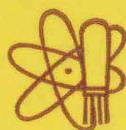


半導體管電路原理

R. F. 茜 亞 著



香港新文書店出版

半 導 體 管 電 路 原 理

R. F. 茜 亞 著

香港新文書店出版

半 導 體 管 電 路 原 理

定價港幣一二元正

著 者：R. F. 茜 亞

出 版 者：新 文 書 店

香港九龍譚公道三十號

經 銷 處：港澳及海外各大書局

承 印 者：成 記 印 刷 廠

九龍新蒲崗工廠大廈1座2樓8號A

版權所有・翻印必究

符 號

本書中所用符号的一般規律如下：

(1) 大写字母一般用来表示不变量或直流量值；小写字母表示增量或交流量值。当所研究的量值是由直流加一交流組成时，則采用特殊符号，如 $I(t)$ ，表示电流是時間的函数。

(2) 因直流电阻和交流电阻数值上往往相差很多，上面的規律对各种电路中所用的电阻也适用。例如，反射負載电阻是 r_i ，而变压器綫圈直流电阻是 R_i ；电納、电抗、导納和阻抗两种表示法都可以用，一般都用小写字母。

(3) 級間的区别則用脚注表示。因此， r_{i1} 和 r_{i2} 分别表示第一級和第二級的輸入电阻。

拉 丁 字 母

符号	代表的意义		
A	放大率	a_{ij}	a 矩陣的元素
A^0	矢量电流比	a_0	低頻电流放大系数
A_i	电流放大率	B	基极
A_i	矢量电流比	B	頻帶
A_{in}	第 n 級电流放大率	b	发射极接地电流放大系数
A_{io}	短路时电流放大率	b	迁移率之比 $\left(= \frac{\mu_e}{\mu_h} \right)$
A_{sc}^0	无反饋时短路电流比	b	电納
A_v	矢量电压比	b_i	輸入电納
A_v	电压放大率	b_{ij}	b 矩陣的元素
A_{v0}	低頻电压放大率	b_o	輸出电納
a	电流放大系数		

C	电容	e_i	輸入交流电压
C	集电极	e_m	外施網絡电压
C_c	集电极电容	e_n	等效噪声电压
c	电容	e_{nc}	开路时集电极等效噪声电压
		e_{ne}	开路时发射极等效噪声电压
D	迟延	e_o	輸出交流电压
D	扩散常数		
D	二极管	F	部分
D_n	扩散常数	F	噪声因数
D_o	鉗压二极管	F	倒逆差
db	分貝	F_{min}	最小噪声因数
div	散度	F_0	1000 赫时的噪声因数
		F_{oc}	发生器开路时倒逆差
E	直流电压	F_p	功率損耗因数
E	电场	F_{sc}	发生器短路时倒逆差
E, e	发射极	f	載流子濃度的空間函数 (直流)
E_b	基极直流电压	f	頻率
E_c	集电极直流电压	$f_{\alpha 0}$	$ \alpha $ 减小 3 分貝时的頻率
E_{c1}	运用点集电极电压	f_{A0}	电压增益减小 3 分貝时的 頻率
E_e	发射极直流电压	f_{b0}	$ b $ 减小 3 分貝时的頻率
E_{e1}	运用点发射极电压	f_{g0}	功率增益 G 减小 3 分貝时 的頻率
E_o	輸出电压	f_0	諧振頻率
E_m	最大結电场	f_r	摩擦力
e	电子的电荷	$f(x)$	載流子濃度的空間函数 (直流)
e	自然对数的底(2.71828...)	$f(z)$	复变函数
e_c	集电极等效电源矢量电压	G	濃度梯度
e_D	对偶網絡电压		
e_g	发生器电压		
e_g	柵极电压		
e_g'	变换后发生器电压		
e_{gn}	噪声发生器的电压均方根 值		

G	电导	I_b'	B 类基极电流峰值
G	功率增益	I_c	集电极直流电流
G_a	有用功率增益	I_{c0}	发射极电流为零时集电极 直流电流
$(G_a)_{\max}$	最大有用功率增益	$(I_c)_0$	静态时集电极电流
G_f	反馈电导	$(I_c')_0$	B 类零信号时集电极电流
$G_{\max}$	最大功率增益	I_c'	B 类集电极峰值电流
G_0	低频功率增益	$I_c(t)$	集电极电流的瞬时值
G_t	四端网络转换增益	I_d	二极管直流电流
g	电导	I_{d-c}	集电极电流的直流分量
g	载流子浓度的空间函数 (交流)	I_e	发射极直流电流
g_e	集电极电导	I_e'	B 类发射极电流的峰值
g_i	输入电导	$(I_e)_0$	静态时发射极直流电流
g_i'	变换后输入电导	I_{es}	相当于饱和时发射极直流 电流
g_{ij}	g 矩阵的元素	$I_e(t)$	发射极电流的瞬时值
g_t	调谐电路的电导	I_t	输入电流
g_m	互导	Im	虚部
g_o	输出电导	I_o	输出直流电流
g_o'	变换后输出电导	I_s	0°C 时 I_{co} 之值
g_p	屏极电导	I_0	失真波形的直流分量
$grad$	梯度	I_0	$p-n$ 结饱和电流
$g(x)$	载流子浓度的空间函数 (交流)	I_{0e}	饱和电流 I_0 中由电子组成 的分量
h_{ij}	h 矩阵的元素	I_{0h}	饱和电流 I_0 中由空穴组成 的分量
$h(t)$	脉冲响应	I_1	网络输入电流
h_{11}	输出端短路时输入阻抗	I_2	网络输出电流
h_{12}	输入端开路时反向电压比	i	交流电流
h_{21}	输出端短路时电流转移比	i	电流密度矢量
h_{22}	输入端开路时输出导纳	i	由温度改变引起的电流增 量
I	直流电流	i_b	基极交流电流
I_b	基极直流电流		

i_b	I_b 的增量变化	k	比例因子
i_c	集电极交流电流	k_1, k_2	常数
i_c	I_c 的增量变化	L	阻擋层厚度
i_c	集电极矢量电流	L	少数载流子的扩散距离
i_{cb}	反馈电流	L	电感
i_{c0}	I_{c0} 的增量变化	L	长度
$i_c(t)$	集电极电路中的信号电流	L_B	基极区域内的扩散距离
i_D	对偶网络电流	L_e	电子的扩散距离
i_e	发射极交流电流	L_{eE}	电子在发射极区域内的扩散距离
i_e	I_e 的增量变化	L_h	空穴的扩散距离
i_e	发射极矢量电流	L_{hB}	空穴在基极区域内的扩散距离
$i_e(t)$	发射极电路中的信号电流	L_{hE}	空穴在发射极区域内的扩散距离
i_f	反馈交流电流	L_p	初级线圈的电感
i_i	输入交流电流	L_s	次级线圈的电感
i_l	负载电流的增量变化	$\mathcal{L}^{-1}$	拉普拉斯反变换算符
i_n	放大器输出电流	l	有效光通量
i_n	网络电流	l	单位长度的电感
i_o	输出交流电流	M	热骚动噪声电压的均方值
$\hat{i}_o$	输出交流电流的峰值	M	$g(x)$ 的模
i_s	信号电流	M	互感
i_0	放大器输入电流	M	p 型区域
i_1	网络输入交流电流	m	依时变化的载流子浓度
$\hat{i}_1$	输入交流电流的峰值	m	质量
i_2	网络输出交流电流	m^2	阻抗变换比
j	$\sqrt{-1}$	m_s	稳态时依时变化的载流子浓度
K	一部分	N	噪声功率
K	放大器的电流放大率		
K	理想延迟线的延迟时间		
K	比例常数		
K	电流放大率的减退量		
k	玻耳兹曼常数		

N_A	受主密度	p	半导体多余空穴的区域
N_D	施主密度	Q	电容器的电抗与电阻之比 (品质因数)
n	载流子浓度	Q, Q'	电感线圈的电抗与电阻之比 (品质因数)
n	半导体多余电子的区域	q	电子电荷
n	匝数比	R	直流电阻
n^2	阻抗变换比	R	具电阻因次的参数
n_e	半导体单元体积内的电子数	R	整流比
n_h	半导体单元体积内的空穴数	R_b	基极外电阻
n_i	半导体单元体积内的本征载流子(空穴-电子对)的数目	R_b	大信号理想基极电阻
n_p	热平衡时载流子浓度	R_b'	基极电路中总的直流电阻
P	功率	R_{cf}	集电极等效二极管正向直流电阻
P_a	有用功率	R_{cr}	集电极等效二极管反向直流电阻
P_{ao}	放大器的有用功率输出	Re	实部
P_D	集电极耗散功率	R_e	发射极直流电阻
P_{d-c}	直流耗散功率	R_{ef}	发射极等效二极管正向直流电阻
P_i	输入功率	R_{er}	发射极等效二极管反向直流电阻
P_l	负载功率	R_f	二极管正向直流电阻
P_n	噪声功率	R_h	发射极和集电极间的电阻
P_{ni}	输入端等效噪声功率	R_i	电流测量电阻
P_{no}	放大器输出端总的噪声功率	R_{ib}	基极电路电流测量电阻
P_{no}'	由信号电源内阻 r_g 因热骚动在放大器输出端引起的噪声功率	R_{ic}	集电极电路电流测量电阻
$(P_n)r_g$	因热骚动在信号电源内阻 r_g 上引起的噪声功率	R_{ie}	发射极电路电流测量电阻
P_o	输出功率	R_l	负载直流电阻
p	微分算符	R_r	二极管反向直流电阻
		R_s	分压器电阻

R_{1a}	无稳触发电路的负载电阻	$(r_i')_{\max}$	最大功率增益的负载电阻
R_{1m}	单稳触发电路的负载电阻	r_m	发射极-集电极等效转移电阻
r	交流电阻	r_n	噪声等效电阻
r	由辐射引起的热损耗	r_o	放大器(或信号电源)的输出电阻
r	变换电阻	r_p	初级线圈的电阻
r'	耦合电阻	r_p	真空管的屏极电阻
r_b	基极等效电阻	r_s	次级线圈的电阻
r_b'	与基极串联的电阻	r_{11}	输出端开路时网络输入电阻
r_c	集电极等效电阻	r_{12}	输入端开路时反向转移电阻
r_c'	高温时的 r_c 值	r_{21}	输出端开路时正向转移电阻
r_{cr}	集电极等效二极管反向交流电阻	r_{22}	输入端开路时网络输出电阻
r_{c0}	发射极电流很小时集电极等效电阻	r_{11}'	输出端短路时网络输入电阻
r_e	发射极等效电阻	r_{11}''	输出端短路时基极与1000欧的电阻串联后的输入电阻
r_e'	与发射极串联的电阻	r_{22}'	输入端短路时网络输出电阻
r_{ef}	发射极等效二极管正向交流电阻	S	信号功率
r_{e1}	发射极直流电流为1毫安时发射极交流电阻	S	稳定系数
r_g	信号电源的内阻	s	拉普拉斯算符
r_g'	最小噪声因数的信号电源的内阻	T	绝对温度
r_g'	变换后的信号电源内阻	T	脉冲周期
r_g'	对偶网络的信号电源内阻	T	倒逆比
r_i	输入交流电阻	T_c	RC网络的时间常数
r_{io}	放大器输出端短路时的输入电阻		
r_i'	负载为 $(r_i')_{\max}$ 时的输入电阻		
r_i	交流负载电阻		
r_i'	高温时的负载电阻		
r_i'	变换后负载电阻		

T_{oc}	信号源开路时倒逆比	v_c	集电极矢量电压
T_{sc}	信号源短路时倒逆比	$v_c(t)$	集电极电路中的瞬时信号电压
t	时间	v_e	发射极交流电压
$\bar{t}$	延迟时间	v_e	发射极矢量电压
u_e	电子速度	$v_e(t)$	发射极电路中的瞬时信号电压
u_h	空穴速度	v_g	交流电源电压
u_i	电流比	v_i	输入交流电压
u_j	根号内的虚部	$\hat{v}_i$	输入交流电压峰值
u_r	根号内的实部	v_o	输出交流电压
V	直流电压	v_o'	开路输出电压
V_{B2}	基极间偏电压	v_0	交流测量电压
V_c	集电极直流电压	v_1	网络输入交流电压
$V_c(t)$	集电极瞬时电压(时间的函数)	v_2	网络输出交流电压
V_{c0}	集电极平均直流电压	W	通用网络的参数
$(V_c)_0$	集电极静态运用直流电压	W	宽度
V_c'	B类运用时集电极峰值电压	W_B	基极区域宽度
$(V_c')_0$	B类运用时集电极峰值电压	W_E	发射极区域宽度
V_e	发射极直流电压	x	距离
$V_e(t)$	发射极瞬时电压(时间的函数)	x	从集电极由每一空穴拉到基极的电子数
V_e'	B类运用时发射极峰值电压	x	射入的空穴数
V_i	输入电压	x	电抗
$V(t)$	瞬时电压(时间函数)	x_C	容抗
V_1	网络输入电压	x_c	集电极容抗
V_2	网络输出电压	x_L	感抗
v	交流电压	Y	导纳
v_c	集电极交流电压	Y	具电导因数的参数
		y	导纳

y_c	集电极导纳(輸入端开路)		入阻抗
y_{ij}	y 矩陣的元素	$z_i^0(ac)$	无反饋时的短路輸入阻抗
y_l	負載导納	$(z_i)_R$	z_i 的实部
y_n^0	半导体管不接电源(即无源)时的导納	z_l	負載阻抗
		$(z_l)_R$	z_l 的实部
$[y_T]$	半导体管的 y 矩陣	z_m	发射极至集电极的阻抗
$[y_V]$	真空管的 y 矩陣	z_n^0	半导体管不接电源时的阻抗
$[y_\pi]$	π 網絡的 y 矩陣		
		z_o	輸出阻抗
Z	阻抗	z_o'	变换后輸出阻抗
z	阻抗	z_p	变压器初级繞圈的阻抗
z_b	基极阻抗	z_R	串联調諧电路的阻抗
z_c	集电极阻抗	z_s	变压器次級繞圈的阻抗
z_{bias}	偏压阻抗	z_{11}	輸出端开路时網絡輸入阻抗
z_e	发射极阻抗		
z_g	信号电源內阻抗	z_{12}	輸入端开路时反向轉移阻抗
z_g^*	z_g 的共軛复数		
z_i	輸入阻抗	z_{21}	輸出端开路时正向轉移阻抗
z_i'	变换后輸入阻抗		
z_{ij}	z 矩陣的元素	z_{22}	輸入端开路时輸出阻抗
z_i^0	半导体管不接电源时的輸		

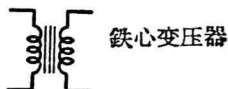
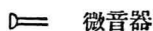
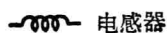
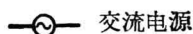
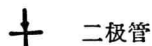
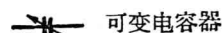
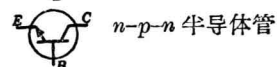
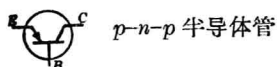
希臘字母

$\alpha(\text{alpha})$	短路时电流放大系数	$\gamma(\text{gamma})$	代替 $\sqrt{\frac{t}{\tau_n}}$ 的变数
α^*	集电极本征載流子倍增系数	γ	发射极电流增量流入基极区域的百分数
α_D	动态电流放大系数	γ_h	代表流入的是空穴时的 γ 值
α_0	低頻时短路电流放大率	γ_e	代表流入的是电子时的 γ 值
$\beta(\text{beta})$	注入的載流子能达集电极的百分数	γ	輸出电流反饋入網絡的百分数
β	反饋(电流)比		
β	反饋網絡的电流放大率		

Δ (delta)	行列式	ρ	e_{ne}/e_{nc}
Δ	增量	ρ_i	本征电阻率
δ	狄拉克脉冲函数	Σ (sigma)	总和
Δf	带宽	σ (sigma)	电导率
Δ^i	第 i 次矩阵的行列式	σ_B	基极区域的电导率
Δ^0	半导体管不接电源时的行列式	σ_E	发射极区域的电导率
ϵ (epsilon)	相对介电常数	σ_n	n 型区域的电导率
ϵ_0	自由空间的介电常数	σ_p	p 型区域的电导率
η (eta)	效率	τ (tau)	时间常数
μ (mu)	真空管的放大系数	τ	载流子的寿命
μ	跃变函数	τ_n	载流子的寿命
μ	迁移率	τ_a	对应于 f_{a0} 时的时间常数
μ_e	电子迁移率	τ_c	集电极电阻和电容的时间常数
μ_h	空穴迁移率	ϕ (phi)	相角
$\mu\mu f$	微微法	ϕ_m	最大相角
μf	微法	ω (omega)	角频率
ξ (xi)	截止角	ω_{a0}	$2\pi f_{a0}$
π (pi)	圆周与直径之比(3.14159)	ω_{b0}	$2\pi f_{b0}$
π	180° 的弧度数	ω_{g0}	$2\pi f_{g0}$
ρ (rho)	电荷密度	ω_0	谐振角频率
ρ	流体密度		

数 学 符 号

∇	算符	$\cdot$	点乘
$\approx$	约等于	$\times$	叉乘
$\neq$	不等于	grad	梯度
$\gg$	远大于	log	常用对数
$\ll$	远小于	ln	自然对数
Σ	总和	∞	无穷大
$ A $	A 的绝对值	div	散度
Δ	行列式	erf	误差函数
Δ	增量	erfc	误差补函数

exp 指数关系 ($\exp A = e^A$)

造船工藝

海員讀本	6.50
怎樣看造船圖樣	奎樂譯 2.50
造船放樣工藝學 (16開精裝本)	滬東編 20.00

醫藥衛生

實用內科學 (25開精裝本)	26.00
中藥材手冊 (25開精裝本)	20.00
七星針療法	吳藝鄉編 2.80
本草求真	清·黃宮繡纂 9.80
生育知識	張定編 1.50
青春期知識	莊綺著 1.40
性的知識	莊綺著 1.50

菜譜

廣州名菜烹調法	3.60
北京飯店名菜譜	4.50

拳術

吳家太極拳	徐致一編著 2.40
陳家太極拳	沈家楨等編著 6.30
楊家太極拳	楊澄甫著 1.00
拳術二十法	王子平著 2.00
綿拳	藍素貞著 1.50
太極十三劍	王子章·李文貞合編 1.50
五禽戲	胡耀貞·焦國瑞編 2.50

游泳

怎樣學習游泳	楊洪編 1.60
游泳衛生知識	喬振耀編 1.20

美術·書法

生活速寫 (江啓明速寫集)	江啓明繪 5.00
香港街景	江啓明繪 5.00
人像速寫	江啓明繪 2.50
學生鉛筆畫冊 (1—4)	2.00
蝴蝶圖譜	
鋼筆美術字寫法	1.00
怎樣寫鋼筆字	1.50

其他

計算尺使用法	穎舉 3.00
牧童短笛 (鋼琴曲譜)	1.00
笑話二百篇	邢一嘯編 2.50
客家山歌	再版中

目 錄

符號	1
第一章 半導體的基本原理	1
1-1 半導體器件的簡單介紹	1
1-2 半導體中的導電過程	4
1-3 p-n結	7
1-4 面接合型半導體三極管	12
1-5 半導體三極管中的高溫效應	16
1-6 半導體三極管中的大功率效應	18
1-7 半導體三極管的高頻特性	19
1-8 點接觸型與面接合型半導體三極管的比較	20
1-9 其他半導體材料在半導體三極管中的應用	21
1-10 習題	22
1-11 參考文獻	24
第二章 半導體三極管的結構、型式和特性	24
2-1 點接觸型半導體三極管	24
2-2 面接合型半導體三極管	28
第三章 半導體三極管作為低頻電路的元件	35
3-1 將半導體三極管看作一個有源四端網絡	35
3-2 倒兀形等效電路	36
3-3 帶電壓發生器的T型等效電路	36
3-4 帶電流發生器的T型等效電路	37
3-5 發射極接地電路的電壓發生器等效電路	38
3-6 發射極接地電路的電流發生器的等效電路	39
3-7 集電極接地電路的等效電路	39
3-8 由特性曲線求半導體三極管的參數	40
3-9 半導體三極管的各個參數與運用點的關係	42

3-10	參數與溫度的依從關係	47
3-11	習題	50
3-12	參考文獻	50
第四章	放大級的基本原理	51
4-1	引言	51
4-2	半導體三極管的接法	51
4-3	單級放大器的特性	51
4-4	基極接地電路的準確計算公式	53
4-5	面接合型半導體三極管基極接地電路的近似公式	55
4-6	發射極接地電路的準確計算公式	57
4-7	集電極接地電路的準確計算公式	59
4-8	面接合型半導體三極管的特性曲線	64
4-9	穩定性問題	71
4-10	四端網絡轉換增益和有用功率增益	76
4-11	半導體三極管三種接法的有用增益	78
4-12	習題	80
4-13	參考文獻	81
第五章	面接合半導體三極管多級放大器	82
5-1	引言	82
5-2	R C 耦合放大器	83
5-3	變壓器耦合的放大級	92
5-4	習題	97
第六章	偏壓穩定	98
6-1	半導體三極管的偏壓要求	98
6-2	常用的偏壓電路	99
6-3	用一個電池組供電	103
6-4	多級放大器的穩定	109
6-5	半導體三極管的串接	109
6-6	串接放大器中的直流關係	111
6-7	串接放大器的其他接法	114
6-8	推挽式串接放大器	116
6-9	串接放大器的交流分析	117
6-10	串接放大器的實例	121
6-11	負反饋串接放大器	122
6-12	變壓器耦合的串接穩定放大器	125

6—13 增量分析法	127
6—14 習題	132
第七章 功率放大器	133
7—1 引言	133
7—2 運用狀態	134
7—3 放大級接法的選擇	135
7—4 A類放大器	137
7—5 B類放大器	148
7—6 激勵級方面的考慮	156
7—7 高溫運用	157
7—8 習題	163
7—9 參考文獻	163
第八章 直流放大器	164
8—1 直接耦合放大器電路	164
8—2 基本關係	165
8—3 漂移問題	168
8—4 直流放大器的溫度補償	169
8—5 用非線性對元件來進行溫度補償	176
8—6 溫度補償直流放大器的運用特性	178
8—7 電源的穩定性和一般的設計特點	180
8—8 習題	181
第九章 半導體三極管用作高頻電路元件	183
9—1 半導體三極管低頻等效電路應用於高頻的可能性	183
9—2 半導體三極管的高頻等效電路	186
9—3 α 和 b 與頻率的關係	189
9—4 等效電路的其他參數的變化	197
9—5 習題	201
第十章 高頻運用的基本原理	202
10—1 基極接地放大器	202
10—2 發射極接地放大器	212
10—3 集電極接地放大器	216
10—4 增益帶寬問題	219
10—5 穩定度的判據	226
10—6 習題	229