验找到不同距离小灯泡的亮度变化，证实电阻是随照度变化的。

(2) 直流电源应确认为 +3V，否则有可能毁坏小灯泡。如房间内光线太强或太暗，应作适当调整，以使光敏电阻正常工作。

六、实验报告要求

光敏电阻在控制电路中就像普通电阻一样影响负载的输出，但是它的变化受光的变化控制，所以在白天和黑夜电阻值会变化，同时控制路灯的亮暗变化，在其他环境同样可以应用。

思考题

1. 光敏电阻如何随光亮度变化电阻值？
2. 实验中的光敏电阻在电路中控制小灯泡的亮度有无幅度要求？
3. 路灯控制系统与本实验有何不同？

实验 1.5 硅光电池转速测定实验

相关知识 硅光电池作为光电转换器件能把光信号转换成电流信号输出，当入射光信号是被调制后的有规律的信号时，输出信号也能有规律的输出，如果能检测出这种变化就能得到输入的调制信号。

一、实验目的

- (1) 通过实验进一步了解和掌握硅光电池的动态响应特性及其应用。
- (2) 通过实验了解光电测量是可以测量任何量的，只要能加载到光束上的变化量即可实现测量。

二、实验原理

当激光束直接照射到硅光电池上时，硅光电池将输出连续的光电流信号；而如果激光束被固定于变速电机轴上的斩光器斩光，则光电池接收到的是被调制的频率为 f_0 的光信号，相应地将输出周期性的光电流信号。将此信号进行调整、放大或滤波，即可得到较为理想的波形。该信号的频率可由示波器测得，进而计算出变速电机此时的转动频率（速度），公式为 $f = f_0/n$ （其中 n 为斩光器叶片或通孔的数量）。

三、实验仪器设备与实验条件

- (1) 仪器设备：直流稳压电源；硅光电池；放大电路；调速单元；变速电机；斩光器；半导体激光器；示波器。
- (2) 实验条件：通过导线连接各单元器件，调整好电机与斩光盘、硅光电池的距离。

四、实验步骤及注意事项

- (1) 按图 1.5—1 所示连接各单元。将“电机控制”单元的输入端“ V_{in} ”连接到 5V 电源端，输出端“ V_{out} ”连接到“电机”上端，“电机”下端（靠近实验者的那一端）接地。

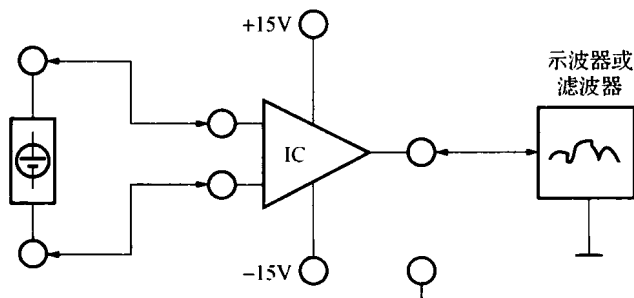


图 1.5—1 硅光电池测速电路连接图

(2) 检查无误后开启电源。连接激光器插头，调节亮度旋钮使其点亮。先转动偏振片转盘，使得透过它的激光束最强；或者将偏振片转盘逆时针旋出，撤去。适当调节激光器高度，使激光束投射到硅光电池的光敏面上。调节〔速度〕旋钮，使电机旋转。

(3) 用示波器观察斩光波形（大致为方波，但由于硅光电池的响应频率较低，故而波形可能出现叠波，这是正常现象，因此电机转速不宜过快），据此测定波形的频率，即为斩光频率，将斩光频率除以8（斩光器有8个通孔，故电机每转一周可斩光得到8个波形），即为电机的转速。调节电机的转速，重复上述测量实验，将转速结果记入表1.5—1。

表 1.5—1 硅光电池测转速测量结果

序 号	1	2	3	4
转速/(r·s ⁻¹)				

五、实验数据处理

根据电机不同转速可以得到硅光电池输出的不同频率，从而测定出电机的转速，可以经过多次调整电机速度，根据得到数据找出变化规律，验证是否符合转速定义。

六、实验报告要求

(1) 测量电机转速是利用斩光盘的转动能使光束有规律的通断，最后使光电池上接收到变化的光信号，从而得到输出的脉冲电信号。

(2) 实验中电机的转速可以调整，但其速度要通过输出电信号的频率计算出来。

思考题

1. 说明转盘速度是如何加载到硅光电池的输出上的。
2. 如何调整激光器、电机、斩光盘的位置？
3. 实际速度测量中，电机速度在哪个范围更符合规律？

光电检测技术实验 II

实验 2.1 光电二极管用低噪声放大器实验

相关知识 与光电探测器连接的第一级放大器称为前置放大器，它一般采用低噪声放大器。低噪声放大器比一般放大器有低得多的噪声系数。在光电弱信号探测系统中，这一级放大器噪声系数的优劣通常会影响到整个系统的质量。所以，虽然不同系统对放大器的质量指标会各有不同，但是对于前置放大器进行周密的低噪声设计则必须是优先考虑的。

一、实验目的

- (1) 了解放大器的内部噪声和放大器外界干扰对信号放大的影响。
- (2) 了解组装简单低噪声放大器的原则。
- (3) 学会使用一种 EDA 软件制作印刷电路板。

二、实验原理

设计组装一个前置放大器需要考虑噪声要求，同时还需要考虑放大器的增益、频率特性、动态范围、信号源阻抗等要求。

1. 选择内部噪声低、信号源电阻合适的放大器件

采用晶体管或结型场效应管组成的低噪声放大器具有体积小、使用方便、噪声要求不高的特点，用它组装的前置放大器方便易得。本实验采用低噪声运算放大器 LF353，建立一个简单的反相放大器。LF353 的等效噪声电压源 $E_n = 16\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，等效电流源 $I_n = 0.01\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，由此可得最佳源电阻 $R_{\text{sop}} = \frac{E_n}{I_n}$ ，进而可以得到等效输入噪声电压 $E_{ni}^2 = \bar{V}_n^2 + \bar{E}_n^2 + \bar{I}_n^2 R_{\text{sop}}^2$ 。定义在 1Hz 带宽中的最小噪声系数为 $F_{\text{min}} = 1 + \frac{\bar{E}_n^2 + \bar{I}_n^2 R_{\text{sop}}^2}{4kTR_{\text{sop}}}$ 。

2. 选用优质电阻和电容

低噪声放大器除了放大管自身噪声低以外，还需要电阻、电容等元件的噪声也很低，因电阻自身都存在固有的热噪声，热噪声电压的均方值为 $\bar{V}_n^2 = 4kTR\Delta f$ 。其中， k 为玻尔兹曼常数； R 为电阻阻值， Ω ； T 为电阻的热力学温度，K； Δf 为测量系统的通频带宽度。

3. 具有良好的电磁屏蔽措施

因为前置放大器输入信号很弱，外界干扰相对来说显得很強，它们可以通过分布电容或磁场耦合把干扰引入放大器，如图 2.1—1 所示。

因为平行导线就可构成电容，若外电路的导线 A 中有交变电流流过时，就可通过线间形成的分布电容 C_{AB} 耦合到放大器的导线 B 上去，产生干扰电压，如图 2.1—1 (a) 所

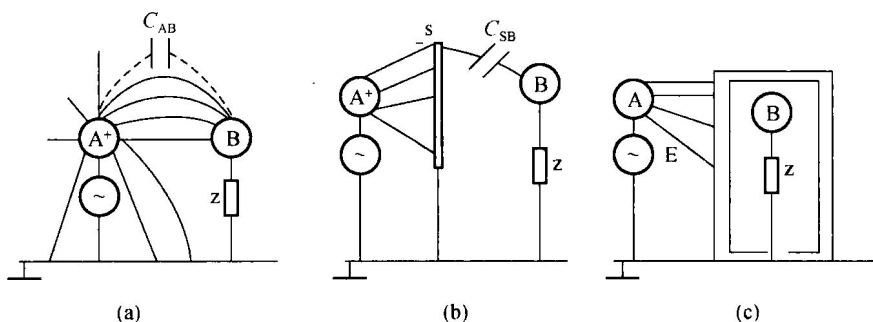


图 2.1—1 放大器的电磁屏蔽

示。如果导线 A 和 B 之间有金属板隔开，则感应电荷主要在金属板上，金属板可靠接地，电荷由地与导线 A 中和，导线 B 就得到了屏蔽，如图 2.1—1 (b) 所示。所以，用金属壳把放大器包围起来，并使金属壳接地就能很好地屏蔽外界电场干扰，如图 2.1—1 (c) 所示。

屏蔽壳除了屏蔽外界电场干扰外，同时也屏蔽外界磁场干扰。例如，通常用导磁率高的材料（如铁、钨、钼合金）做屏蔽壳屏蔽外界低频磁场干扰。屏蔽壳磁阻小，空间磁力线引向屏蔽壳中，壳内感应减小。对于高频磁场干扰通常用铜、铝等导电率高的材料作屏蔽壳。高频磁场在壳上感应为涡流，可通过把它接地减小对电路的影响。所以，通常屏蔽壳采用铁壳再镀银或镀锌，以达到电磁屏蔽。此外，放大器的信号输入线应尽可能短且采用屏蔽线。

三、实验仪器设备

函数发生器；晶体管电压表 (mV)；PCB 线路板制板机 (如图 2.1—2) 等。

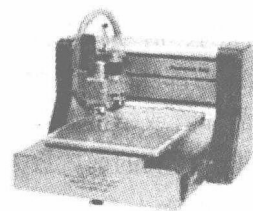


图 2.1—2 3025PCB 线路板制板机

四、实验步骤及注意事项

(1) 在 Protel 99 SE 制图软件中画出如图 2.1—3 所示的电路图，进而加工制作出一块单面印刷电路板。

(2) 焊接好如图 2.1—3 所示电路，图中放大器输出端接高通滤波器，其中 $R_L = 1\text{k}\Omega$ ， $C = 0.1\mu\text{F}$ ，是为了在测量中除去电路中的 $1/f$ 噪声。为测试方便，选取的 R_S 和 R_T 应保证放大倍数 $K \geq 100$ ，而且 R_S 值必须在 $1\text{k}\Omega$ 以上，最好接近最佳源电阻。

(3) 测量放大器的频率特性。

把信号发生器输出与图 2.1—3 中的 R_S 的一端连接。改变输入信号频率，在放大器输出端用毫伏表测量其电压，做下记录。输入信号电压范围在 $10 \sim 100\text{mV}$ 选取。 Δf 的选取范围为 $100\text{Hz} \sim 30\text{kHz}$ 。测出放大器的放大倍数 K_0 及带宽 Δf 。

(4) 测量放大器输出噪声 E_{n0} 。

① 断开信号发生器与电阻 R_S 的连接，把 R_S 一端接地，用示波器观察放大器输出波形。