

电工实用电子技术手册

施文冲 李 平 编著

上海科学技术出版社

电工实用电子技术手册

施文冲 李 平 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.5 插页 4 字数 475,000

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—6,500

ISBN 7-5323-3140-7/TN·59

定价: 15.10 元

(沪)新登字 108 号

目 录

第一章 电子技术常用符号与公式	1
第一节 电子技术常用符号	1
一、电子电路常用图形符号	1
二、电子装置常用文字符号	5
三、电子参数常用符号	8
第二节 电子技术常用公式	12
一、电磁学	12
二、交流电路	16
三、电子电路	21
第二章 电子元器件应用技术	25
第一节 一般电子元器件	25
一、电阻器、电容器和电感器	25
二、半导体分立元件	37
第二节 电力电子器件	60
一、半导体功率二极管	60
二、功率晶体管	63
三、晶闸管	66
第三节 集成电路	76
一、数字集成电路	76
二、模拟集成电路	81
第四节 单片微型计算机	88
一、单片机基础	89
二、MCS-51 系列单片机	94
第五节 传感器与电磁器件	105
一、传感器	105
二、继电器	108
三、变压器	111
第三章 电子单元电路	119
第一节 信号处理	120
一、线性整流	120
二、有源滤波	122
三、比较器	124
四、信号采样—保持	126
五、信号运算	128
六、信号变换	133

第二节 信号发生	136
一、自激式振荡器	136
二、他激式振荡器	138
三、正弦波发生器	141
第三节 接口	142
一、级间接口	142
二、输入、输出接口	144
第四章 电子实践技术	147
第一节 测试仪器仪表	147
一、测量基础	147
二、万用表的使用	150
三、万用表的扩展使用	151
四、示波器的使用	155
第二节 电路图的阅读	158
一、电路图的组成与分类	159
二、电原理图的阅读	161
三、电子元器件的选用	166
四、电原理图的测绘	169
第三节 电子装置的制作与维修	172
一、整机结构设计与制作	173
二、印制电路板的设计与制作	182
三、焊接与装配	188
第四节 调试与质量检验	194
一、调试安全措施	194
二、调试技术	195
三、质量检验	199
第五章 电子应用线路	202
第一节 电源	202
一、自发电应用装置	202
二、稳压与调压电源装置	210
三、逆变与充电装置	217
第二节 计划用电	224
一、用电监控	225
二、负荷集中控制	228
第三节 安全用电	233
一、触、漏电保护装置	233
二、安全监控	240
第四节 节约用电	243
一、低压无功功率自动补偿装置	243
二、电动机节电装置	250
三、电焊机节电装置	254
四、交流接触器直流运行装置	259

第五节 电力保护与防盗263

 一、供电系统运行保护263

 二、电动机运行保护265

 三、电力设备防盗271

 四、防窃电277

第六节 电力设备控制与电工仪器仪表280

 一、自动控制280

 二、远方控制287

 三、电子电器293

 四、电工仪器仪表298

第一章 电子技术常用符号与公式

第一节 电子技术常用符号

一、电子电路常用图形符号

电子电路是设计者对某电子装置的工作原理、技术要求等以图表达的一种方式, 是一种工程语言。为了使电子电路具有通用性, 构成电子电路的图形符号有统一的国家标准, 而不是随意的。

电子电路的常用符号有符号要素、限定符号、导线符号、元器件符号、设备方框符号和常用的其它符号。

符号要素是一种具有确定意义的简单图形, 必须同其它图形组合以构成一个设备或概念的完整符号。

限定符号用以提供附加信息的一种加在其它符号上的符号, 限定符号通常不能单独使用, 但其它一些符号有时也可用作限定符号。

导线和元器件符号用以表示导线和元器件特征的一种通常很简单的符号。

方框符号用以表示元器件、设备等的组合及其功能, 既不给出元器件、设备的细节也不考虑所有连接的一种简单的图形符号。方框符号通常用在使用单线表示法的图中, 也可用在示出全部输入和输出接线的图中。

符号要素见表 1-1 所列。

常用限定符号和其它符号见表 1-2 所列。

常用导线、元器件和设备符号见表 1-3 所列。

表 1-1 符号要素

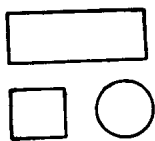
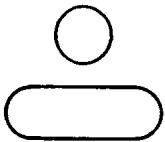
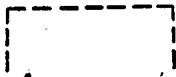
图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	元件 装置 功能单元		边界线
	外壳(容器)、管壳		屏蔽(护罩)

表 1-2 常用限定符号和其它符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	直 流		两个方向均有限制的双向旋转
	交 流		往复运动
	交直流		能量、信号的单向传播(单向传输)
	具有交流分量的整流电流		同时双向传播(同时双向传输)
N	中性(中性线)		无线电波、可见光等
M	中间线		接地一般符号
+	正 极		保护接地
-	负 极		接机壳或接底板
	非内在可变性		等电位
	非内在非线性可变性		动触点
	内在可变性		测试点指示
	内在非线性可变性		正脉冲
	预调、微调		负脉冲
	自动控制(内在的)		交流脉冲
	按箭头方向的直线运动或力		正阶跃函数
	双向直线的运动或力		负阶跃函数
	按箭头方向单向旋转		锯齿波
	双向旋转		机械连接

(续表)

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	具有力或运动指示方向的机械连接		杠杆操作
	一般情况下手动控制		电磁执行器操作
	推动操作		过电流保护的电磁操作
	拉拔操作		压力控制
	紧急开关		变换器、转换器一般符号

表 1-3 常用导线、元器件和设备符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	导线、导线组一般符号(当用单线表示一组导线时,可加小短斜线或画一条短斜线加数字表示)		电阻
	屏蔽导线		可变、可调电阻器
	电缆中的导线(示出三股)		压敏电阻器
	导线的连接		热敏电阻器
	端子		分路器
	端子板(示出标记)		滑动触点电位器
	可拆卸的端子		电容器一般符号
	插座(内孔的)或插座的一个极		极性电容器
	插头(凸头的)或插头的一个极		微调电容器
	多极插头插座(示出三极)		电感器、线圈、绕组、扼流圈
			带磁芯的电感器
			压电晶体

(续表)

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	半导体二极管一般符号		三相鼠笼式异步电动机
	发光二极管		变压器一般符号
	稳压二极管		自耦变压器
	双向二极管		电流互感器
	单向晶闸管		可调压的单相自耦变压器
	双向晶闸管		桥式全波整流器
	PNP 型晶体管		电池的一般符号
	NPN 型晶体管		电池组
	具有 N 型双基极单结型半导体管		动合(常开)触点
	结型场效应管(N 型沟道)		动断(常闭)触点
	绝缘栅场效应管(增强型、单栅、P 沟道)		先断后合的转换触点
	光电半导体管 (NPN 型)		手动开关的一般符号
	光耦合器、光隔离器		按钮开关(不闭锁)
	直流发电机		多位开关(四位)
	直流电动机		多线开关
	交流发电机		接触器触点(常开)
	交流电动机		接触器触点(常闭)

(续表)

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	热敏开关(动断触点)		灯的一般符号
	断路器		运算放大器一般符号
	隔离开关		天线一般符号
	熔断器一般符号		蜂鸣器
	操作器件一般符号(如继电器、接触器的线圈)		传声器一般符号
	电压表		扬声器一般符号
	电流表		电阻加热装置
	示波器		直流电焊机
	电能表		交流电焊机
	热电偶(示出极性)		风扇一般符号

二、电子装置常用文字符号

在电子技术中有国家标准规定的一系列文字符号,用于电子装置技术文件的编制,也可表示在电子装置及其中元器件上或其近旁,以标明装置和元器件的名称、功能、状态和特征,此外,还可作为限定符号与一般图形符号组合使用,以派生新的图形符号。

文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。

基本文字符号有单字母和双字母两种。前者是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类,每大类用一个专用单字母符号表示。只有当用单字母符号不能满足要求、需要将大类进一步划分时,才采用双字母符号。其由一个表示种类的单字母符号与另一个字母组成,组合形式以单字母符号在前,另一字母在后的次序列出。

用于电子装置的常用基本文字符号见表 1-4。

辅助文字符号用以表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征,可放在表示种类的单字母符号后边组成双字母符号。为了简化文字符号,若辅助文字符号由两个以上字母组成时,允许只采用其第一位字母进行组合。

常用辅助文字符号见表 1-5。

在表 1-4、表 1-5 所列的基本文字符号和辅助文字符号不敷使用时,则可按下述几个原则予以补充。

① 在不违背上述文字符号编制原则下,可采用国际标准中规定的电气技术文字符号。

② 在优先采用上述两表规定的单字母符号、双字母符号和辅助文字符号前提下，可补充表中未列出的双字母符号和辅助文字符号。

③ 文字符号应按有关电气名词术语国家标准或专业标准中规定的英文术语缩写而成。同一设备若有几种名称时，应选用其中一个名称。当设备名称、功能、状态或特征为一个英文单词时，一般采用该单词的第一位字母构成文字符号，需要时也可用前两位字母，或前两个音节的首位字母，或采用常用缩略语或约定俗成的习惯用法构成；当设备名称、功能、状态或特征为二个或三个英文单词时，一般采用该二个或三个单词的第一位字母，或采用常用缩略语或约定俗成的习惯用法构成文字符号。对基本文字符号不得超过两位字母，对辅助文字符号一般不能超过三位字母。

④ 因拉丁字母“I”、“O”易同阿拉伯数字“1”和“0”混淆，故不许单独作文字符号使用。

表 1-4 电子装置的常用基本文字符号

设备、装置、 元器件种类	举 例	基本文字符号		设备、装置、 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母			单字母	双字母
组 件 部 件	分离元件放大器 调节器	A		保护器件	过电压放电器件 避雷器	F	
	电桥		AB		熔断器		FU
	晶体管放大器		AD		限压保护器件		FV
	集成电路放大器		AJ	发 生 器 发 电 机 电 源	振荡器	G	
	印制电路板		AP		发生器		
	抽屉柜		AT		同步发电机		GS
	支架盘		AR		异步发电机		GA
非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	送话器 扬声器 晶体换能器	B			蓄电池		GB
	压力变换器		BP	信号器件		H	
	温度变换器		BT		声响指示器		HA
电 容 器	电容器	C			光指示器		HL
					指示灯		HL
二进制元件、 延迟器件、存 储器件	数字集成电路和器 件	D		继 电 器 接 触 器		K	
其它元器件	其它元器件	E			交流继电器		KA
	发热器件		EH		双稳态继电器		KL
	照明灯		EL		接触器		KM
					簧片继电器		KR

(续表)

设置、装置、 元器件种类	举 例	基本文字符号		设备、装置、 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母			单字母	双字母
电 感 器 电 抗 器	感应线圈	L		变 压 器		T	
	电抗器				电流互感器		TA
电 动 机	电动机	M			控制电路电源用变 压器		TC
	同步电动机		MS		电力变压器		TM
	力矩电动机		MT		电压互感器		TV
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N		电 子 管 晶 体 管	二极管 晶体管 晶闸管	V	
测量设备 试验设备	指示器件 信号发生器	P			电子管		VE
	电流表		PA	传 输 通 道 波 导 天 线	导线 母线 波导 天线	W	
	(脉冲)计数器		PC				
	电能表		PJ				
	电压表		PV	端 子 插 插 头 座	连接插头和插座 接线柱 焊接端子板	X	
电 力 电 路 的 开 关 器 件	断路器	Q	QF		连接片		XB
	电动机保护开关		QM		测试插孔		XJ
	隔离开关		QS		插头		XP
电 阻 器	电阻器 变阻器	R			插座		XS
	电位器		RP	电 气 操 作 的 机 械 器 件	端子板		XT
	热敏电阻器		RT		气阀	Y	
	压敏电阻器		RV		电磁铁		YA
					电动阀		YM
控制、记忆、 信号电路的 开关器件选 择 器	控制开关 选择开关	S	SA		电磁阀		YV
	按钮开关		SB	终 端 设 备 混 合 变 压 器 滤 波 器 均 衡 器 限 幅 器		Z	
	压力传感器		SP		晶体滤波器		
	温度传感器		ST				

表 1-5 常用辅助文字符号

文字符号	名 称	文字符号	名 称	文字符号	名 称
A	电流	FB	反馈	PE	保护接地
A	模拟	FW	正、向前	PEN	保护接地与中性线共用
AC	交流	H	高	PU	不接地保护
A AUT	自动	IN	输入	R	反
ADD	附加	INC	增	RD	红
ADJ	可调	IND	感应	R RST	复位
AUX	辅助	L	限制	RES	备用
ASY	异步	L	低	RUN	运转
B BRK	制动	LA	闭锁	S	信号
BL	蓝	M	主	ST	起动
C	控制	M	中	S SET	置位、定位
D	延时(延迟)	M	中间线	SAT	饱和
D	数字	M MAN	手动	STP	停止
D	降	N	中性线	SYN	同步
DC	直流	OFF	断开	T	温度
DEC	减	ON	闭合	T	时间
E	接地	OUT	输出	TE	无噪声 接地(防干扰)
EM	紧急	P	压力	V	电压
F	快速	P	保护		

三、电子参数常用符号

1. 一般规则

① 采用国际通用符号,不足时采用汉语拼音字母。

② 随时间变化的量用小写字母,直流量以及交流量的有效值、最大值等用大写字母。

例如:

u 变化电压的瞬时值

$\tilde{u}$ 正弦交流电压(不包括直流成分)的瞬时值

U 直流电压、静态电压、交流电压的有效值

$\bar{U}$ 非正弦波电压的直流成分(平均值)

$\bar{U}$ 正弦交流电压(不包括直流成分)的有效值

U_m 交变(如直流脉动或脉冲)电压的最大值,正弦交流电压的峰值

U_{max} 电压最大值

③ 非线性元件的动态参数用小写字母(如 r, r_o, r_{be}),非线性元件的静态参数或线性元

件的参数用大写字母(如 R 、 R_e 、 R_{be})。

2. 符号

A	电流的单位
A	幅值, 振幅; 晶闸管元件的阳极
B	频带宽; 磁感应强度
B_m	磁通密度
BU_{cbo}	晶体管的发射极开路, 集电极—基极反向击穿电压
BU_{ceo}	晶体管的基极开路, 集电极—发射极反向击穿电压
BU_{ebo}	晶体管的集电极开路, 发射极—基极反向击穿电压
b	晶体管的基极; 变压器铁心的叠厚
C	电容量
$^{\circ}C$	温度的单位
CMRR	共模抑制比
c	晶体管的集电极; 光速
d	导线直径
dB	增益的单位
E	直流电动势; 直流电源电压
E_b	晶体管基极回路的电源电压
E_c	晶体管集电极回路的电源电压
E_w	稳压管的稳定电压
e	晶体管的发射极
F	电容量的单位
F	反馈系数; 力
f	频率
f_0	谐振频率; 截止频率; 转折频率; 石英晶体的串联谐振频率
f_T	晶体管的共发射极特征频率
f_β	晶体管的共发射极截止频率
G	场效应管的栅极; 晶闸管的控制极
H	电感量的单位
Hz	频率的单位
I	直流电流; 交流电流的有效值
I_a	晶闸管的阳极电流
I_b	晶体管的基极电流
I_c	晶体管的集电极电流
I_{ceo}	晶体管的集电极—发射极反向电流(即穿透电流)
I_{CM}	晶体管的集电极最大允许电流
I_d	整流电路的输出平均电流
I_{dD}	整流二极管的平均电流
I_{dT}	晶闸管的平均电流

I_D	整流二极管的电流有效值; 流过二极管的直流电流; 场效应管的漏极电流
I_e	晶体管的发射极电流
I_{fs}	负载电流
I_g	晶闸管的控制极电流
I_p	单结晶体管的峰点电流
I_v	单结晶体管的谷点电流
I_w	稳压管的稳定电流
K	放大倍数; 晶闸管的阴极
K_i	电流放大倍数
K_p	功率放大倍数
K_u	电压放大倍数
K_o	开环放大倍数
K_F	闭环放大倍数
k	千
L	电感量
l_0	变压器铁心的舌宽
l_1	变压器铁心的窗宽
M	兆
M	互感
m	毫
$\max$	最大值
$\min$	最小值
N	变压器线圈的匝数
N_0	变压器每伏的匝数
n	纳
n	变压器的变比
P	有功功率
P_c	晶体管集电极耗散功率
P_{cm}	晶体管的集电极最大允许耗散功率
p	皮
Q	LC 谐振回路的品质因数
R	电阻值
R_b	晶体管基极偏流电阻
R_{bb}	单结晶体管两个基极间的电阻
R_c	晶体管集电极电阻
R_e	晶体管发射极电阻
R_F	反馈电阻
R_L	负载电阻
R_x	信号源内源

r	动态电阻
r_{be}	晶体管 $b-e$ 极之间的交流等效电阻
r_i	放大器的输入电阻
r_o	放大器的输出电阻
S	视在功率; 稳压电源稳压系数; 横截面积
S_0	变压器铁心的窗口面积
S_s	变压器铁心的截面积
T	周期; 时间常数; 温度
t_d	延迟时间
t_{off}	关断时间
U	直流电压; 交流电压的有效值; 静态电压
U_A, U_B, U_C	三相交流电的相电压
U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}	三相交流电的线电压
U_c	电容器两端的电压
U_{ce}	晶体管的 $c-e$ 极压降
U_{ceo}	晶体管的 $c-e$ 极饱和压降
U_d	整流输出电压的平均值
U_{0s}	差动放大器的输入失调电压
u	变化电压的瞬时值
u_g	晶闸管的控制极电压
V	电压的单位
var	无功功率的单位
W	功率的单位
X	电抗值
Z	复数阻抗
α	晶闸管的控制角; 夹角; 系数
β	晶体管共发射极电流放大系数
γ	纹波因数; 非线性失真系数
Δ	变化量
δ	气隙距离
η	效率; 单结晶体管的分压比
θ	晶闸管的导电角
μ	微
ρ	电阻率
λ	波长
τ	时间常数
Φ	角磁通量
φ	功率因数
Ω	电阻的单位

第二节 电子技术常用公式

一、电磁学

1. 电流

导体中电荷的移动称为电流, 这个电流的大小是以每秒钟通过的电量来表示。如导体中的某一横截面在 $t(s)$ 中均匀流过的电量为 $Q(C)$ (见图 1-1 所示), 则通过该截面的电流 I 的大小可用下式表示:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (A)$$

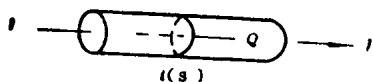


图 1-1 电流与电量、时间

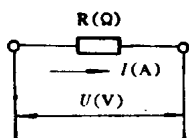


图 1-2 电流与电压、电阻

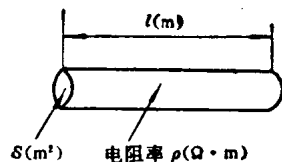


图 1-3 导体的电阻

在导体中有电流流过时, 任意一个横截面的电流大小都相同, 这称为电流的连续性。

2. 欧姆定律

见图 1-2, 电阻 $R(\Omega)$ 两端加上电压 $U(V)$ 时所流过的电流 I 为

$$I = \frac{U}{R} \quad (A)$$

3. 电阻

长为 $l(m)$ 、横截面积为 $S(m^2)$ 、电阻率为 $\rho(\Omega \cdot m)$ 的导体 (见图 1-3 所示) 的电阻 R 为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (\Omega)$$

4. 电阻的联接

(1) 电阻串联 如图 1-4(a) 所示, 三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 串联时总电阻 R' 为

$$R' = R_1 + R_2 + R_3$$

(2) 电阻并联 如图 1-4(b) 所示, 三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 并联时总电阻 R' 为

$$R' = \frac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)} \quad \text{或} \quad \frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

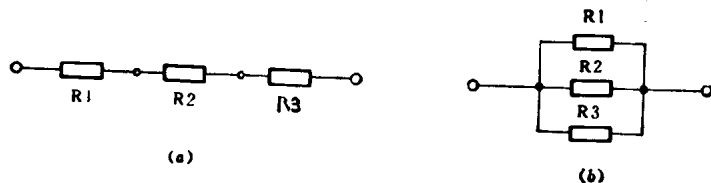


图 1-4 电阻的联接

(a) 电阻串联; (b) 电阻并联

5. 基尔霍夫定律

(1) 第一定律 (节点电流定律) 流入电路中某点的电流之和与从该点流出的电流之和相等。例如如图 1-5(a) 中