

中等专业学校教材

高频电子线路

俞家琦 编

1981.12

1981.12



西北电讯工程学院出版社

中等专业学校教材

高频电子线路

俞家琦 编

西北电讯工程学院出版社

1987

内 容 提 要

本书介绍高频电子线路的基本原理、分析方法和调整测试原理。主要内容有宽频带放大器、小信号调谐放大器、正弦波自激振荡器、高频功率放大器、调幅、检波、变频、倍频、调频、鉴频以及锁相环路。另外还专门讨论了晶体管高频等效电路和非线性电路的分析方法。各章后附有小结、习题及部分答案。

本书可作为中等专业学校无线电技术类专业的教材,也可供从事电子设备的调整、测试、检验、维修工作的工程技术人员参考,还可供有初步电工知识的人员作为学习电子线路的参考书。

中等专业学校教材

高频电子线路

俞家琦 编

西北电讯工程学院出版社出版

西北电讯工程学院印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 17 4/16 字数 401千字

1985年12月第1版 1987年7月第2次印刷 印数 13 001—23 000

ISBN 7-5606-0040-9/TN·0013

统一书号: 15322·105

定价: 2.55 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构，并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版计划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践，师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由电子工业部中专电子类教材编审委员会无线电技术编审小组审定，并推荐出版。

本教材由南京无线电工业学校俞家琦编写，沈阳机电学院严仲豪副教授担任主审。编审者均依据无线电技术编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

高频电子线路课涉及到的基本单元电路类型较多。本书力图按照一定的顺序，循序渐进地阐明各种电路的特点，以及它们的区别与联系。

第一章为晶体管高频等效电路。这一章从最简单的小信号线性电路着手，阐明晶体管在高频运用时的特点。重点指出晶体管在高频运用时的结电容效应，并对常用的两种晶体管的高频等效电路，即混合 π 型和 Y 参数电路，进行了介绍。这一章是高频电子线路的入门。

第二章和第三章为两种典型的高频小信号线性电路： RC 耦合放大器和调谐放大器。 RC 耦合放大器是宽频带放大器，结电容效应将影响放大器频率响应曲线的高频段。这一章重点讨论了各种展宽频带的方法。小信号调谐放大器为窄带放大器。这一章重点研究放大器增益与晶体管本身所可能得到的最大增益之间的关系，以及电路的稳定性问题。

第四章是正弦波自激振荡器。这部分内容有的书放在高频功率放大器之后，有的书则放在高频功率放大器之前，本书采用了后一种安排。自激振荡器紧接在小信号调谐放大器之后，从调谐放大器的不稳定状态，引入自激振荡器的振荡条件，这是线性反馈振荡器的理论。这样安排的好处是衔接较紧密，过渡较自然，并且没有跳跃的感觉。据此研究了各种满足振荡条件的自激振荡电路。当然，实际的振荡器是利用器件的非线性来限制振荡器的振幅，但这可以不用高频功率放大器的折线分析法进行分析，因此学生是能够接受的。本章还重点讨论了振荡器的频率稳定问题。前四章的内容大约占全书一半的篇幅和学时。

第五章是非线性电路的分析方法。这是与线性电路不同的分析法，是以后各章的概述。非线性电路的分析方法主要归纳为两种类型：丙类功率放大器的折线分析法和非线性频率变换电路的分析法。本章概括介绍了这两种方法。

第六章是高频功率放大器。在这一章中首先讨论高频功率放大器的工作特点，并用折线法对丙类放大器进行定量分析。然后提出在考虑高频效应后对所分析结果的修正。最后讨论高功放的馈电电路及耦合电路。本章还介绍了功率合成技术。

第七章及第八章分别讨论四种频率变换电路：调幅、检波、变频和倍频。这些电路与放大电路有明显的差异。根据对这些电路的要求，采用不同的方法，着重分析这些电路频率变换的原理及其电路。分析时注意到它们之间的联系和区别。

第九章为角度调制及其解调，讨论调频的基本概念，调频与调幅的比较，以及实现调频的方法。本章还讨论了频率解调的方法及具体电路。

第十章为锁相环路。本章介绍锁相环的基本概念以及各种应用。

电子线路课是一门实践性很强的课程。本书各章结合实验，介绍了电路的调整及测试原理，但这部分并不是实验指导书，也不一定都是大纲规定的实验内容。

电子技术发展十分迅速,各种新型器件及电路不断出现。作为一本基础课教材,本书仍着重于基本原理的分析。书中列举了一些例子,书末也附录了几个电路,供读者参考。

为了节省篇幅,本书对于某些计算公式没有进行推导,只引用了结果,这些都在有关地方注明了出处。书末还列出了主要参考文献。

本书授课约需100学时。课时分配建议如下:绪论2学时;晶体管高频等效电路8学时;宽频带放大器8学时;小信号调谐放大器10学时;正弦波自激振荡器16学时;非线性电路的分析方法6学时;高频功率放大器12学时;振幅调制及其解调14学时;变频与倍频10学时;角度调制及其解调8学时;锁相环路6学时。

编者认为教材只起主要参考书的作用。教师应根据教学大纲规定的基本内容,结合自己的教学经验,拟定自己的授课顺序和阐明问题的方法。并应提倡学生多看其它参考书,这可使学生对问题的理解和掌握更灵活些。

本书主审沈阳机电学院严仲豪副教授对教材原稿进行了认真细致的审阅,并提出了许多宝贵意见;辽宁电子学校刘凤池同志为本书的责任编委,在审稿过程中提出了许多宝贵的意见;辽宁电子学校、大连电子学校、黑龙江省电子学校、北京无线电工业学校、九江机械工业学校、福建省电子工业学校、上海电子技术学校的有关同志参加了本书的编写大纲审定会,并审查了编者的原讲义稿,他们都提出了宝贵的意见。对上述单位和个人编者表示深切的谢意。

限于水平,本书可能还有不少不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者 1984年8月

常用符号说明

一、电压

$u(t)$	一般电压信号; 交流电压瞬时值(可简写为 u); 调幅电压信号
$\dot{U}$	正弦电压复数量
U	正弦电压幅值; 有效值(在专门指明时); 直流电压
$u_c(t)$	载波电压信号; VCO 的控制电压信号
u_c	集电极交流电压瞬时值; 回路两端交流电压瞬时值
$\dot{U}_c$	回路两端正弦电压复数量
U_c	载波正弦电压幅值; 回路两端正弦电压幅值; VCO 控制正弦电压幅值
$U_c(s)$	$u_c(t)$ 的象函数
$u_\Omega(t)$	音频调制电压信号
U_Ω	音频调制正弦电压幅值
$\dot{U}_b$	基极正弦电压复数量
U_b	基极正弦电压幅值
u_{be}	基-射间交流电压瞬时值
$u_{b'e}$	发射结交流电压瞬时值
$\dot{U}_{b'e}$	发射结正弦电压复数量
$U_{b'e}$	发射结正弦电压幅值
u_{ce}	集-射间交流电压瞬时值
U_{ce}	临界饱和电压
$U_{ce\min}$	集-射电压最小值
$U_{be\max}$	基-射电压最大值
U_i	截止电压
u_i	输入交流电压瞬时值
$\dot{U}_i$	输入正弦电压复数量
U_i	输入正弦电压幅值
u_o	输出交流电压瞬时值
$\dot{U}_o$	输出正弦电压复数量
U_o	输出正弦电压幅值
$u_s(t)$	信号源电压信号; 信号电压瞬时值
$\dot{U}_s$	信号源正弦电压复数量
U_s	信号源正弦电压幅值
$u_1(t)$	本振电压信号; 本振电压瞬时值
U_1	本振正弦电压幅值
u_k	中频交流电压瞬时值

U_R	中频正弦电压幅值
$\dot{U}_f$	反馈正弦电压复数量
U_f	反馈正弦电压幅值
U_d	检波器输出电压直流分量
U_p	AGC 电压
$u_{AM}(t)$	调幅电压信号
$u_{FM}(t)$	调频电压信号
$u_{PM}(t)$	调相电压信号
$u_R(t)$	参考信号交流电压瞬时值
U_R	参考正弦电压幅值
$u_d(t)$	误差信号交流电压瞬时值
$U_d(s)$	$u_d(t)$ 的象函数
$u_V(t)$	VCO 输出交流电压瞬时值
U_V	VCO 输出正弦电压幅值
E	二极管偏置电压
E_c	集电极直流电源电压
E_{c0}	集电极直流电源电压初始值
E_b	基极直流偏置电压
E_{b0}	基极直流偏置电压初始值
$\dot{E}_s$	信号电动势复数量
E_s	信号电动势
ϕ	PN 结势垒电位差

二、电流

$i(t)$	一般电流信号; 交流电流瞬时值(可简写为 i)
$\dot{I}$	正弦电流复数量
I	正弦电流幅值; 有效值(在专门指明时); 直流电流
i_b	基极交流电流瞬时值
$\dot{I}_b$	基极正弦电流复数量
I_b	基极正弦电流幅值
i_c	集电极交流电流瞬时值
$\dot{I}_c$	集电极正弦电流复数量
I_c	集电极正弦电流幅值
i_e	发射极交流电流瞬时值
I_{c0}	集电极余弦脉冲电流直流分量
I_{c1}	集电极余弦脉冲电流基波分量幅值
I_{cn}	集电极余弦脉冲电流谐波分量幅值
I_{b1}	基极电路基波电流幅值
$I_{c\max}$	集电极余弦脉冲电流最大值
$I_{b\max}$	基极余弦脉冲电流最大值
$I_{\max}$	二极管余弦脉冲电流最大值
I_B	基极静态工作点电流
I_C	集电极静态工作点电流
I_E	发射极静态工作点电流
I_O	静态工作点电流

$\dot{I}_s$	电流源正弦电流复数量
I_s	电流源正弦电流幅值; 二极管反向饱和电流
I_K	中介回路电流有效值
I_A	天线回路电流有效值
I_d	检波输出电流直流分量
I_g	中频正弦电流幅值
I_{CM}	集电极最大允许电流
$\dot{I}_r$	通过 y_{re} 反馈到输入端正弦电流复数量

三、阻抗、导纳

$Z = R + jX$	阻抗
$z = \sqrt{R^2 + X^2}$	阻抗的幅值
$Y = g + jb$	导纳
$y = \sqrt{g^2 + b^2}$	导纳的幅值
R	电阻一般符号; 电路中电阻元件符号
r	电阻一般符号; 晶体管内部等效电阻
y	晶体管 Y 参数复数量
$ y $	晶体管 Y 参数模值
r_j	PN 结电阻
r_s	PN 结串联电阻
r_e	发射结电阻
$r_b' e$	发射结电阻(r_e 折合到基极)
$r_b' c$	集电结电阻
$r_{bb'}$	基区电阻
r_{ce}	集电极输出电阻
r_i	输入电阻
r_o	输出电阻
r_q	石英晶体等效串联电阻
g_i, g_{ie}	输入电导
g_o, g_{oe}	输出电导
$g_b' e = 1/r_b' e$	发射结电导
$g_0 = 1/R_0$	回路固有电导; 空载谐振电导
$g_L = 1/R_L$	负载电导
g_m	跨导
g_c	晶体管折线化跨导; 变频跨导
$g(t)$	时变跨导
g_1	时变跨导的基频分量幅值
g_{cr}	临界线斜率
$g_1 = \alpha_1/\alpha_0$	集电极电流利用系数
g_Σ	总电导
R_B	基极电阻
R_C	集电极电阻
R_E	发射极电阻
R_L	负载电阻

R_0	回路空载谐振电阻
R_e	回路有载谐振电阻
R_s	电源电阻
R_p	滤波电阻
R_f	反馈电阻
R_y	外接电阻
R_{opt}	最佳负载电阻
C	电容一般符号; 调谐回路电容
C_T	势垒电容
C_D	扩散电容; 变容二极管电容
$C_{b'e}$	发射结电容
$C_{b'c}$	集电结电容
$C_{eb'}$	共基发射结电容
$C_{cb'}$	共基集电结电容
C_{ob}	射极开路时的共基输出电容
C_i	输入电容
C_o	输出电容
C_0	静态电容
C_M	密勒电容
C_L	负载电容
C_B	基极耦合电容; 基极补偿电容
C_C	集电极耦合电容; 一般耦合电容
C_E	发射极旁路电容; 发射极补偿电容
C_N	中和电容
C_y	外接电容
C_q	石英晶体等效串联电容
C_p	滤波电容
C_K	中介回路电容
C_j	PN 结电容
C_Σ	总电容
L	电感一般符号; 调谐回路电感
L_c	扼流圈电感
L_K	中介回路电感
L_f	反馈电感
L_q	石英晶体等效串联电感
L_e	石英谐振器等效电感
M	互感
Y_L	负载导纳复数量
Y_s	电流源导纳复数量
Z_L	负载阻抗复数量
Z_o	特性阻抗

四、增益、传输系数

A_u	电压增益复数量
A_u	电压增益模值
A_{u0}	中频电压增益; 谐振电压增益

A_{uh}	高频电压增益复数量
A_{uh}	高频电压增益模值
$\dot{A}_p$	功率增益复数量
A_p	功率增益模值
A_{p0}	中频功率增益; 谐振功率增益
A_{us}	源电压增益模值
A_{uof}	加负反馈后中频电压增益
A_{uocr}	双回路临界耦合谐振电压增益
A_{uc}	变频电压增益模值
A_{pc}	变频功率增益模值
K	电压传输系数
K_d	直流电压传输系数; 鉴相器传输系数
K_o	交流电压传输系数
K_0	RC选频网络电压传输系数中心值
K_D	微分网络电压传输系数
$\dot{F}_u$	电压反馈系数复数量
F_u	电压反馈系数模值
$F(s)$	LF的传输系数
$H(s)$	锁相环闭环传输系数
$H_o(s)$	锁相环开环传输系数
$H_e(s)$	误差传输函数

五、频率、相位与相角

f	频率的一般符号
F	音频调制信号频率
f_c	载波频率
f_s	中频频率
f_H	上限频率
f_L	下限频率
f_m	最高振荡频率
f_N	干扰信号频率
f_0	谐振频率
f_p	石英晶体并联谐振频率
f_s	石英晶体串联谐振频率; 信号频率
f_T	特征频率
f_i	本振频率
f_α	α 截止频率
f_β	β 截止频率
Δf	频偏
$2\Delta f_{0.7}$	3dB 带宽
Ω	音频调制信号角频率
$\Delta\omega$	频偏
$\omega(t)$	瞬时角频率
ω_P	参考信号角频率
ω_V	VCO输出信号角频率
ω_0	VCO输出信号中心角频率; 谐振角频率

ω_s	信号角频率
ω_i	本振角频率
ω_s	中频信号角频率
ω_c	载波角频率
φ_0	初始相角
φ_k	$\dot{A}_{u,k}$ 的相角
φ_{Mk}	$\dot{M}_k$ 的相角
φ_A	$\dot{A}_u$ 的相角
φ_{fe}	y_{fe} 的相角
φ_F	$\dot{F}_u$ 的相角
φ_{re}	y_{re} 的相角
$\theta(t)$	瞬时相位
$\theta_c(t)$	载波的瞬时相位
$\Delta\theta$	相偏
$\theta_R(t)$	参考信号的瞬时相位
$\theta_V(t)$	VCO 输出信号的瞬时相位
$\theta_e(t)$	PD 输入信号的相位差
$\theta_1(t)$	PD 输入信号的相位差(以 VCO 输出信号固有瞬时相位为参考)
$\theta_e(s)$	$\theta_e(t)$ 的象函数
$\theta_V(s)$	$\theta_V(t)$ 的象函数

六、功率

P	功率一般符号
P_b	基极激励功率
P_c	集电极耗散功率; 载波功率
P_d	直流输入功率
P_s	中频功率
P_i	输入功率
P_J	石英晶体激励功率
P_N	噪声功率
P_o	输出功率
P_s	信号功率
P_Q	边频功率
P_{CM}	集电极最大允许耗散功率
P_{ma}	调幅波平均功率
P_{nmax}	调幅波最大瞬时功率

七、其它符号

k	波尔兹曼常数; 耦合系数
K_r	矩形系数
k_n	失配损耗
k_i	插入损耗
k_{cr}	临界耦合系数
K_V	VCO 的灵敏度
S_f	调频灵敏度
S_p	调相灵敏度

$K(t)$	开关函数
$s(t)$	调制信号的一般形式
m	调幅系数
m_f	调频系数
m_p	调相系数
s_0	稳定系数
p	接入系数; 组合频率系数
q	失配系数; 组合频率系数; 电子电荷量
N_F	噪声系数
ξ	一般失调; 集电极电压利用系数
γ	非线性失真系数; 变容二极管特性指数
M_n	高频频率失真系数复数量
M_n	高频频率失真系数模值
d	抑制比
D	频偏率
η	耦合因数
η_c	集电极效率
B	带宽
τ	时间常数
θ	通角
Q	品质因数; 工作点
Q_0	空载品质因数
Q_e	有载品质因数
T	热力学温度
t_r	脉冲前沿上升时间
α_0	共基低频短路电流放大系数
α	共基短路电流放大系数
$ \alpha $	α 的模值
$\alpha_0(\theta)$	直流分量分解系数
$\alpha_1(\theta)$	基波分量分解系数
$\alpha_n(\theta)$	谐波分量分解系数
β_0	共射低频短路电流放大系数
β	共射短路电流放大系数
$ \beta $	β 的模值
GB	增益带宽积
J_T	石英晶体符号
BG	晶体管符号
D	二极管符号
T_r	变压器符号
$J_n(m)$	贝塞尔函数

目 录

常用符号说明

绪 论

第一章 晶体管高频等效电路

§ 1.1 概述	5
§ 1.2 晶体管物理参数及等效电路	7
§ 1.3 晶体管频率参数	12
§ 1.4 晶体管网络参数及等效电路	17
本章小结	23
习题	23

第二章 宽频带放大器

§ 2.1 概述	25
§ 2.2 共射 RC 放大电路的高频特性	27
§ 2.3 用补偿法展宽频带	35
§ 2.4 负反馈宽频带放大器	41
§ 2.5 组合电路	44
§ 2.6 多级宽频带放大器	46
§ 2.7 集成宽频带放大器	47
§ 2.8 宽频带放大器的调整与测试	48
本章小结	50
习题	50

第三章 小信号调谐放大器

§ 3.1 概述	52
§ 3.2 单调谐回路放大器	54
§ 3.3 多级单调谐放大器	62
§ 3.4 双调谐回路放大器	64
§ 3.5 调谐放大器的稳定性	70
§ 3.6 调谐放大器电路举例	75
§ 3.7 调谐放大器的调整与测试	79
本章小结	80
习题	81

第四章 正弦波自激振荡器

§ 4.1 概述	83
§ 4.2 反馈式振荡器的工作原理	83
§ 4.3 互感反馈振荡电路	92
§ 4.4 LC 三点式振荡电路	95

§ 4.5 改进型电容反馈三点电路	99
§ 4.6 频率稳定与振幅稳定	101
§ 4.7 石英晶体振荡器	104
§ 4.8 RC振荡器	111
§ 4.9 自激振荡器的调整与测试	115
本章小结	117
习题	118
第五章 非线性电路的分析方法	
§ 5.1 非线性电路的折线分析法	121
§ 5.2 非线性电路的幂级数分析法	128
本章小结	131
习题	132
第六章 高频功率放大器	
§ 6.1 概述	133
§ 6.2 高频功率放大器的工作原理	135
§ 6.3 高频功率放大器的定量分析	137
§ 6.4 晶体管高频功率放大器的高频效应	144
§ 6.5 高频功率放大器的馈电电路及耦合电路	146
§ 6.6 高频功率放大器的调谐和调整	151
§ 6.7 功率的合成与分配	152
本章小结	159
习题	160
第七章 振幅调制及其解调	
§ 7.1 概述	161
§ 7.2 调幅原理	165
§ 7.3 低电平调幅	166
§ 7.4 高电平调幅	170
§ 7.5 检波器概述	173
§ 7.6 小信号平方律检波	174
§ 7.7 大信号包络检波	175
§ 7.8 同步检波	181
§ 7.9 振幅调制器和检波器的测试	183
§ 7.10 自动增益控制电路	184
本章小结	191
习题	191
第八章 变频与倍频	
§ 8.1 变频器概述	193
§ 8.2 晶体三极管混频器	195
§ 8.3 变频器的干扰	202

§ 8.4 平衡混频器和环形混频器.....	206
§ 8.5 变频器的调整.....	208
§ 8.6 倍频器.....	211
本章小结	216
习题	216
第九章 角度调制及解调	
§ 9.1 概述.....	218
§ 9.2 调频电路.....	225
§ 9.3 调频信号的解调.....	229
§ 9.4 预加重-去加重技术	236
§ 9.5 自动频率微调.....	237
§ 9.6 鉴频特性曲线的调整.....	238
本章小结	239
习题	240
第十章 锁相环路	
§ 10.1 概述.....	241
§ 10.2 锁相环路的基本组成及其数学模型.....	242
§ 10.3 锁相环路的分析.....	247
§ 10.4 锁相环路的应用简介.....	250
本章小结	253
习题	253
参考文献	255
附录	255

绪 论

现代科学技术以其丰富的精神成果和物质成果正在广泛地渗透到人类生活的各个方面，并成为人类进步的一个标志。电子学，特别是微电子学的飞速进步，更向人们展示了社会生产力大发展的宏伟前景。目前，一场新的技术革命正在出现。

科学家们断言，世界正进入信息时代。而信息的观测、加工、处理、记忆，无一不需要电子技术。电子技术为我们提供了各式各样的设备，使人类的信息传递(通信)得到改善。还有很多设备应用到各个方面。例如使医生能更好地了解人的机体以保护我们的健康；使银行的职员和企业管理人员能方便地处理大量资料和数据；使工具机和动力机增添了记忆能力，从而成为崭新的高效能的现代化生产工具等等，难以一一叙述。

未来的技术专家和工程师要适应这种发展的形势，必须比他们的前人更加深入地研究电子技术和电子技术对于人类及其环境所产生的重大影响。因此，电子技术课是无线电技术专业必修的专业基础课程。

各类电子设备和系统都是由一些基本的电子线路所组成。这些电子线路的功能是各式各样的，诸如信号的发生、传输和放大，信号的加工处理，能量的转换，信息的存贮等等。

由于各种基本电子线路的功能不同，它们的组成以及工作状态也是不同的。但它们都是由电子器件和相应的电路元件所组成。如果在一块很小的硅片上集中制成某电路所需的半导体器件和元件，组成一块独立的完整的电路，完成某项功能，这种电路称为集成电路；如果电子器件与电路元件是分开的，依靠导线连接成完整的电路，则称为分立元件电路。不管是哪一种电路，电子器件都是构成电子线路的核心。

电子器件有电子管、晶体管以及场效应管等。它们在各种电子线路中的作用及工作状态是不同的。特别是当频率不同时，它们呈现出很大的差异。以双极性晶体管而言，在低频时，即几千赫兹以下时，基本上可以用电阻网络来模拟。例如晶体管的 h 参数网络模型。但随着频率的升高，例如到几十千赫或几百千赫以上时，由于晶体管的结电容效应不能再忽视，这时它的工作情况就不同了。这些内部电容，大多和晶体管的体电阻及接触电阻相串联，工作时将发生充电和放电现象，从而使输出电压波形与输入电压波形产生差异，降低增益，发生相移，限制了工作频率的进一步提高。同时，载流子的运动速度也是有限的。在真空电子管中，电子以平均热速度从阴极发出，这个速度取决于阴极的温度。虽然电场能使电子加速，但电子速度通常仍远低于光速。在充气电子管中，电子或离子和气体分子互相碰撞，因此它们的平均速度是有限的，这取决于气体密度。在半导体(晶体管和场效应管)中，载流子的运动同样要受到阻碍，甚至更加严重。在常用的半导体器件中，在室温并正常掺杂的情况下，载流子饱和和漂移速度约为 10^7cm/s ^①。但半导体器件中的载流子通常是以扩散的形式运动的，扩散运动的速度远低于饱和和漂移速度。既然载流子的运动速度有限，因此在各类电子器件中，载流子从一个极渡越到另一个极就需要时间。当渡越时间和振荡周期可以相比拟时，输出波形与输入波形还将产生新的差异。此外，在高频时，引线电感、分布电容等等也都将影响电子器件的正常工作。由此可见，一些在低频电子线路中被忽略的现象，在高频电子线

①[德]H.-G. 翁格尔, W. 哈特著《高频半导体电子学》，王蕴仪译，科学出版社 1981 年版, P. 2。