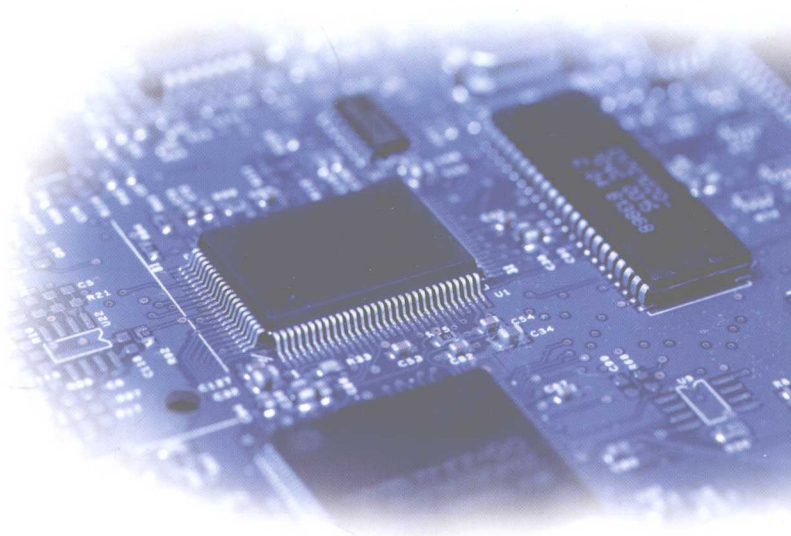


▶ 本书涵盖电子技术实验常用仪器使用、常用电子元器件的检测与使用，包括 9 个模拟电子技术实验、2 个综合性实验、7 个数字电子技术实验、5 个设计性实验。附录部分讲述了常用仪器的工作原理及使用方法、各电量的测量方法、电路的调试、电子元器件的识别与选用等实验知识。



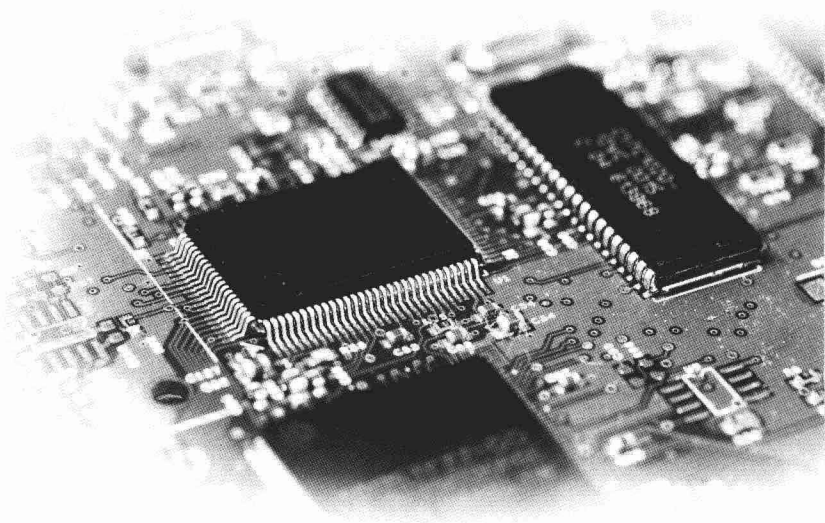
电子技术 实验

▶ 林阿山 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位



电子技术 实验

► 林阿山 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验/林阿山编著. —厦门:厦门大学出版社, 2012. 7
ISBN 978-7-5615-3875-3

I. ①电… II. ①林… III. ①电子技术-实验 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 153866 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@xmupress.com

厦门市金凯龙印刷有限公司印刷

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

开本:787×960 1/16 印张:14.75

字数:250 千字 印数:1~3000 册

定价:25.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

内容简介

电子技术实验是高等学校电类及相近专业实践性教学环节的一个重要组成部分。本书内容覆盖电子技术实验常用仪器使用、常用电子元器件的检测与使用,包括 9 个模拟电子技术实验、2 个综合性实验、7 个数字电子技术实验、5 个设计性实验。附录部分讲述了常用仪器的工作原理及使用方法、各电量的测量方法、电路的调试、电子元器件的识别与选用等实验知识。全书重点介绍实验原理,培养学生的实验技能。模拟电子技术实验还附有实验线路的印刷电路板布线图。

本书可作为高等学校自动化、电气、信息、机电、计算机等专业电子技术基础实验教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

前 言

电子技术实验是高等学校电类及相近专业实践性教学环节的一个重要组成部分。学习这门课程,旨在将学生已学的电子技术理论知识与实践有机地结合起来,加深学生对已学课程的理解,逐步培养和提高学生独立分析、解决实际问题的能力,并为学习后续专业课程和今后从事相关工作打好基础。通过本实验课程的学习,不仅能使学生具有科学实验的动手能力,而且能培养学生一丝不苟、严谨求实的科学研究作风。本书重点介绍实验原理,加强基本实验技能训练,加强各种电路分析与应用,加强工程实践能力的培养。

根据教学大纲的要求,总结多年来的教学实践并结合当前教学设备现状,我们编写了本书。本书内容包括电子技术实验常用仪器使用、常用电子元器件的检测与使用,既有模拟电子技术实验,又有数字电子技术实验。附录部分讲述了常用仪器的工作原理及使用方法、各电量的测量方法、电路的调试、电子元器件的识别与选用等实验知识。

编者在本书的编写中做了以下几点尝试:一是尽可能将工程中常用的一些集成电路引入实验电路中,在实验中介绍一些工程知识;二是设置了两个综合性实验,在实验十、实验十一中从系统设计的角度搭建实验电路,分析电路的工作原理,尽量减少实验与工程实际的差距;三是设置了五个设计性实验,可作为课程设计的选题。

漳州师范学院物理与电子信息工程系的周小方、郭海燕、白炳良、林凡、周锦荣、王海光、陈原等老师对本书的编写、实验方案的选

取与试验给予了很多帮助,在此表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,衷心希望广大读者批评指正。

编者

2012 年 6 月

目 录

前言

实验一	常用电子仪器的使用	1
实验二	晶体管特性曲线的测试	7
实验三	晶体管单级放大器性能的研究	13
实验四	差动放大器性能的研究	20
实验五	负反馈放大器的研究	26
实验六	集成运放的线性应用	32
实验七	LC 和 RC 振荡器的研究	38
实验八	OTL 功率放大器的调试	44
实验九	晶体管稳压电源的调试	49
实验十	集成运放的综合应用——开关稳压电源原理	56
实验十一	具有恒流输出特性的可控整流电路	63
实验十二	集成逻辑门主要参数与功能的测试	73
实验十三	组合逻辑电路	80
实验十四	集成触发器	86
实验十五	计数器及译码、显示电路	93
实验十六	脉冲信号发生电路	100
实验十七	555 定时器	105
实验十八	集成运放的非线性应用	110
实验十九	PN 结温度测量电路设计	115
实验二十	简易 DDS 波形发生器设计	118
实验二十一	铂电阻温度传感器信号调理电路设计	125
实验二十二	数显秒发生器的设计制作	132
实验二十三	脉冲占空比测量仪的设计制作	140

附录一	SS7804 双踪示波器	150
附录二	数字示波器.....	165
附录三	EE1411 型合成函数信号发生器	193
附录四	电压测量仪表.....	201
附录五	电阻、电容、电感元件识别知识与技术.....	207
附录六	半导体器件识别知识与技术.....	215
附录七	通用逻辑电路实验板.....	220
附录八	电路调试和常见故障的分析与检查.....	224

实验一 常用电子仪器的使用

电子仪器的学习和使用是实验教学的重要任务之一。电路参数测量、性能调整必须用电子仪器来完成。本实验主要对常用电子仪器进行学习和研究。

1 实验目的

1.1 了解双踪示波器、函数信号发生器、晶体管交流毫伏表等常用电子仪器的工作原理。

1.2 学会正确使用上述常用电子仪器的方法。

2 实验原理

示波器是把随时间变化的电信号用波形显示出来的电子仪器,主要用来观察各种电信号的波形,测定周期信号的幅度、周期、频率、相位及脉冲信号的宽度、前后沿等电参数。它具有输入阻抗高、频率特性好、灵敏度高、直观、方便等优点,是电子技术实验中最常用的仪器之一。本实验所用 SS7804 双通道示波器的工作原理和使用方法请参阅附录一。

函数信号发生器是一种能产生正弦波、方波、三角波等信号的电压源,可为各种待测功能电路提供输入信号,其输出信号的频率和幅度在一定范围内连续可调,以满足不同测量的要求。本实验所用 EE1411 合成函数信号发生器的工作原理和使用方法请参阅附录三。

晶体管交流毫伏表是一种测量正弦交流电压有效值的仪器,它具有输入阻抗高、灵敏度高、频带宽等优点,在电子技术实验中主要用于正弦信号电压较精确的测量。本实验所用 AS2294D 交流毫伏表的使用方法请参阅附录四。

3 实验仪器

本实验使用 SS7804 双通道示波器一台、EE1411 合成函数信号发生器一

台、AS2294D 交流毫伏表一台。

4 实验内容与方法

4.1 仪器使用前的准备

按附录一、三、四所述,做好双通道示波器、函数信号发生器、交流毫伏表上电前的调整和设置,接通各仪器的电源。预热几分钟后调好示波器的亮度、聚焦、扫描基线(时基线)等。

示波器探头检测与补偿:示波器使用前需设置所用探头的衰减倍数及检查补偿是否匹配(无衰减探头不需补偿)。检测与补偿方法参见附录一 7.1.2。

4.2 仪器的简单使用

4.2.1 用信号发生器产生 1 V@1 kHz 正弦信号输出

将 E1411 函数信号发生器的偏差调节开关“Offset”左旋至关断位。首先选择输出波形,按正弦波选择按键;其次设定输出频率,按频率设置键“FREQ”进入输出信号频率设置状态,按数字使能键“ENTER”,输入数字 1,按单位键“kHz”,此时显示屏显示“F0:—1.00000 kHz→”;最后设定输出幅度,按幅度设置键“AMP”进入输出信号设置状态,按数字使能键“ENTER”,输入数字 2.8,按单位键“V_{pp}”,此时显示屏显示“Ampl: 2.80 V_{pp}nl”。由“OUTPUT”输出端输出信号。

4.2.2 用交流毫伏表测量信号发生器输出的 1 V@1 kHz 正弦信号

置 AS2294D 交流毫伏表于 3 V 挡,如图 1-1 所示接线,用交流毫伏表测量信号发生器的输出信号电压,记录测量数据,填于数据表 1-1 内。

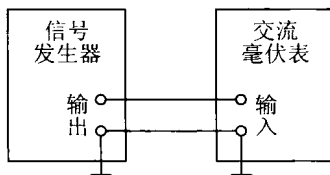


图 1-1 用交流毫伏表测信号电压

表 1-1 简单测量数据记录表

	频率(kHz)	峰—峰值 V _{pp}	有效值(V)	周期	触发电平范围
信号发生器	1.000	2.80	—	—	—
交流毫伏表	—	—		—	—
示波器观察测量					
示波器光标测量					

注意:信号发生器的输出电缆的黑色端为“地”,交流毫伏表的输入电缆的黑色端为“地”。一般情况下,接线时不同仪器的接“地”端应接在一起,接入时应先接“地”端,后接信号端,拆线时顺序相反。

4.2.3 用示波器观察和测量信号发生器输出的 $1\text{ V}@1\text{ kHz}$ 正弦信号

将示波器置单踪显示:按 A 并选中第一通道 CH1(Y1);输入耦合为直流 DC;扫描方式选择:自动(AUTO);触发源选择:按 SOURCE 切换至内触发“CH1”;触发耦合选择:按 COUPL 切换至 DC;触发沿选择:按 SLOPE 切换至上升沿“+”;按 1:1 接入被测信号(如图 1-2);调节 Y 轴灵敏度(VOLTS/DIV)为 1.0 V/DIV ;调节扫描速度(TIME/DIV)为 $200\text{ }\mu\text{s/div}$ 。此时调节触发电平可观察到 $2.8\text{ V}_{\text{PP}}@1000\text{ Hz}$ 稳定的正弦波形。参见附录一 7.2 测量峰—峰值 V_{PP} 、周期 T 并观察波形,记录数据,填于数据表 1-1 内。

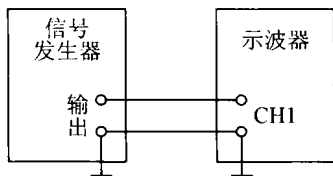


图 1-2 用示波器察看信号波形

保持设置不变,分别调节垂直及水平位移 POSITION 观察波形变化,分别按 VOLTS/DIV、TIME/DIV 一次并旋转观察波形变化,按扫描扩展 MAG $\times 10$ 观察波形变化;领会各按键、旋钮的功能和作用。

将扫描速度选择开关 TIME/DIV 置于 0.5 ms/DIV ,取消扫描速度扩展,扫描方式选择开关置于常态位(NORM),触发电平旋钮(TRIG LEVEL)旋至中间位,保持其他设置不变,调整水平移位调节旋钮(POSITION),使屏幕的左边出现波形的起点(即触发点),调整触发电平调节旋钮,察看显示波形变化情况,改变触发极性(按 SLOPE)后,再察看波形变化,领会触发电平调节旋钮与触发极性选择开关的作用。将内触发源选择开关置于 Y2(CH2)位,再将扫描方式选择开关依次置于自动位和常态位,并调整触发电平调节旋钮,察看显示波形的稳定性,领会显示波形稳定的条件和触发的作用,领会触发源的选择开关和扫描方式选择开关的作用。

4.2.4 用示波器观察信号发生器输出的非正弦信号

设置示波器为自动扫描、触发源 Y1、正极性触发、Y1 单踪显示方式、DC 输入耦合方式,并将函数信号发生器的输出信号由 Y1 输入端接入。函数信号发生器波形选择依次为正弦波、方波、三角波,并观察相应的波形。

4.3 用示波器测量周期信号的幅度、周期、频率、二同频信号相位差

4.3.1 用单踪工作方式测量脉冲波的周期、频率、脉宽

设置示波器为自动扫描、触发源 Y1、正极性触发、Y1 单踪显示方式、DC 输入耦合方式,将函数信号发生器的输出信号由 Y1 输入端接入。函数信号发生器频率设定为 1 kHz,依次选择三角波和方波两种信号,按附录一所述的测量方法,分别测量三角波和方波两种波的周期和频率,数据填于表 1-2 内。

表 1-2 用示波器测量 1 kHz 三角波和方波的周期、频率数据表

信号波形	三角波	方波
扫描速度(ms/DIV)		
信号周期(DIV)		
信号周期(ms)		
信号频率(kHz)		

4.3.2 用单踪工作方式测量正弦波的幅度

设置示波器为自动扫描、触发源 Y1、正极性触发、Y1 单踪显示方式、DC 输入耦合方式,将函数信号发生器的输出信号由 Y1 输入端接入,选择正弦波,并用交流毫伏表监测信号大小。按附录一所述的测量方法,测量信号的幅度,数据填于表 1-3 内。

表 1-3 不同频率、幅度正弦信号的峰—峰电压的测量数据表

信号频率	1 kHz	10 kHz	100 kHz
毫伏表所示信号电压	50 mV	200 mV	500 mV
示波器垂直灵敏度(mV/DIV)			
波形峰—峰幅度(DIV)			
信号峰—峰电压(V)			

4.3.3 用双踪工作方式观察 RC 低通网络的输入输出波形,测量相位差

设置示波器为自动扫描、触发源 Y1、正极性触发、断续双踪显示方式,信号发生器波形选为正弦波。如图 1-3 所示,将信号发生器的输出信号反馈至 RC 低通网络的输入端,网络的输入输出信号分别作为 Y1 和 Y2 信号,二波形同时由示波器显示出来。按附录一所述的测量原理,测量滤波器输出信号滞后于输入信号的时间,数据填于表 1-4 内。

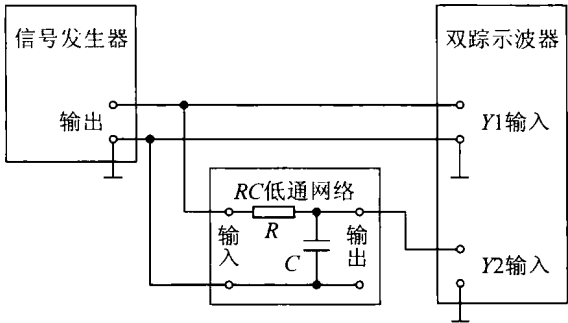


图 1-3 双踪工作方式观察 RC 低通网络输入与输出

表 1-4 RC 低通网络输出滞后于输入的时间差的测量数据表

$R = \rule{1cm}{0.4pt}$ 千欧, $C = \rule{1cm}{0.4pt}$ 微法

信号频率	100 Hz	200 Hz
扫描速度(ms/DIV)		
波形滞后距离(DIV)		
信号滞后时间(ms)		

5 注意事项

- 5.1 进行电子技术实验时,使用的仪器较多,做好各仪器使用前的准备后,仪器即处于热身状态。为避免仪器的损坏,各仪器要即用即接。
- 5.2 使用交流毫伏表时,由于其灵敏度高,接入测试点时应先接入低电位端(接地端),再接入高电位端。撤离测试点时,应先取下高电位端,再取低电位端。每一次测量量程的选择必须大于实际测量电压。
- 5.3 使用示波器时,示波器必须与待测电路良好接地。信号接入前预设灵敏度要低,接入后根据显示波形的幅度,再适当调高灵敏度,否则容易损坏仪器。

6 实验报告要求

- 6.1 简述双踪示波器使用的操作要点。
- 6.2 用正弦交流电的相量法分析 RC 网络输出信号滞后输入信号的相位差,并计算出滞后时间,对理论值与测量值进行比较。

6.3 整理有关测量数据。

7 思考题

7.1 用一台完好的双踪示波器观察波形时,出现下列现象如何操作:
(1)荧屏上看不到亮点或迹线;(2)波形不稳定,总是移动;(3)波形不清晰,波形显示高度太低。

7.2 有人认为:用示波器观察交流信号波形时,一定要用 AC 耦合;观察直流信号波形时,一定要用 DC 耦合。你认为这个观点对吗?为什么?

7.3 交流毫伏表为什么要求灵敏度和输入阻抗要高?

7.4 本实验中所用的 1 kHz 交流信号的电压能否用万用表的交流电压挡测量?说明为什么。

7.5 在图 1-3 中,为什么 Y2 输入电缆的“地”线可以不接?

实验二 晶体管特性曲线的测试

晶体管的特性,通常通过特性曲线反映出来,学习和研究晶体管特性曲线,对正确使用晶体管极为重要。本实验主要测试晶体管的特性曲线。

1 实验目的

- 1.1 掌握用万用电表判断二极管极性、三极管类型、三极管各极的方法。
- 1.2 通过观测晶体管的特性曲线,熟悉晶体管的特性。
- 1.3 进一步掌握示波器和信号发生器的使用方法。

2 实验原理

2.1 二极管极性的识别

二极管具有单向导电性,其阳极、阴极可由万用电表欧姆挡判断,方法如图 2-1 所示,万用电表欧姆挡可等效为由一个微安表、一个限流电阻和一节电池串联而成的电路。如果待测元件是具有单向导电性的二极管,当二极管的阳极接黑表笔,阴极接红表笔时,此时二极管加正向偏压,有电流流过二极管;当二极管的阴极接黑表笔,阳极接红表笔时,此时二极管加负向偏压,

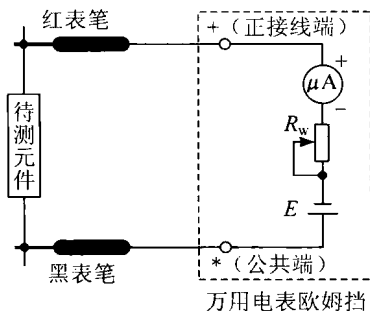


图 2-1 用万用电表识别二极管极性

由于反向漏电流很小,可忽略,因而没有电流流过二极管。以上方法既检查了二极管的单向导电性,也识别了二极管的阳极和阴极。检查二极管的单向导电性时,通常用 $\times 100$ 欧姆挡,万用电表使用前要调零。

2.2 NPN 和 PNP 型三极管及其基极、集电极、射极的识别

三极管分为 NPN 型和 PNP 型两大类,不论哪种类型的三极管,都有两个 PN 结,即发射结和集电结。可利用万用电表检查两个 PN 结的单向导电

性来判断三极管的类型,同时确定基极引脚。

置万用电表于 $\times 100$ 欧姆挡,并调好零点。取定三极管三引脚中的一脚,将其与黑表笔连接,红表笔分别与其他两脚连接,如果万用电表的指针均有较大偏转;反过来,若取定脚与红表笔连接,黑表笔分别与其他两脚连接,如果万用电表的指针不偏转(或几乎不偏转);再用万用电表检查非取定两脚是否有内部短路,若非取定两脚没有内部短路,则表明两个 PN 结完好,且管型为 NPN 型,取定脚为基极。若没有检查出两个 PN 结,则换取另一脚,重复上述检查步骤。找出基极后,另两脚哪一脚为射极,哪一脚为集电极,需进一步判断。在极性不明的两脚中任取一脚,将其与黑表笔连接,另一脚与红表笔相连(手指不要与该引脚和表笔接触),此时万用电表的指针不偏转(或几乎不偏转),其后用手指接触基极与黑表笔,此时若表头指针发生偏转;对调表笔再测一次,对指针偏转较大的一次而言,与黑表笔相连的引脚为集电极,另一脚为发射极,如图 2-2 所示。在图 2-2(a)中,三极管处在放大状态,通过人体电阻给基极一个偏置电流,放大后产生一个较大的集电极电流,指针偏转较大;在图 2-2(b)三极管的基-射 PN 结反偏,而基-集 PN 结处在正向偏置,基极仍有电流,但三极管没有放大作用,指针偏转较小。PNP 型三极管的检查与此类似,可类推。

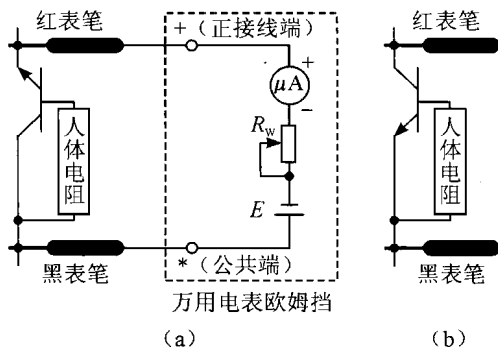


图 2-2 用万用电表识别三极管的 C、E 极

2.3 三极管共射极输出特性的观察及电流放大系数的测定

三极管的特性可由其特性曲线表征,特性曲线在分析晶体管放大电路时具有特别重要的作用。三极管的特性分为输入和输出特性。共射极输出特性是指基极电流不变时,集电极电流与集射电压之间的关系,即:

$$I_C = f(U_{CE}) |_{I_B = \text{constant}}$$

而 I_B 取不同定值, I_C 与 U_{CE} 的关系曲线不同, 因而三极管共射极输出特性曲线是一簇曲线, 如图 2-3 所示。

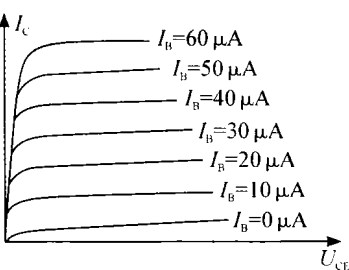


图 2-3 三极管共射输出特性曲线

用示波器观察三极管共射极输出特性曲线的原理如图 2-4 所示, 集电极电阻 R_C 既是集电极负载, 也是集电极电流的取样电阻, 其上的电压降正比于 I_C 。由于示波器是一种电压测量仪器, 集电极电流只有转化为电压量才能由示波器

显示, 因此用集电极电阻上的电压降作为示波器的 Y 轴输入, 用于代表集电极电流 I_C 。集射间的电压 U_{CE} 可直接由示波器显示, 由于示波器的 X 和 Y 轴输入信号必须是共地信号, 因此将射极与集电极之间的电压 $U_{EC} = -U_{CE}$ 作为示波器的 X 轴输入。若在三极管共射电路的输出回路加上一个全波整流电压 E_C , 如图 2-5 所示, 当取定基极电流时, 当 E_C 不断变化时, 集电极电流和集射电压作相应变化, 示波器上将显示出与该基流相对应的一条输出特性曲线, 改变基流的大小, 可得到输出特性曲线簇中的其他曲线。从共射输出特性曲线上可测量三极管的共射电流放大系数 β :

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

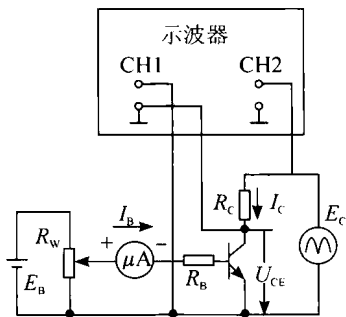


图 2-4 共射输出特性曲线的观察

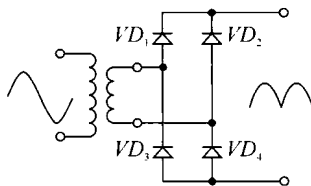


图 2-5 全波整流信号的产生

3 实验仪器

SS7804 双通道示波器一台, MF-50 万用电表一台, 直流稳压电源一台, 三极管共射极输出特性曲线实验板一块。