

电子工程师手册

ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK

上册

第1篇 常用资料

主 编	丁润涛
执 笔	韩庆奎
主 审	罗命钧

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

下 册



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册系统地概括了电子技术基础及其应用领域的主要技术内容,有一定的深度和广度。

全书按其内容,大体上可分为如下三个部分:

1. 基础知识部分,包括:常用符号、物理化学常数、单位、标准和数学公式;电磁学与电路基础;信号与系统分析等。
2. 技术基础部分,包括:电子材料;电子元器件;模拟电路;数字电路;微波、电波传播与天线;电子产品的工艺、结构、电磁兼容与可靠性。
3. 技术应用部分,包括:电力电子技术;电子测量与电子仪器;机械量的电子测量;电子计算机与人工智能;自动控制系统与控制仪表;数控技术与机器人;广播、电视与声像处理技术;通信、雷达、导航与电子对抗;医疗电子技术。

本书在编写上,力求简明扼要、深入浅出、直观易懂、归类便查。注意理论阐述的严谨和采用数据、图表和公式的准确可靠。努力做到既反映我国电子技术近年来的主要成就,也介绍国外的先进技术和发展动向。

本手册主要供机电工业系统和其他行业系统的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅使用,也可供大专院校有关专业师生参考。

电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

责任编辑:贾 馨 版式设计:霍永明
封面设计:姚 毅 责任校对:肖新民
责任印制:路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 182¹/₂·插页 8·字数 5756 千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 00,001—10 000 定价:上、下册共198.00元

ISBN 7-111-04178-X/TM·523

发展电子技术促
进经济繁荣与社
会进步

孙俊人

一九八二年六月

中国电子学会理事长孙俊人为本书题词

电子工程师手册编委会

主任委员

吴咏诗

副主任委员

胡健栋

邹洵

罗命铨(常务)

委

员

翁瑞琪

(常务)

秦起佑

(常务)

张长生

黄仕机

周孝琪

阎石

俞斯乐

丁润涛

郭维廉

徐苓安

张国雄

朱梦周

总编辑

吴咏诗

副总编辑

秦起佑

翁瑞琪

秘

书

尹明丽

序

电子技术是一门发展迅速,应用广泛的技术。它的发展可以说是日新月异,新技术层出不穷。它的应用则已遍及工业、农业、国防、科技、文教和人民日常生活的各个领域,对于经济发展和社会进步有着重要的促进作用。当前第三次新的技术革命正在兴起,如果说第一次技术革命是以机械化为标志,第二次技术革命是以电气化为标志的话,那么,第三次新的技术革命就应该说是以电子化作为标志。前两次技术革命主要都是人类体能的延伸,而第三次新的技术革命则主要是人类智能的扩展,其基础就是电子技术。也有人说目前已是信息时代,而信息的获取、处理、传输也是要依赖于电子技术的。所以为了加速我国的现代化建设,体现“科学技术是第一生产力”的伟大作用,在各个领域,尤其是机电工业系统中推广与普及电子技术是十分重要的。在这种情况下,编写和出版这部《电子工程师手册》是很有必要的。

这部手册是为机电工业系统和其他行业系统中具有中等以上技术水平的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅而编写的,是以应用为主的、综合性的电子技术手册。它是一部工具书,主要为工程技术人员在研究、处理电子技术问题时起备查、提示和启发的作用。它也可为高等学校有关专业师生及其他有关人员提供参考。

这部手册系统地概括了电子技术及其主要应用领域的基本技术内容。在内容取舍上力求做到:科学性、实用性和先进性。科学性是要体现现代电子科学技术的基本内容,介绍必要的基础知识,注意理论阐述的严谨,采用数据、图表的准确可靠;实用性是要从实用出发建立自己的体系,主要提供一些结论性的技术内容以及这些结论的应用,在编写上简明扼要,深入浅出,直观易懂,归类便查;先进性则是既要反映我国电子技术近年的主要成就,也要介绍国外的先进技术和发展动向,注意反映电子技术的时代特征。

整个手册共17篇,按其内容大体上可分为以下三个部分:

(1) 基础知识 共2篇,分别是:常用资料(符号、常数、单位、标准和数学公式);电磁学与电路基础。

(2) 技术基础 共6篇,分别是:电子材料;电子元器件;模拟电路;数字电路;微波技术、电波传播与天线;电子产品的工艺、结构与可靠性。

(3) 技术应用 共9篇,分别是:电力电子技术;电子测量与电子仪器;机械量的电子测量;电子计算机;自动控制与控制仪表;电子技术在机械制造方面的应用;广播、电视与声像技术;通信、雷达、导航与电子对抗;医疗电子技术。

这部手册的编写方式也是一种改革的尝试。过去一部综合性手册的编写一般是组织全国各地的有关专家分头编写,然后集中统稿编辑的。由于专家分散在全国各地,联系讨论不便,统稿、编辑过程中也要往返于各地进行讨论、修改,这就不能不拖延时日,往往要5~6年,大型的甚至要8~10年才能出版。电子技术发展非常迅速,如果从编写到出版要花这样长的时间,那么,手册出版之日可能已是内容陈旧之时。因此,这部手册是主要聘请天

津、北京两地的有关专家编写、审稿，而且由机械工业出版社委托天津大学承担了具体的组织工作。由于编写人员居住相对集中，便于交流与讨论，主编与主审也能及时交换意见，除出版社外，还有一个专业面较宽的学术单位负责组织工作，这就使整个手册的编写、审稿和定稿工作在两年之内顺利完成，而且保证了质量，基本上达到了预定的目标和要求。应该说这种做法是成功的，不足之处则可能是未能充分反映其他各地有关专家的经验与成就，这就希望各位专家和广大读者对本手册多提宝贵意见，以便今后能予以修改和补充。

这部手册能以顺利地完成和出版，我愿诚挚地感谢编委会各位委员、各篇的主编、主审以及全体编者所付出的辛勤劳动，感谢他们认真负责的态度和友好合作的精神。我还要特别感谢机械工业出版社的罗命钧、秦起佑、贾馨三位同志和天津大学的翁瑞琪教授，他们为本手册的组织编写、统稿定稿、编辑出版做了大量的工作，为保证手册的质量做出了重要的贡献。

我希望，这部手册的出版，能为有关专业的工程技术人员和高等学校的师生，在从事电子技术应用与推广工作中提供一本实用的工具书。如果它能为我国电子技术的广泛应用起到一些促进作用的话，这将使我们所有这些参加手册编写、出版工作的同志感到荣幸和欣慰。

吴咏诗

目 录

第1章 符号与常数

1 电子与电气技术中常用图形符号.....	1-1
1.1 限定符号和常用的其他符号.....	1-1
1.2 导线和连接器件.....	1-2
1.3 无源元件.....	1-3
1.4 半导体管和电子管.....	1-4
1.5 电能的发生和转换	1-11
1.6 开关、控制和保护装置	1-13
1.7 测量仪表、灯和信号器件	1-14
1.8 电信交换和外围设备	1-17
1.9 电信传输	1-18
1.10 二进制逻辑单元.....	1-28
1.11 模拟单元.....	1-33
2 电气技术中的文字符号	1-35
2.1 电气设备常用基本文字符号及常用辅助文字符号	1-35
2.2 电器接线端子的标记与特定导线的标记	1-40
3 希腊字母表	1-41
4 物理和数学常数	1-41
4.1 物理常数	1-41
4.2 数学常数	1-42
4.3 元素物理性能表	1-43

第2章 计量单位

1 法定计量单位.....	1-47
1.1 单位	1-47
1.2 国际单位制	1-47
1.3 我国的法定计量单位	1-47
2 常用物理量及法定计量单位	1-49
2.1 空间、时间和周期的量和单位	1-49
2.2 力学的量和单位	1-50
2.3 热学的量和单位	1-50
2.4 电学和磁学的量和单位	1-51
2.5 光及有关电磁辐射的量和单位	1-53
2.6 声学的量和单位	1-54

2.7 物理化学和分子物理学的量和单位	1-55
2.8 原子物理学、核物理学及固体物理的量和单位	1-55
2.9 核反应和电离辐射的量和单位	1-56
3 常见错用计量单位符号	1-57
4 常用单位换算	1-58
4.1 空间、时间和周期单位换算	1-58
4.2 力学单位换算	1-59
4.3 热学单位换算	1-59
4.4 电学和磁学单位换算	1-60
4.5 光学单位换算	1-60
4.6 核反应和电离辐射单位换算	1-60
5 分贝与奈培	1-60
5.1 分贝	1-60
5.2 奈培	1-60
5.3 分贝、奈培与电压比、电流比.....	1-60
5.4 分贝与奈培之间的换算	1-61

第3章 标 准

1 标准的分级和代号	1-62
1.1 标准和标准化	1-62
1.2 标准的分级和代号	1-62
2 国际标准和国外先进标准	1-64
2.1 国际标准	1-64
2.2 国外先进标准	1-64
3 现行部分电气国家标准目录	1-64
3.1 常用的电工国家标准目录	1-64
3.2 常用的电子基础、信息技术、仪器仪表国家标准目录	1-65
3.3 常用的通信、广播国家标准目录.....	1-66

第4章 数学公式

1 初等代数	1-67
1.1 恒等式	1-67
1.2 比例	1-67
1.3 不等式	1-67

1.4 复数	1-67	8.7 矩阵的秩、迹和行列式	1-91
1.5 对数	1-68	8.8 具有特殊对称性质的矩阵	1-91
1.6 数列	1-68	8.9 矩阵的变换	1-92
1.7 阶乘、排列、组合、二项式定理	1-69	8.10 线性方程组的矩阵表示	1-92
1.8 行列式	1-69	9 积分变换	1-92
1.9 线性方程和线性方程组	1-70	9.1 傅里叶级数和傅里叶变换	1-92
2 三角函数与双曲线函数	1-71	9.2 拉普拉斯(Laplace)变换	1-94
2.1 三角函数	1-71	9.3 Z变换	1-94
2.2 双曲函数	1-72	10 特殊函数	1-94
2.3 三角函数与双曲函数、指数 函数的关系	1-73	10.1 Γ (Gamma)函数	1-94
3 解析几何	1-73	10.2 B (Beta)函数	1-95
3.1 平面解析几何	1-73	10.3 贝塞尔(Bessel)函数	1-95
3.2 立体解析几何	1-74	10.4 勒让德(Legendre)多项式	1-96
4 微分	1-76	11 复变函数	1-96
4.1 导数和微分定义	1-76	11.1 解析函数	1-96
4.2 导数运算法则	1-76	11.2 积分定理	1-97
4.3 导数的基本公式	1-76	11.3 解析函数的级数展开	1-97
4.4 高阶导数与高阶微分法则	1-76	11.4 留数和围线积分	1-99
4.5 多元函数微分法	1-77	12 矢量分析	1-100
5 积分	1-77	12.1 矢量代数	1-100
5.1 不定积分的基本性质	1-77	12.2 矢量的微分与积分	1-101
5.2 不定积分法则	1-77	12.3 梯度、散度和旋度	1-101
5.3 基本积分公式	1-79	12.4 有关用 ∇ 表示的常见公式	1-102
5.4 定积分	1-81	12.5 正交曲线坐标的梯度、散度和 旋度表示式	1-102
6 常微分方程	1-82	12.6 柱面坐标的梯度、散度和旋度 表示式	1-103
6.1 一般概念	1-82	12.7 球面坐标的梯度、散度和旋度 表示式	1-103
6.2 一阶常微分方程	1-83	12.8 高斯(Gauss)定理	1-103
6.3 高阶常系数线性微分方程	1-84	12.9 斯托克斯(Stokes)定理	1-103
6.4 常系数非齐次线性微分方程的拉 普拉斯变换解法	1-84	12.10 格林(Green)定理	1-103
7 偏微分方程	1-84	13 数值计算	1-104
7.1 一般概念	1-84	13.1 误差	1-104
7.2 一阶偏微分方程	1-85	13.2 非线性方程的数值解法	1-104
7.3 二阶线性偏微分方程	1-86	13.3 插值计算	1-105
7.4 三类典型的二阶线性偏微分方程	1-89	13.4 线性代数方程组的数值解法	1-109
8 矩阵	1-90	13.5 数值积分	1-112
8.1 定义	1-90	13.6 常微分方程初值问题的数值 解法	1-114
8.2 基本运算	1-90	14 概率与统计	1-116
8.3 运算规则	1-90	14.1 事件及其运算	1-116
8.4 恒等矩阵和逆矩阵	1-90		
8.5 转置矩阵	1-91		
8.6 共轭矩阵	1-91		

14.2 概率的定义与性质	1-117	15.1 基本逻辑运算及符号	1-129
14.3 概率的基本运算	1-117	15.2 逻辑运算的基本性质	1-129
14.4 随机变量及其分布函数	1-117	15.3 恒等式	1-129
14.5 随机变量的数字特征	1-118	15.4 基本定理	1-129
14.6 特征函数	1-119	16 数学表	1-129
14.7 统计学上独立变量的加法	1-120	16.1 二项式展开系数表	1-129
14.8 分布	1-120	16.2 Γ 函数表	1-130
14.9 抽样分布	1-122	16.3 泊松分布数值表	1-131
14.10 参数估计	1-124	16.4 正态分布函数与密度函数数值表	1-132
14.11 假设检验	1-125	16.5 χ^2 分布数值表	1-133
14.12 回归与相关	1-127	16.6 t 分布数值表	1-134
14.13 随机过程	1-128	16.7 F 分布数值表	1-135
15 逻辑代数	1-129	参考文献	1-137

第1章 符号与常数

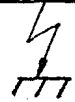
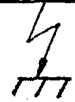
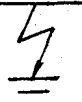
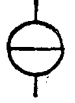
1 电子与电气技术中常用图形符号

1.1 限定符号和常用的其他符号(见表1.1-1)

表1.1-1 限定符号和常用的其他符号 (GB4728.2—84)

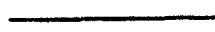
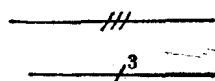
图形符号	说 明	图形符号	说 明
	直流		延时
			非电离的电磁辐射 注：如无线电波或可见光
	交流 低频（工频或亚音频）		非电离的相干辐射 注：如相干光
	中频（音频）		电离辐射 注：如果必须表示电离辐射的具体类型可以加注下列字母以补充符号内容 α α 粒子 β β 粒子 γ γ 射线 δ 氘 p 质子 n 中子 π π 介子 K K 介子 μ μ 介子 x x 射线
	高频（超音频、载频或射频）		
	交直流		
N	中性（中性线）		
M	中间线		
+	正极		
-	负极		正脉冲
	热效应		负脉冲
	电磁效应		交流脉冲
	磁滞伸缩效应		正阶跃函数
X	磁偶效应或磁杨相关性		负阶跃函数

(续)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	锯齿波		理想电压源
	键盘		理想回转器
	传真		故障 (用以表示假定故障位置)
	接地一般符号		闪络、击穿
	无噪声接地 (抗干扰接地)		导线间绝缘击穿
	保护接地		导线对机壳绝缘击穿
形式1  形式2 	接机壳或接底板	形式1  形式2 	导线对地绝缘击穿
	等电位		导线对地绝缘击穿
	理想电流源		永久磁铁

1-2 导线和连接器件(见表1-1-2)

表1-1-2 导线和连接器件 (GB4728.3—84)

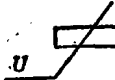
图形符号	说 明	图形符号	说 明
	导线、电缆、线路和母线 (总线) 一般符号		柔软导线、软波导
	三根导线的单线表示		屏蔽导线

(续)

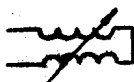
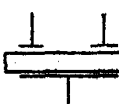
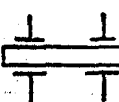
图形符号	说 明	图形符号	说 明
	同轴对、同轴电缆		导线的跨越
	屏蔽同轴对、屏蔽同轴电缆		导线直接连接 导线接头
	未连接的导线或电缆	优选型 其他型	插座（内孔的）或插座的一个极
	未连接的特殊绝缘的导线或电缆		
	端子 注：必要时圆圈可画成圆黑点		
形式1 形式2	导线的连接		
	可拆卸的端子		插头和插座（凸头和内孔的）

1.3 无源元件(见表1-1-3)

表1-1-3 无源元件 (GB4728.4—85)

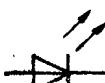
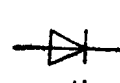
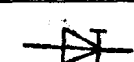
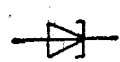
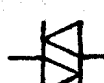
图形符号	说 明	图形符号	说 明	
优选型 	电阻器一般符号		0.25W电阻器	
其他型 			0.5W电阻器	
	可调电阻器 可变电阻器		1W电阻器 注：大于1W电阻器都用阿拉伯数字表示	
	压敏电阻器 变阻器 注：U 可以用 V 代替		滑线式变阻器	
	热敏电阻器 注： θ 可以用 t° 代替	优选型	其他型	
	0.125W电阻器			电容器一般符号

(续)

图形符号		说 明	图形符号	说 明
优选型	其他型	穿心电容器		带磁心连续可调的电感器
				可变电感器
		极性电容器		具有两个电极的压电晶体
		可变电容器 可调电容器		具有三个电极的压电晶体
		微调电容器		具有两对电极的压电晶体
		电感器、线圈、绕组、电流圈		具有电极和连接的极板 注：较长的线表示正极
		带磁心的电感器		
		磁心有间隙的电感器		

1-4 半导体管和电子管(见表1-1-4)

表1-1-4 半导体管和电子管 (GB4728.5—85)

图形符号		说 明	图形符号	说 明
优选形	其他形	半导体二极管一般符号		单向击穿二极管 电压调整二极管 江崎二极管 稳压管
				双向击穿二极管
		变容二极管		反向二极管 (单隧道二极管)
		隧道二极管		双向二极管 交流开关二极管
				阶跃恢复二极管

(续)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	体效应二极管		PNP型半导体管
	反向阻断二极管晶体闸流管		NPN型半导体管
	反向导通二极管晶体闸流管		NPN型半导体管, 集电极 装管壳
	三极晶体闸流管 注: 当没有必要规定控制极的类型时, 这个符号用于表示反向阻断三极晶体闸流管 晶体闸流管简称晶闸管 (一般用简称多)		具有N型双基极单结型半 导体管
	反向阻断三极晶体闸流管, N型控制极 (阳极侧受控)		具有P型双基极单结型半 导体管
	反向阻断三极晶体闸流管, P型控制极 (阴极侧受控)		P型沟道结型场效应半导 体管
	可关断三极晶体闸流管, N型控制极 (阳极侧受控)		N型沟道结型场效应半导 体管
	可关断三极晶体闸流管, P型控制极 (阴极侧受控)		增强型、单栅、P沟道和 衬底无引出线的绝缘栅场效 应半导体管
	双向三极晶体闸流管 三端双向晶体闸流管		增强型、单栅、N沟道和 衬底无引出线的绝缘栅场效 应半导体管
	反向导通三极晶体闸流管, N型控制极 (阳极侧受控)		
	反向导通三极晶体闸流管, P型控制极 (阴极侧受控)		
	光控晶体闸流管		

(续)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	增强型、单栅、P沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管		光电半导体管 (示出PNP型)
	增强型、单栅、N沟道和衬底与源极在内部连接的绝缘栅场效应半导体管		半导体激光器
	耗尽型、单栅、N沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		发光数码管
	耗尽型、单栅、P沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		磁敏电阻器 (示出非线性型)
	耗尽型、双栅、N沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管 注：在多栅的情况下，主栅极与源极的引线应在一条直线上		磁敏二极管
	N沟道结型场效应半导体对管		NPN型磁敏半导体管
	光敏电阻		光电二极管型光耦合器
	光电二极管		达林顿型光耦合器
	光电池		光电三极管型光耦合器