

中国民用航空总局飞标司推荐

民用航空器维修基础系列教材

电子技术基础

DIANZIJI SHU JICHU

(ME)

任仁良 主编



兵器工业出版社

中国民用航空总局飞标司推荐
民用航空器维修基础系列教材

电子技术基础

(ME)

任仁良 主编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书为《民用航空器维修基础系列教材》之一。全书分上篇和下篇两部分：上篇共分4章，主要介绍了半导体、印刷电路板、自动控制原理基础、无线电基础知识；下篇共分5章，主要介绍了数字电子技术基础、数据转换和光纤技术、计算机基本结构、电子显示器、静电感应及电磁防护等内容。

本书图文并茂，通俗易懂，是民用航空器维修执照人员必须掌握的基本知识。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术基础：ME/任仁良主编. —北京：兵器工业出版社，2006.7

(民用航空器维修基础系列教材)

ISBN 7-80172-679-0

I. 电... II. 任... III. 电子技术—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 061759 号

出版发行：兵器工业出版社

发行电话：010-68962596、68962591

邮 编：100089

社 址：北京市海淀区车道沟10号

经 销：各地新华书店

印 刷：北京市登峰印刷厂

版 次：2006年7月第1版第1次印刷

印 数：1-3000

责任编辑：朱丽均

封面设计：李 晖

责任校对：全 静

责任印制：赵春云

开 本：787×1092 1/16

印 张：12.5

字 数：280千字

定 价：33.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

《民用航空器维修基础系列教材》 编写委员会

主任委员：徐超群

副主任委员：任仁良

编委：徐超群 任仁良 郑连兴 许春生
李幼兰 王会来 朱丽君 刘建英
张铁纯 刘建新 郝劲松

出版说明

2005年8月,中国民航规章CCAR-66R1《民用航空器维修人员执照管理规则》考试大纲正式发布执行,该大纲规定了民用航空器维修持照人员必须掌握的基本知识。随着中国民用航空业的飞速发展,迫切需要大批高素质的民用航空器维修人员。为适应民航的发展,提高机务维修人员的素质和航空器维修水平,满足广大机务维修人员学习业务的需求,中国民航总局飞标司组织成立了《民用航空器维修基础系列教材》编写委员会,其任务是编写一套适用于中国民航维修要求,实用性强、高质量的培训和自学教材。

为方便机务维修人员通过培训或自学,参加维修执照基础部分考试,本系列教材根据CCAR-66R1民用航空器维修人员执照基础部分考试大纲编写。这套系列教材共11本,内容覆盖了考试大纲的所有模块,具体每一本教材的适用专业和对应的考试大纲模块见下表:

序号	书名	适用专业	覆盖 CCAR-66R1 考试大纲模块
1	电工基础	ME、AV	M3
2	电子技术基础	AV	M4、M5
3	电子技术基础	ME	M4、M5
4	空气动力学和维护技术基础	ME、AV	M6、M8
5	人为因素和航空法规	ME、AV	M9、M10
6	涡轮发动机飞机结构与系统	ME-TA	M11
7	涡轮发动机飞机结构与系统	AV	M11、M14
8	直升机结构与系统	ME-TH、PH	M12
9	活塞发动机飞机结构与系统	ME-PA	M13
10	燃气涡轮发动机	ME-TA、TH	M14、M16
11	活塞发动机	ME-PA、PH	M15、M16

该系列教材力求通俗易懂,紧密联系民航实际,针对性强,适合于民航机务维修人员或有志进入民航维修业的人员培训或自学用教材,也可作为CCAR-147维修培训机构的基础培训教材或参考教材。

在这套教材的编写过程中,我们得到了中国民航总局飞标司、中国民用航空学院、广州民航职业技术学院、中国民用航空飞行学院、民航管理干部学院、民航上海中等专业学校、北京飞机维修工程有限公司(Ameco)、广州飞机维修工程有限公司(Gameco)、中信海洋直升机公司等单位以及航空器维修领域的40多位专家的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促和我们的水平有限,书中还存在着许多错误和不足,请各位专家和读者指出,以便再版时加以纠正。

**《民用航空器维修基础系列教材》编委会
2006年2月10日**

前 言

《电子技术基础》(ME)分上下两篇,上篇为模拟电子技术基础,下篇为数字电子技术基础。本教材是按照中国民航规章 CCAR-66R1《民用航空器维修人员执照管理规则》航空机电专业(ME)考试大纲 M4 和 M5 编写的,本书可以作为 CCAR-147 维修基础培训机构的培训教材或参考教材,也适用于具有一定基础的航空机电专业人员自学。

上篇包括二极管、三极管和集成运放的工作原理和应用、印刷电路板、自动控制的基本原理和无线电基础知识。下篇包括数制及编码系统、数据转换及光纤技术、计算机基础、电子显示设备和静电及防护的基本知识。本书的内容都是机电专业的航空器维修人员必备基础知识。在编写过程中,力求做到通俗易懂,注重知识的实用性,贯彻了理论与实际密切结合的思想,基本上不涉及复杂的数学公式和推导,强调用实验的方法总结和描述大纲中要求掌握的基本知识。

由于我国民航所使用的飞机大都是欧美制造,为了便于学生对照机型资料学习,书中的部分电路符号采用了欧美国家的符号,学习时应予注意。

本教材由任仁良教授编写和主编,王会来、刘建英副教授参与了编写和修改工作,上篇的第四章无线电基础知识由郑连兴副教授编写。刘建英副教授对全书进行了审校,在此谨表深深的感谢。

由于编写时间的仓促和我们的水平有限,教材中还存在着许多错误和不足,请各位专家和读者指出,以便再版时加以纠正。

编者

2006 年 5 月 28 日

目 录

上篇 模拟电子技术基础

第1章 半导体	(3)
1.1 半导体二极管	(3)
1.2 三极管及基本放大电路	(19)
1.3 集成运算放大器	(36)
第2章 印刷电路板	(43)
2.1 基本概念	(43)
2.2 印刷电路板的种类和用途	(43)
2.3 印刷电路的结构	(43)
2.4 印刷电路的设计	(45)
2.5 用计算机专用软件设计印刷电路	(46)
2.6 蚀刻法制作印刷电路板举例	(47)
第3章 自动控制理论基础	(48)
3.1 自动控制系统概述	(48)
3.2 同步器和伺服机构	(67)
3.3 交流伺服电动机	(77)
3.4 步进电动机	(80)
第4章 无线电基础知识	(84)
4.1 频段的划分	(84)
4.2 信号、频谱和带宽	(86)
4.3 传输线	(88)
4.4 无线电波的传播与天线	(90)
4.5 调制与解调	(96)
4.6 无线电发射机与接收机	(98)

下篇 数字电子技术基础

第1章 数字电子技术基础	(103)
1.1 数制及编码	(103)
1.2 门电路和组合逻辑电路	(108)
1.3 触发器	(116)
1.4 逻辑电路在飞机系统中的应用	(119)
第2章 数据转换和光纤技术	(122)
2.1 数据转换	(122)
2.2 光纤技术	(126)
第3章 计算机基本结构	(139)
3.1 计算机概述	(139)
第4章 电子显示器	(144)
4.1 发光二极管(LED)	(144)
4.2 阴极射线管(CRT)	(146)
4.3 液晶显示器(LCD)	(148)
第5章 静电感应及电磁防护	(152)
5.1 静电敏感设备	(152)
5.2 电磁环境	(158)
参考文献	(166)

上篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体

1.1 半导体二极管

1.1.1 半导体二极管及其伏安特性

在典型的半导体材料硅和锗中，若掺入磷、锑或砷等五价元素，则可使晶体中的自由电子浓度大大增加，这种半导体称为 N 型或电子型半导体；若掺入硼、镓或铟等三价元素，则可使晶体中的空穴浓度大大增加，这种半导体称为 P 型或空穴型半导体。

将 P 型半导体与 N 型半导体通过物理、化学的方法有机地结为一体后，在两个半导体的交界面处就形成了 PN 结。**PN 结具有单向导电性**，是多种半导体器件的基础。

半导体二极管的核心部分就是一个 PN 结。在 PN 结两端加上电极引线和管壳后就制成了一个半导体二极管，P 区引出端叫正极（或阳极），N 区引出端叫负极（或阴极）。二极管一般采用文字符号“D”表示，其图形符号如图 1.1-1 所示。箭头一边代表正极，竖线一边代表负极，箭头所指方向是 PN 结正向电流的方向，它表示二极管具有单向导电性。

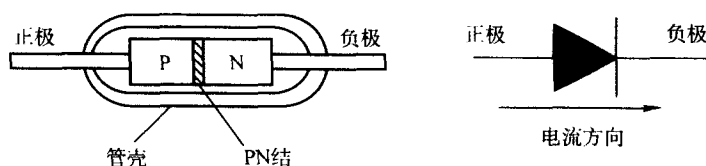


图 1.1-1 二极管的结构图及符号

1. 二极管的单向导电性

(1) 二极管的正向接法

如果将电源的高电位接在二极管的 P 区电极，低电位接在 N 区电极，这种接法称为二极管的正向接法，如图 1.1-2 (a) 所示。半导体二极管在正向接法下，可以形成正向电流。

(2) 二极管的反向接法

如果将电源的高电位接在二极管的 N 区电极，低电位接在 P 区电极，这种接法称为二极管的反向接法。如图 1.1-2 (b) 所示。

二极管加反向电压后，PN 结反向偏置，这时二极管电流很小，这个电流称为二极管的

反向电流 I_R 。当环境温度一定时,二极管的反向电流在一定的反向电压范围内不随反向电压的改变而发生变化,故称为反向饱和电流。

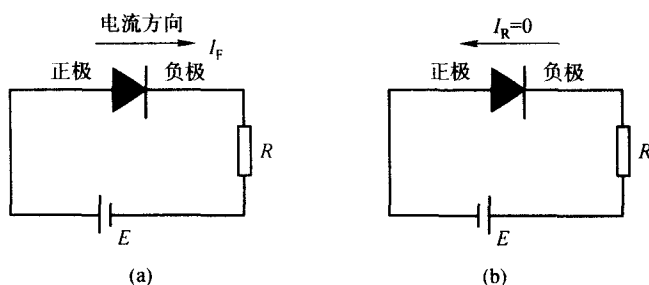


图 1.1-2 二极管的正、反向接法

2. 二极管的结构和外形图

由于功能和用途不同,二极管的大小也不同,外形和封装各异。

在图 1.1-3 中,从左到右是由小功率到大功率的几种常见的二极管外形。从二极管使用的封装材料来看,小电流的二极管常用玻璃壳或塑料壳封装;电流较大的二极管,工作时 PN 结温度较高,常用金属外壳封装,外壳就是一个电极并制成螺栓形,以便与散热器连接成一体。随着新材料和新工艺的应用,二极管采用环氧树脂、硅酮塑料或微晶体玻璃封装也比较常见。

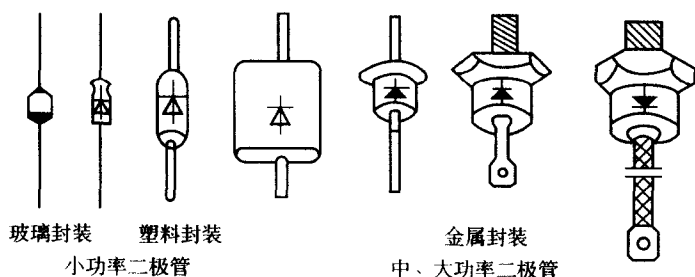


图 1.1-3 常用二极管的外形图

二极管外壳上一般印有符号表示极性,正、负极的引线 with 符号一致。有的在外壳的一端印有色圈表示负极;有的在外壳一端制成圆角形来表示负极;但也有的在正端打印标记或用红点来表示正极,这一点在使用时要特别注意。

根据不同的制造工艺,二极管的内部结构大致分为点接触型、面接触型和平面型三种,以适应不同用途的需要。

点接触型二极管的特点是:PN 结的面积小,结电容小,适用于高频工作,但只能通过较小的电流,如图 1.1-4 (a) 所示。

面接触型二极管的特点是:PN 结的面积大,结电容大,只能在低频率下工作,允许通

过的电流较大, 如图 1.1-4 (b) 所示。

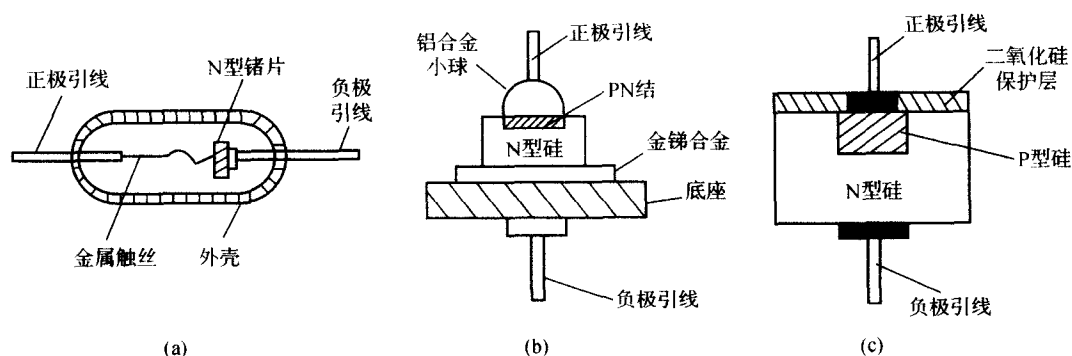


图 1.1-4 二极管的内部结构

平面型二极管用特殊工艺制成, 它的特点是: 截面积较小时结电容小, 适用于在数字电路中工作; 截面积较大时, 可以通过很大的电流, 如图 1.1-4 (c) 所示。

3. 二极管的伏安特性曲线及参数

(1) 二极管的伏安特性曲线

二极管最重要的特性就是单向导电性, 这是由于在不同极性的外电压作用下, 内部载流子的不同运动过程形成的。反应到外部电路就是加到二极管两端的电压和通过二极管的电流之间的关系, 即二极管的伏安特性。在电子技术中, 常用伏安特性曲线来直观描述电子器件的特性。图 1.1-5 表示测量二极管伏安特性的实验电路。在不同的外加电压作用下, 每改变一次 R_p 的值就可以测得一组电压和电流数据, 然后在以电压为横坐标、电流为纵坐标的直角坐标系中描绘出来, 就得到二极管的伏安特性曲线, 如图 1.1-6 所示。

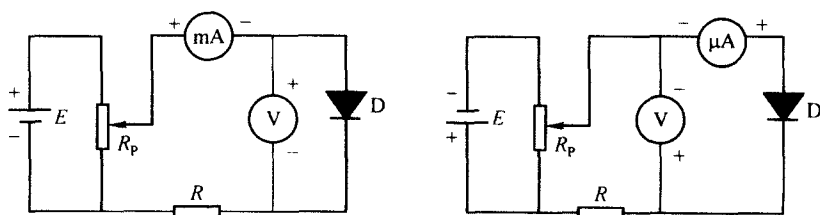


图 1.1-5 测量二极管伏安特性的实验电路

从特性曲线可以看出, 正向电压 U_F 上升时, 二极管呈现的电阻很小, 正向电流 I_F 增长很快, 二极管正向导通; 二极管加反向电压时, 二极管呈现的电阻很大, 只有很小的反向电流流过, 基本处于阻断状态。特性曲线可以分为以下几个区域。

1) 正向特性

(a) 不导通区 (也叫死区)。当二极管承受正向电压 U_F 时, 开始的一段, 由于外加电压较小, 还不足以克服 PN 结内电场对载流子运动的阻挡作用, 因此正向电流几乎为零, 二

串联后, 其中反向电阻最大的一只因承受电压过高而可能击穿, 于是全部电压分别加在其余二极管上, 最后导致全部二极管会陆续击穿损坏。所以整流二极管串联使用时, 一般需并联均压电阻, 如图 1.1-7 所示。通常均压电阻的阻值选取单个二极管反向电阻的 $1/3 \sim 1/5$ 。这样实际电压就能大致按均压电阻阻值来分配。

(2) 二极管的并联

并联后可通过的总电流成倍增长。并联时应串联均流电阻, 如图 1.1-8 所示。通常均流电阻的阻值应取单个二极管正向电阻的 $3 \sim 4$ 倍, 以免正向电阻小的二极管电流过大烧毁。

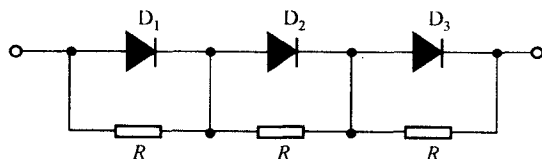


图 1.1-7 整流二极管的串联

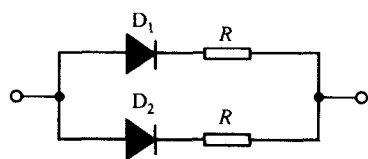


图 1.1-8 整流二极管的并联

1.1.2 二极管的识别和简易检测方法

在使用二极管前, 通常先要判别极性, 还要检查它的好坏, 否则电路不仅不能正常工作, 甚至可能烧毁二极管和其他元件。前面介绍的一些二极管封装上的符号或极性标记, 我们可以作为依据。当封装上符号或极性标记看不清时, 也可根据二极管的单向导电性来判断它的好坏和极性。

在生产实践中, 常用万用表的电阻挡测量极间电阻来识别二极管。万用表有两个接线端: 正接线端接红表笔, 负接线端接黑表笔。表内装有电池, 该电池是作为二极管的外电源。弄清电池的极性非常重要, 对于指针式万用表, 红表笔接表内电池的负极, 输出负电压; 黑表笔接电池的正极, 输出正电压 (数字式万用表则相反, 红表笔接表内电池的正极, 输出正电压; 黑表笔接电池的负极, 输出负电压)。

现在以指针式万用表为例说明二极管的测量方法和步骤。测量前要先选好挡位, 两表笔短接后调零位。对于耐压较低、电流较小的二极管如用 $R \times 1$ 挡, 则流过二极管的电流太大; 若用 $R \times 10 \text{ k}$ 挡, 则表内电池电压太高, 都可能会使二极管损坏。通常用 $R \times 100$ 或 $R \times 1 \text{ k}$ 挡来测量。将万用表的红表笔和黑表笔分别接到二极管的两个电极引出端, 如果测得的电阻值较小 (几百欧 ~ 几千欧), 再把两表笔对调作第二次测量, 如果第二次测得的电阻较大 (大于几百千欧), 两次测得数值相差很大, 这时就可以判定第一次测量时万用表黑表笔联接的一端为二极管的正极 (阳极), 红表笔联接的一端为二极管的负极 (阴极), 同时说明二极管的性能是好的。如果两次测得的电阻值相等 (“0” 短路, 或 “ ∞ ” 开路), 说明二极管损坏。

要注意的是: 使用不同的万用表测同一只二极管, 获得的阻值可能不同, 这是由于万用表本身特性不一样; 使用万用表不同的电阻挡测二极管时, 获得的阻值也是不同的, 这是因为二极管是非线性元件, PN 结的阻值是随外加电压变化的, 用万用表测量时, 不同电阻挡的表笔端电压是不一样的, 所以, 测得的阻值读数就不一样, 但这不影响二极管的定性判别。

1.1.3 二极管的种类及应用

1. 整流二极管

二极管可以分为整流二极管和特殊二极管两大类。整流二极管主要利用其单向导电性，可以将交流电变为直流电。常用的整流电路有单相半波整流电路和单相全波整流器等。图 1.1-9 为整流电路组成框图。

整流器一般由三部分组成，如图 1.1-9 所示。第一部分是整流变压器，它把输入交流电压变为整流电路所要求的电压值；第二部分是整流电路，由整流器件组成，它把交流电变成方向不变、但大小随时间变化的脉动直流电；第三部分是滤波电路，它把脉动的直流电变成平滑的直流电供给负载。

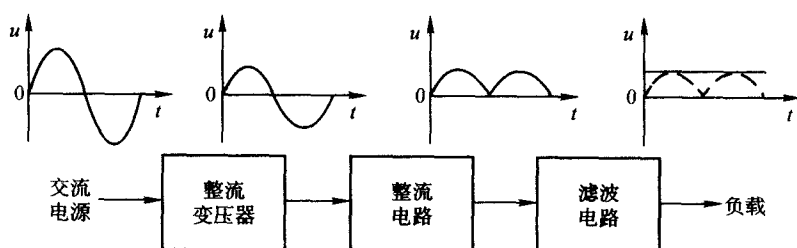


图 1.1-9 整流器的结构图

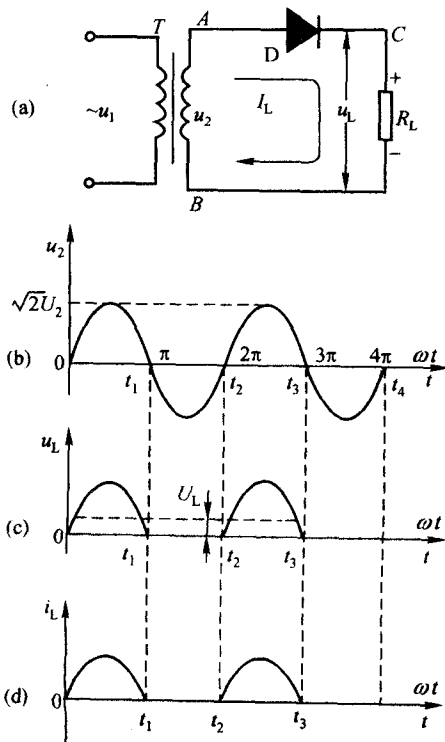


图 1.1-10 单相半波整流电路

(1) 单相半波整流电路

单相半波整流电路如图 1.1-10 (a) 所示，变压器将电源电压 u_1 变为整流电路所需的电压 u_2 ，它的瞬时表达式为：

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$$

其波形如图 1.1-10 (b) 所示。

1) 工作原理

设在输入电压正半周 ($0 \sim t_1$)：A 端为正、B 端为负，二极管 D 因受正向电压而导通，当忽略二极管正向压降时，A 点电位与 C 点电位相等，则 u_2 几乎全部加到负载 R_L 上。 R_L 上的电流方向与电压极性如图 1.1-10 (a) 所示。

在输入电压负半周 ($t_1 \sim t_2$)：B 端为正，A 端为负，二极管 D 承受反向电压而截止， u_2 几乎全部加到二极管 D 上，负载 R_L 上电压基本为零。

由此可见，在交流电一个周期内，二极管半个周期导通半个周期截止，以后周期重复上述过程，