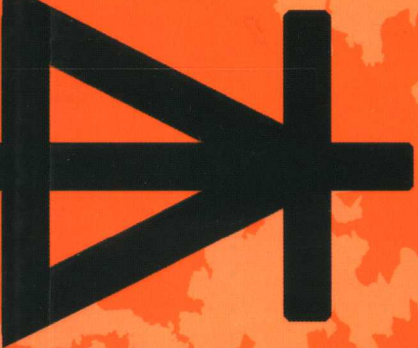




★图解电子技术要诀丛书

TUJIE DIANZIJISHU

YAOJUE CONGSHU

刘修文 编著

图解

电子电路要诀



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

✚ 图解电子技术要诀丛书

图解 **电子电路要诀**

刘修文 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

6.2 内 容 提 要

本书采用图解和要诀相结合的形式讲述电子电路基本知识和基本原理,主要内容包括模拟电路和数字电路两部分,模拟电路部分的主要内容有:基本放大电路,负反馈放大电路,集成运算放大器,振荡电路,低功率放大电路,高频放大电路,调制、变频与解调电路和直流稳压电源电路。数字电路部分的主要内容有:逻辑代数,基本逻辑门电路,组合逻辑电路,时序逻辑电路,脉冲产生与整形电路和电子控制电路等。

本书是一本通俗、新颖、实用的科普读物,适合电子产品的生产技术人员、维修人员、应用人员阅读,可作为电子技术类技工学校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材,也可作为广大电子爱好者的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图解电子电路要诀/刘修文编著. —北京:中国电力出版社, 2005.11

(图解电子技术要诀丛书)

ISBN 7-5083-3586-4

I. 图... II. 刘... III. 电子电路 - 图解
IV. TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 099890 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 6 印张 240 千字

印数 0001—4000 册 定价 12.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的科学技术。电子技术现已日益渗透到人们生产生活的各个领域，广大电子爱好者迫切需要一套学习电子技术的入门丛书。如何引导广大青少年及电子爱好者轻松跨入电子技术世界，是众多科普工作者都十分关心和考虑的问题，也是作者多年的心愿。学习电子技术首先必须学会电子元器件的识别与检测；其次要从基本电路起步，学会识图、读图、绘图，学会分析基本电路工作原理；并做到边学边用，学用结合，动手制作，动手维修。作者曾组装过半导体与电子管收音机，维修过家用电器及广播电视设备，曾为初学者举办过各种类型培训班，他根据自己的亲身体验和多年从事各种培训班的教学经验，参考有关资料编写了这套初学者的入门读物——《图解电子技术要诀丛书》。

本丛书在编写时，力求将科学性、新颖性、实用性与通俗性融为一体，在内容选择上既有电子技术基础知识，又有专业电子技术。在写作上坚持以读者为本，采用人性化写作，将要诀与图文相结合，要诀与图文同页，把电子知识或电子技术编写成要诀形式，琅琅上口，易懂好记。

本丛书第一次出版了《图解电子元器件检测和选用要诀》、《图解电子电路要诀》、《图解电子产品维修要诀》、《图解电子制作技术要诀》、《图解影音技术要诀》、《图解有线电视技术要诀》、《图解无线电技术要诀》和《图解单片机应用技术要诀》八本。根据读者的需要，今后还将陆续出版。

本丛书适合零起点的电子技术爱好者、中小学生及广大青少年阅读，也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材，还可供广大电工、电器维修人员参考。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和电子技术爱好者，对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

编著者

2005年8月

为适应我国电子技术的迅速发展和广大初级电子技术爱好者的需要,中国电力出版社组织出版了一套图解电子技术要诀丛书,《图解电子电路要诀》是该丛书之一。

电子电路是电子技术的重要组成部分,是电子设备组成的基础。随着电子技术日新月异的发展,各种实用的电子电路层出不穷。为了帮助广大电子爱好者在学习电子技术过程中熟悉和掌握电子电路的基本知识与基本原理,作者采用人性化的写作方式,把电子电路知识编写成要诀形式,将要诀与图解相结合,要诀与图文同页,使读者通过念要诀来掌握电子电路知识,具有琅琅上口,易懂好记的特点。

全书内部包括模拟电路和数字电路两部分,全书共8章:第一章放大电路;第二章振荡电路;第三章低频功率放大电路;第四章高频放大电路;第五章调制、变频与解调电路;第六章数字与脉冲电路;第七章电子控制电路;第八章电源电路。

本书在编写过程中,为及时掌握国内电子技术的发展动态,作者查阅了近期出版的中职、高职有关教材、电子技术入门丛书、无线电爱好者丛书、家电维修培训教材以及《无线电》等专业技术报刊。在此谨向参考文献的作者及出版者表示诚挚的谢意!

本丛书适合零起点的电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读,也可作为职业学校相关专业及业余技术培训班的教材,还可供广大电工、电器维修人员参考。

由于作者水平有限,在本书介绍的电子电路中难免有错误及不妥之处,恳请专家和广大读者不吝赐教。

电子邮箱: hnyxkw@126. com

编著者

2005年6月

丛书前言

前言

第一章 放大电路	1
1.1 基本放大电路	1
1.1.1 信号的输入与输出	1
1.1.2 共发射极放大电路	2
1.1.3 共集电极放大电路	4
1.1.4 共基极放大电路	5
1.1.5 阻容耦合多级放大电路	6
1.1.6 变压器耦合多级放大电路	7
1.1.7 直接耦合多级放大电路	8
1.1.8 差动放大电路	9
1.1.9 场效应晶体管放大电路	11
1.1.10 电子管放大电路	13
1.2 负反馈放大电路	16
1.2.1 反馈放大电路的组成	16
1.2.2 直流反馈与交流反馈	17
1.2.3 电压反馈与电流反馈	18
1.2.4 串联反馈与并联反馈	19
1.2.5 电流串联负反馈电路	20
1.2.6 电压串联负反馈电路	21
1.2.7 电压并联负反馈电路	22
1.2.8 电流并联负反馈电路	23
1.3 集成运算放大器	24
1.3.1 运算放大器的组成	24
1.3.2 理想运算放大器	25
1.3.3 两种基本放大电路	26
1.3.4 加减法运算电路	27

第二章 振荡电路 28

2.1 振荡电路的基础知识 28

2.1.1 自激振荡器的组成 28

2.1.2 振荡电路的振荡条件 29

2.2 LC 正弦波振荡电路 31

2.2.1 变压器反馈式 LC 振荡电路 31

2.2.2 电感三点式 LC 振荡电路 33

2.2.3 电容三点式 LC 振荡电路 34

2.2.4 改进型电容三点式 LC 振荡电路 35

2.3 RC 正弦波振荡电路 36

2.3.1 RC 桥式振荡电路 36

2.3.2 RC 移相振荡电路 37

2.3.3 双 T 选频网络振荡电路 38

2.4 石英晶体谐振器 39

2.4.1 石英晶体的特点和等效电路 39

2.4.2 石英晶体振荡电路 41

第三章 低频功率放大电路 43

3.1 功放电路的特点与分类 43

3.2 甲类功率放大电路 44

3.3 乙类推挽功率放大电路 45

3.4 OTL 功率放大电路 47

3.5 OCL 功率放大电路 48

3.6 BTL 功率放大电路 49

3.7 集成功率放大电路 51

第四章 高频放大电路 53

4.1 小信号调谐放大电路 53

4.1.1 调谐放大电路 53

4.1.2 单调谐放大器电路 54

4.1.3 双调谐放大器电路 55

4.2 集成中频放大电路 56

4.2.1 集成中频放大器的组成 56

4.2.2 陶瓷滤波器	57
4.2.3 声表面波滤波器	59
4.2.4 集成中频放大电路实例	61
4.3 高频功率放大电路	62

第五章 调制与解调电路

本章主要介绍调制与解调电路的基本概念、调幅电路、检波电路、调频电路、鉴频电路、变频与混频电路等。

5.1 调制与解调概念	64
5.2 调幅电路	66
5.2.1 概述	66
5.2.2 模拟乘法调幅电路	68
5.2.3 二极管平衡调幅器	69
5.2.4 三极管基极调幅电路	70
5.2.5 三极管集电极调幅电路	71
5.3 检波电路	72
5.3.1 检波概述	72
5.3.2 同步检波器	73
5.3.3 大信号包络检波器	74
5.4 调频电路	75
5.4.1 直接调频电路	75
5.4.2 间接调频电路	77
5.4.3 调相电路	78
5.5 鉴频电路	79
5.5.1 鉴频概述	79
5.5.2 斜率鉴频器	80
5.5.3 相位鉴频器	81
5.5.4 比例鉴频器	83
5.6 变频与混频电路	84
5.6.1 变频电路	84
5.6.2 混频电路	86

第六章 数字与脉冲电路

本章主要介绍数字电路与脉冲电路的基本概念、数制、编码、逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路等。

6.1 基础知识	88
6.1.1 数制	88
6.1.2 编码	90

6.1.3	基本的逻辑运算	92
6.1.4	RC 微分电路与积分电路	96
6.1.5	晶体二极管开关特性与限幅器	98
6.1.6	晶体三极管开关特性与反相器	99
6.2	逻辑门电路	101
6.2.1	基本逻辑门电路	101
6.2.2	TTL 门电路	104
6.2.3	CMOS 门电路	106
6.2.4	TTL 与 CMOS 之间的接口电路	108
6.3	组合逻辑电路	109
6.3.1	加法器	109
6.3.2	比较器	110
6.3.3	编码器	111
6.3.4	译码器	113
6.4	时序逻辑电路	116
6.4.1	时序逻辑电路的组成	116
6.4.2	触发器	117
6.4.3	寄存器	119
6.4.4	计数器	121
6.5	脉冲波形的产生与变换	122
6.5.1	单稳态触发器	122
6.5.2	施密特触发器 (双稳态触发器)	123
6.5.3	矩形脉冲信号发生器 (多谐振荡器)	124
6.5.4	555 时基集成电路的典型应用	125
第七章	电子控制电路	127
7.1	光控电路	127
7.1.1	光控开关电路	127
7.1.2	光敏电阻器控制电路实例	129
7.1.3	光敏二极管控制电路实例	130
7.1.4	光敏三极管控制电路实例	131
7.1.5	光控晶闸管控制电路实例	132
7.1.6	光耦合器控制电路实例	133
7.2	声控电路	135

8.3.4 Γ 型滤波电路	169
8.3.5 π 型滤波电路	170
8.4 稳压电路.....	171
8.4.1 并联型稳压管稳压电路	171
8.4.2 串联型稳压电路	172
8.4.3 三端集成稳压器	173
8.4.4 三端可调电压稳压器	174
8.4.5 五端集成稳压器	175
8.5 AC - DC 变换模块	177
参考文献	178

1.1 基本放大电路

1.1.1 信号的输入与输出

VT 放大有入、出，线性放大不失真，
信号耦合三形式，直接、阻容、变压器。



说明 三极管放大电路中的一个重要问题是怎样把待放大的信号引入、把放大后的信号取出，同时又不破坏三极管的正常工作状态。放大电路的信号耦合一般有三种方式：

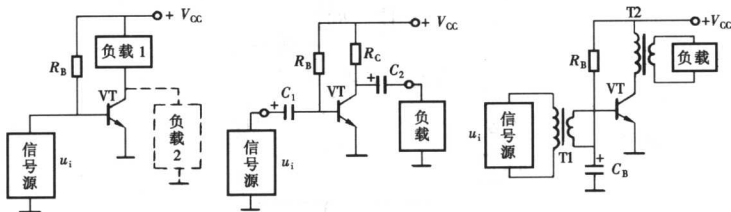
(1) 直接耦合方式如图 (a) 所示，直接耦合方式的负载常用两种办法接入。放大器的负载可以是一个电阻或喇叭，也可以是下一级放大器的输入端。直接耦合可以无损失地传递信号的全部频率成分。但同时，信号源和负载中的直流状态也会影响放大器的直流状态，配合不好可能影响放大器的正常工作。

(2) 阻容耦合方式如图 (b) 所示，图中的耦合电容 C_1 和 C_2 起着隔离直流状态、传递变化信号（隔直传交）的作用。当信号频率足够高、耦合电容足够大时，变化的信号可以通过电容的充、放电过程传递过去，而两边的直流电压则互不影响。

(3) 变压器耦合方式如图 (c) 所示，图中的耦合变压器也起隔直传交的作用，但变压器对信号中低频成分和高频成分的传递效果都不好。另外，变压器绕组的直流电阻不大，耦合时要注意，不要影响了放大器的直流工作状态。图 (c) 中的电容器 C_B 就专为隔断直流和传递交流而设。

从信号的角度看，三种耦合方式都要使输入信号能有效地影响放大三极管的基—射极电压，以及把放大后的变化电压、电流有效地传递给负载。三种方式也可以配合使用，如用变压器耦合的输入而用直接耦合的输出等。

图解



(a) 直接耦合方式

(b) 阻容耦合方式

(c) 变压器耦合方式

第一章 放大电路

1.1.2 共发射极放大电路

共发射极最基本，发射极正偏集电极反，
饱和失真 Q 偏高，截止失真 Q 偏低。

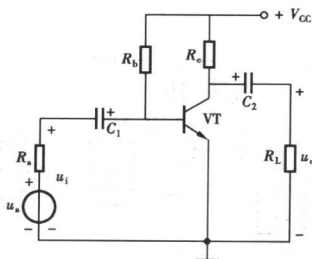


说明 共发射极基本放大电路如图 (a) 所示，图中 VT (晶体三极管) 是整个放大电路的核心元件，其作用是电流放大； $+V_{CC}$ 是整个放大电路正常工作的直流电源，它通过电阻器 R_b 向发射极提供正偏电压，通过电阻器 R_c 向集电极提供反偏电压； R_b 称为基极偏置电阻，由它决定基极直流电流 I_b (I_b 通常称为偏置电流)， R_b 必须取适当的值，从而保证晶体管处于正常工作状态；集电极负载电阻 R_c ，它的作用是将集电极电流的变化转换成集电极电压的变化；耦合电容 C_1 和 C_2 起隔直、耦合交流的作用，在低频放大电路中， C_1 、 C_2 通常采用电解电容。值得注意的是，电解电容是有极性的，其正极应接直流高电位。

放大电路没有输入信号时 (即 $U_s = 0$)，电路各处的电压、电流均为直流，称为直流工作状态，简称为静态。当有输入信号时，电路中的电压、电流都将随输入信号做相应的变化，这种变化状态称为交流工作状态，简称为动态。

静态时，晶体管的各极直流电压 U_{be} 、 U_{ce} 和电流 I_b 、 I_c 在三极管的输入特性曲线和输出特性曲线上确定为一个点，用 Q 点表示，习惯上称这些数值为静态工作点。所谓设置静态工作点即在静态时使三极管有合适的工作电压及电流，如果静态工作点 Q 设置不合理便会产生严重的非线性失真。

图解

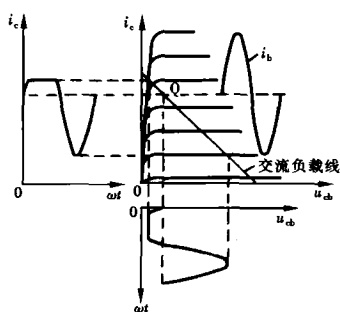


(a) 共发射极基本放大电路

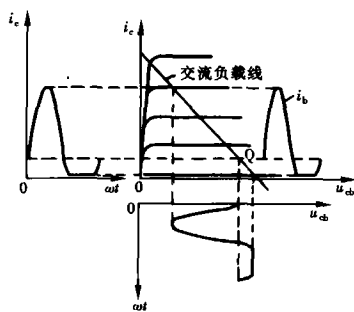
当 Q 点的位置设置得偏高, 在输入信号的正半周, 尽管 i_b 波形没有失真, 但在输出特性曲线上信号的变化范围有一部分进饱和区, 结果 i_c 的正半周和 u_{ce} 的负半周被削去一部分, 这种由饱和区引起的失真, 称为饱和失真, 如图 (b) 所示。要避免饱和失真, 应当减小 I_b 值, 即增大 R_b 值。

如果静态工作点选得太低, 则信号的负半周有一部分在截止区内, 使 i_b 的负半周被削去一部分, 结果 i_c 的负半周和 u_{ce} 的正半周也相应地被削掉一部分。这种由截止区引起的失真称为截止失真, 如图 (c) 所示。要避免截止失真, 应当适当增大 I_b 值, 即减小 R_b 值。

图解



(b) 饱和失真



(c) 截止失真

第一章 放大电路

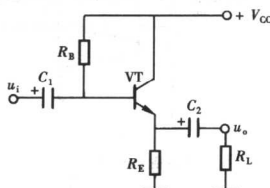
1.1.3 共集电极放大电路

共集放大近似 1，信号输出随输入，
共集能变阻抗值，常做输入输出级。

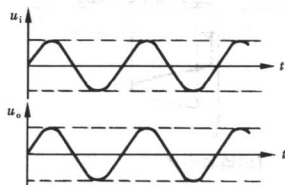


说明 如果把图共发射极放大器的信号输出从集电极改为发射极，如图 (a) 所示，就成了共集电极放大器，也叫射极跟随器或射极输出器。其最大的特点是输出信号与输入信号的波形同相而且幅值基本相同。也就是 $u_o \approx u_i$ ， $A_u = u_o / u_i \approx 1$ ，即输出信号的相位与幅值都跟随输入信号，如图 (b) 所示，这就是其名称的由来。虽然信号电压没有被放大，但输出信号的电流却可以比输入信号电流大很多，总的信号功率仍然得到了放大。这种放大器只需极小的输入信号电流就可以进行放大，并能带动较重的负载，输出较大的信号电流，因而经常用做多级放大器的第一级和最末级。该电路的输入电阻高，输出电阻低，可以用作阻抗变换器，使电路中的放大器通过它的连接，达到阻抗匹配。

图解



(a) 共集电极放大电路



(b) 信号波形图

MEMO 共集电极放大电路具有以下重要特性：①共集电极放大电路只有电流放大能力，没有电压放大能力；②输出信号电压与输入信号电压同相位，即输入信号电压在增大时，输出信号电压在增大，输入信号电压在减小时，输出信号电压在减小；③共集电极放大电路的输入阻抗比较大，输出阻抗比较小。利用此特点，在多级放大器系统中时常将中间的某一级放大器采用共集电极放大电路，这样这一级放大器将前级和后级的放大器进行隔离，以防止一个多级放大器电路系统之间的相互有害影响，起这种作用的共集电极电路又称为缓冲级放大器或隔离级放大器。

1.1.4 共基极放大电路

共基放大输入阻小，出入同相幅值高，
电流放大小于1，宽带高频特性好。



说明 如果把共发射极放大器的信号输入从基极改为发射极，如图（a）所示，就成了共基极放大器。从图（b）的波形图可以看出，共基极放大器输出信号的波形与输入同相而电压幅值被放大了许多。

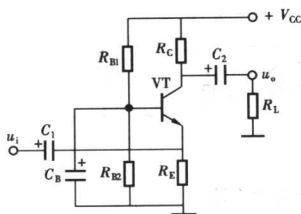
共基极放大电路的输入电阻很低，一般只有几至几十欧姆；共基极电路的输出电阻较高，它没有电流放大能力。

共发射极、共集电极和共基极放大器是单管放大器中三种最基本的单元电路，所有其他放大电路都可以看成是它们的变形或组合。所以掌握这三种基本单元电路的性质是非常必要的。三种放大电路的特点比较见下表。

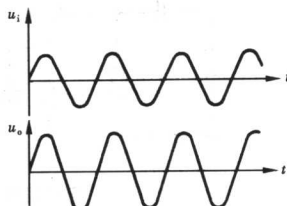
三种放大电路的特点比较

参 数	共发射极电路	共基极电路	共集电极电路
输入电阻 R_i	1k Ω 左右	几十 Ω	几十 ~ 几百 k Ω
输出电阻 R_o	几 k Ω ~ 几十 k Ω	几 k Ω ~ 几百 k Ω	几十 Ω
电流增益 A_i	几十 ~ 100 左右	略小于 1	几十 ~ 100 左右
电压增益 A_u	几十 ~ 几百	几十 ~ 几百	略小于 1
u_i 与 u_o 之间的相位关系	反 相	同 相	同 相

图解



(a) 共基极放大电路



(b) 信号波形图

第一章 放大电路

1.1.5 阻容耦合多级放大电路

级间耦合用阻容，各级Q点互不同，
低频信号难通过，线性集成不成。



说明 由一只三极管构成的放大器叫做单级放大器。单级放大器的放大能力远不能满足实际需要，实际的放大器是由多个单级放大器通过它们之间的适当连接，共同完成对信号的放大。由多个单级放大器组成的放大器，称它为多级放大器，多级放大器各级之间的耦合方式有3种：阻容耦合、变压器耦合和直接耦合。

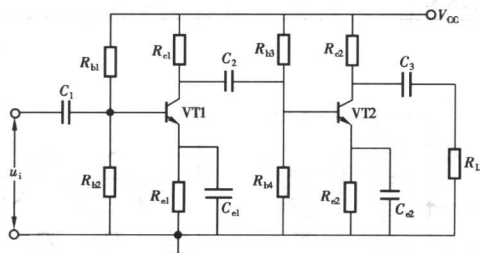
下图所示为一个两级阻容耦合放大电路。从图中可以看出，在两个单级放大器之间，交流信号是通过耦合电容 C_2 从第1级向第2级传送的。第1级的“负载”就是第2级的“输入电阻”。交流信号经第1级放大后，由耦合电容 C_2 送入第2级，信号电压就落在了第2级的输入电阻两端，这就是阻容耦合的含义。

阻容耦合方式有两个突出的优点：一是耦合电容有隔直流作用，所以各级放大器的工作点彼此独立，给电路的设计和维修带来了很大的方便；二是在信号频率已知的条件下，适当选取容量较大的耦合电容，可以减小信号在电容上的损耗，以提高传输效率。

阻容耦合方式也有一个缺点，就是它不能放大频率很低的信号。这是因为，对频率很低的信号，耦合电容的容抗很大，信号的传输效率太低。

阻容耦合方式多用于各种频率的小信号放大电路。

图解



两级阻容耦合放大电路