

核电子学实验

徐钩山 张宝全 等编著

原子能出版社



核电子学实验

徐钧山 张宝全 等编著

责任编辑 袁祖伟

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

北京印刷一厂印刷

(北京市西便门)

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 11 $\frac{1}{4}$ · 字数 242 千字

1982 年 2 月第一版 · 1982 年 2 月第一次印刷

印数 001—2,600 · 统一书号: 15175·379

定价: 1.40 元

内 容 简 介

本书主要是根据复旦大学物理二系的“核电子学实验”讲义经过适当修改、补充编写成的。内容包括：负反馈放大器、线性脉冲放大器、电荷灵敏放大器、弱电流放大器、甄别器、单道脉冲幅度分析器、线性率表电路、定标单元、符合和反符合电路、低压电源、高压电源、时间-幅度变换电路、定时电路及多道脉冲幅度分析器等。

本书主要供大专院校有关专业师生参考，也可供从事各项射线测量工作的技术人员及青年工人学习、参考。

前 言

本书主要是根据复旦大学物理二系的“核电子学实验”讲义经过适当的修改和补充编写成的。书中所列 15 个实验是为了配合核电子学这一门课的教学而选定的。鉴于目前国内的核电子学仪器仍以分立元件的为主，同时也为了讲清电路的基本原理，书中所介绍的电路基本上是由分立元件所组成的；但为了适应集成电路应用的发展，书中也介绍了一些集成电路方面的内容。

核电子学实验是一门实践性很强的课程。它不仅可以帮助学生巩固、加深和补充课堂所学的“核电子学”的内容，而且使他们通过实验能够掌握一些常用仪器的使用方法，初步学会根据实验核物理的实验要求来正确选择仪器，掌握核电子学电路性能和指标的测试方法，正确地整理、分析实验结果和数据，检查和排除常见的故障使电路正常工作，掌握元件选择、焊接等基本工艺以及培养分析问题和解决问题的能力。

本书前 14 个实验由张宝全、任月华、金建球、胡毓德、徐钧山、吴小凤、葛启云、谈性堃等讲师编写，由徐钧山、王根福、张宝全、任月华等讲师修改定稿。最后关于多道分析器的两个实验是由郑溥堂、孟伯年二位工程师编写，由清华大学王经谨副教授帮助修改定稿。

由于编写时间比较短促，加上我们的实验条件和业务水平限制，书中难免有不少缺点和错误，望广大读者批评、指正。

编者 1980 年 10 月

目 录

符号说明	1
实验 1 负反馈放大器	11
实验 2 线性脉冲放大器	29
实验 3 电荷灵敏放大器	45
实验 4 弱电流放大器	65
实验 5 符合和反符合电路	78
实验 6 甄别器	100
I. 二极管甄别器	100
II. 施密特电路	105
实验 7 单道脉冲幅度分析器	116
实验 8 线性率表电路	138
实验 9 十进制定标单元	158
实验10 集成电路定标单元	175
I. JK 触发器组成的定标单元	175
II. D型触发器组成的定标单元	184
III. MOS 集成电路组成的定标单元	191
实验11 低压稳压电源	199
实验12 直流高压电源	228
实验13 时间-幅度变换电路	241
实验14 定时电路	253
实验15 多道脉冲幅度分析器的基本使用方法(I)	265
实验16 多道脉冲幅度分析器的基本使用方法(II)	286

附录 1	SBM-10 型脉冲示波器	302
附录 2	JT-1 型晶体管特性图示仪	313
附录 3	MFS-70 A 型双脉冲发生器	332
附录 4	FH-442 型滑移脉冲发生器	338

符号说明

A	安(电流的单位)
mA	毫安(10^{-3} A)
μ A	微安(10^{-6} A)
nA	纳安(10^{-9} A)
ADC	模数变换
TK_{a_0}	零点的温度系数
B	变压器、磁感应强度
B_m	饱和磁感应强度
b	晶体管基极
$^{\circ}\text{C}$	度(摄氏温度的单位)
C	电容器、触发器
C_{be}	晶体管发射结结电容
C_{cb}	晶体管集电结结电容
C_D	二极管极间电容
C_d	半导体探测器结电容
C_e	发射极旁路电容
C_E	直流反馈发射极电阻旁路电容
C_f	反馈电容
C_{fb}	分布电容
C_{fz}	负载电容
C_F	自举电容、直流反馈支路旁路电容
CMRR	共模抑制比
CP	时钟脉冲

C_r	RC 输入电路的电容
C_{sc}	输出电容
C_{sr}	输入电容
C_0	总电容
c	晶体管集电极
D	二极管、场效应晶体管漏极
DAC	数模变换
DTL	二极管——晶体管逻辑电路
DW	硅稳压管、单稳态电路
d	微分算符、导线直径、延迟电路
dB	分贝
E	直流电源、能量
E_b	基极电源
E_c	集电极电源
E_D	漏极电源
E_e	发射极电源
E_g	栅极电源
ENC	等效噪声电荷
e	晶体管发射极、电动势
e_x	信号源电势
e_0	“0”信号电势
e_1	“1”信号电势
F	反馈系数
F	法(电容量的单位)
μF	微法(10^{-6}F), 图中简记为 μ
pF	皮法(10^{-12}F), 图中简记为 p
FWHM	半宽度

f	信号频率
f_H	高半功率点
f_0	谐振频率(固有频率)
f_s	上限频率
f_T	晶体管特征频率
f_x	下限频率
f_α	晶体管共基极截止频率
f_β	晶体管共发射极截止频率
Δf	通频带宽度
G	场效应晶体管栅极、由固体组件构成的单元电路
g_m	场效应晶体管共源极小信号低频跨导
H	磁场强度
H	亨(电感量的单位)
mH	毫亨(10^{-3} H)
μ H	微亨(10^{-6} H)
Hz	赫(频率的单位)
kHz	千赫(10^3 Hz)
h	晶体管的 h 参数
h	时(时间的单位)
I	静态电流、直流电流、瞬时电流
I_b	基极电流
I_{bs}	基极饱和电流
I_c	集电极电流
I_C	电容器充、放电电流
I_{cba0}	集电结反向电流
I_{ceo}	集电极-发射极反向电流(穿透电流)

I_{cM}	集电极最大允许电流
I_D	二极管电流、场效应晶体管漏极电流
I_{DSS}	场效应晶体管饱和漏电流
I_e	发射极电流
I_{fz}	负载电流
I_G	栅极电流
I_j	禁止电流
I_k	快放电电流
I_m	脉冲电流幅度
I_{max}	电流最大值
I_P	隧道二极管峰值电流
I_W	稳压管工作电流
I_{WM}	稳压管最大工作电流
I_z	整流电流
i	交流电流、脉冲电流
K	电压放大倍数、开环电压放大倍数、开关
K_C	共模放大倍数
K_f	负反馈电压放大倍数
K_i	电流放大倍数
K_T	稳压电源的温度系数
ΔK	电压放大倍数的变化量
L	电感线圈、电感量、相对计数损失
L_G	高压电感线圈
M	门电路、互感
MOS	MOS 场效应晶体管
CMOS	CMOS 场效应晶体管
max	最大

\min	最小, 分(时间的单位)
N	计数、线圈匝数
N_c	扇出系数
N_F	噪声系数
N_r	扇入系数
n	计数率、稳压电源采样分压比、多级放大器级数
P	功率、峰点
P_{cM}	集电极最大允许耗散功率
P_E	电源提供的功率
P_{sc}	输出功率
P_{sr}	输入功率
P_T	计算功率
Q	电荷、静态工作点
R	电阻器
R_b	基极电阻
R_{be}	发射结直流等效电阻
R_c	集电极电阻
R_D	漏极电阻
R_e	发射极电阻
R_E	发射极直流反馈电阻
R_F	自举电阻、直流反馈电阻
R_{fz}	负载电阻
R_G	栅极电阻
R_i	电表内阻
R_r	RC 输入电路电阻
R_S	源极电阻

r	动态电阻
r_b	基区电阻
r_{be}	发射结交流等效电阻
r_D	二极管正向电阻
r_i	内阻、恒流源内阻
r_{on}	场效应晶体管导通电阻
r_r	二极管反向电阻
r_{sc}	输出电阻
r_{sr}	输入电阻
r_w	稳压管内阻
r_x	信号源内阻
s	秒(时间的单位)
ms	毫秒(10^{-3} s)
μ s	微秒(10^{-6} s)
ns	纳秒(10^{-9} s)
S	面积、稳压电源的稳定系数、滑移脉冲包迹斜率
S/N	信噪比
T	晶体管、场效应晶体管、周期、温度、变换时间
TD	隧道二极管
TTL	晶体管-晶体管逻辑电路
t	时间
t_c	测量时间
t_{cd}	充电时间
t_D	死时间
t_d	读数建立时间, 延迟时间

t_F	翻转时间、电压达到峰值的时间
t_{fb}	分辨时间
t_{fd}	放电时间
t_h	恢复时间
t_f	下降时间
t_k	脉冲宽度
t_L	逻辑动作时间
t_m	线性放电到零电平的时间
t_{off}	截止时间
t_{on}	开启时间
t_s	上升时间
t_y	延迟时间, 脉冲间隔时间
U	静态电压、直流电压、瞬时电压
U_{BE}	晶体管导通(截止)阈电压
U_b	基极电压
U_{be}	晶体管发射结电压
U_{bes}	晶体管发射结饱和压降
U_c	电容器端电压
U_c	集电极电压、参考电压
U_{cd}	输出低电平
U_{ce}	晶体管集电极-发射极电压
U_{ces}	晶体管共发射极饱和压降
U_{cg}	输出高电平
BU_{cbo}	发射极开路时 $c-b$ 极反向击穿电压
BU_{ceo}	基极开路时 $c-e$ 极反向击穿电压
BU_D	二极管反向击穿电压
U_D	漏极电压、二极管端电压

U_{D0}	二极管导通(截止)阈电压
U_{DS}	漏-源极电压
U_e	发射极电压
U_f	反馈电压
U_{fc}	反冲电压
U_{ff}	峰-峰电压
U_{gm}	关门电平
U_G	栅极电压
U_{GS}	栅-源极电压
U_H	滞后电压
U_k	道宽
U_{km}	开门电平
TKU_k	道宽的温度系数
U_m	脉冲电压幅度
U_M	脉冲信号的最大幅度
U_{max}	电压最大值
U_0	直流高压、零道阈电压
U_p	夹断电压
U_R	电阻两端的电压
U_{sc}	输出电压
$U_{sc max}$	最大输出电压
U_{sr}	输入电压
U_w	稳定电压
U_{wb}	纹波电压
U_y	阈电压
U_{y_1}	下甄别阈电压
U_{y_2}	上甄别阈电压

\dot{U}_z	噪声电压均方根值
u	脉冲电压、交流电压
u_b	基极电压
u_c	电容器端电压
u_c	集电极电压
u_d	净输入电压
u_L	电感两端的电压
u_p	漂移电压
u_{sc}	输出电压
u_{sck}	负载开路时的输出电压
u_{scR}	接上负载时的输出电压
u_{sr}	输入电压
V	谷点
V	伏(电压的单位)
mV	毫伏(10^{-3} V)
μ V	微伏(10^{-6} V)
W	电位器
W	瓦(功率的单位)
mW	毫瓦(10^{-3} W)
ΔW	总误差
ΔW_1	表头误差
ΔW_2	线性率表的统计误差
ΔW_3	线性误差
ΔW_4	漏计误差
Z	阻抗
ZD	指示灯
Z_0	电缆的特性阻抗

α	晶体管共基极电流放大系数
α_w	稳压管温度系数
β	晶体管共发射极电流放大系数
Δ	变化量、峰顶降落
δ	相对峰顶降落
ε	非线性系数
ε_d	微分非线性系数
ε_i	积分非线性系数
η	效率
σ	统计误差
ρ	符合电路符合选择系数
τ	时间常数
τ_{cd}	充电时间常数
τ_{fd}	放电时间常数
τ_{if}	积分时间常数
τ_{wf}	微分时间常数
Ω	欧(电阻的单位)
$k\Omega$	千欧($10^3\Omega$), 图中简写为 k
$M\Omega$	兆欧($10^6\Omega$), 图中简写为 M
Σ	相加(算符)
ω	角频率

实验 1 负反馈放大器

实验目的

1. 熟悉负反馈对放大器主要性能的影响。
2. 掌握放大器主要指标的测量方法。

基本原理

1. 负反馈对放大器主要性能的影响 及放大器主要指标的测试方法

负反馈能显著地改善放大器的增益稳定性、频率特性、输入输出线性特性、输入输出阻抗等基本性能，所以核辐射测量用的放大器广泛地采用负反馈。当然这些良好的性能是牺牲了放大器的增益而获得的。下面简述负反馈对放大器的影响及放大器主要指标的测试方法。

(1) 负反馈对放大器线性的影响

负反馈可以极有效地改善放大器的线性。通过实验可以测量放大器输入、输出幅度特性曲线 ($U_{sr}-U_{sc}$)，如图 1-1 所示。从曲线上可以看到，在放大器输出电压相同的情况下，有负反馈可以减小非线性失真，负反馈放大器的线性范围比起无负反馈放大器来明显地变大。