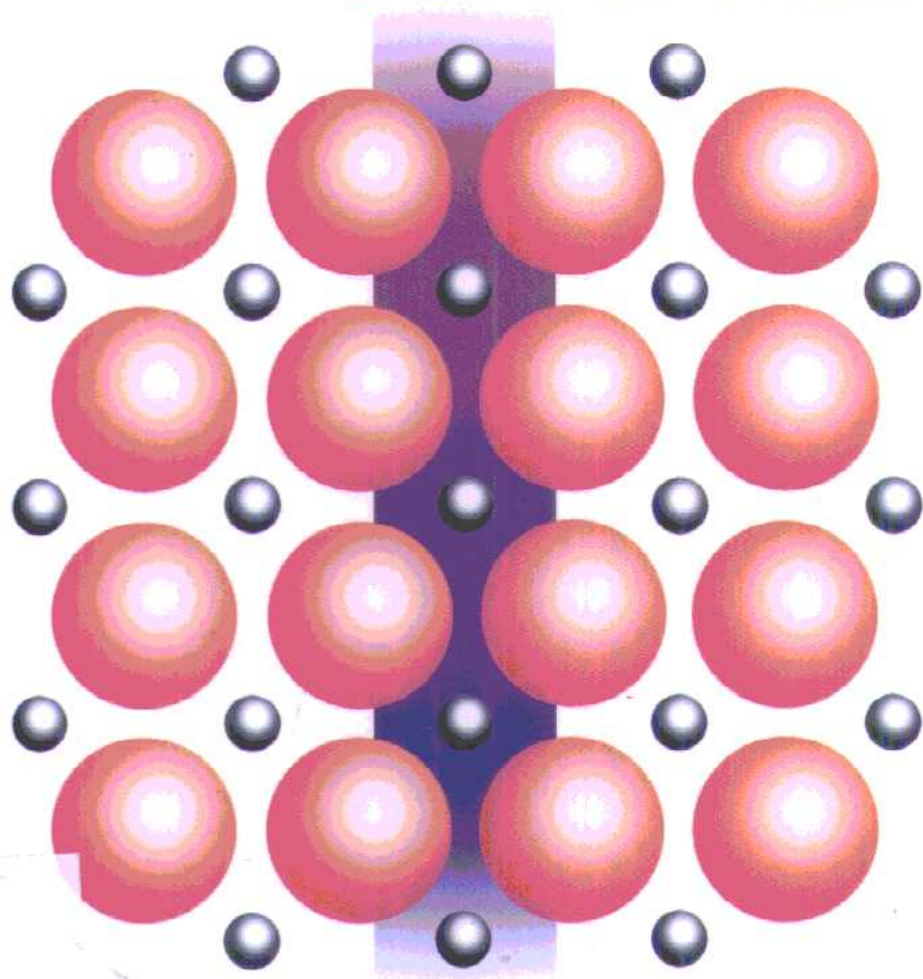


OHM 电子电气入门丛书

图
解

电子电路

〔日〕 福田 务 栗原 丰 向坂荣夫 著



科学出版社

OHM社

717

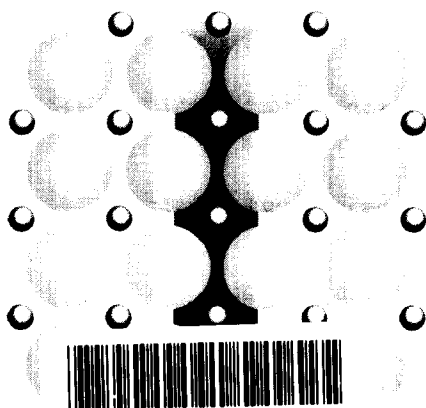
TK710

F-75

OHM 电子电气入门丛书

图解 电子电路

〔日〕 福田 务 栗原 丰 向坂荣夫 著
丁国骏 译 陈 敏 校



A0926094

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 2927 号

Original Japanese edition

Etoki Denshikairo

by Tsutomu Fukuda, Yutaka Kurihara and Shigeo Kousaka

Copyright © 1992 by Tsutomu Fukuda, Yutaka Kurihara and Shigeo Kousaka

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき 電子回路 (改訂2版)

福田 務 栗原 豊 向坂栄夫 オーム社 1998 改訂2版第10刷

图书在版编目(CIP)数据

图解电子电路/(日)福田 务等著;丁国骏译. - 北京:

科学出版社, 2000

ISBN 7-03-008180-3

I. 图… II. ①福… ②丁… III. 电子电路-图解

IV. TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73152 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张: 7

印数: 1—5 000

字数: 183 000

定 价: 21.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

717

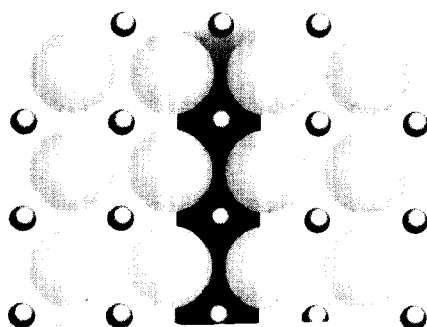
TK710

F-75

OHM 电子电气入门丛书

图解 电子电路

〔日〕 福田 务 栗原 丰 向坂荣夫 著
丁国骏 译 陈 敏 校



A0926094

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字：01 - 1999 - 2927 号

Original Japanese edition

Etoki Denshikairo

by Tsutomu Fukuda, Yutaka Kurihara and Shigeo Kousaka

Copyright © 1992 by Tsutomu Fukuda, Yutaka Kurihara and Shigeo Kousaka

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき 電子回路 (改訂2版)

福田 務 栗原 豊 向坂栄夫 オーム社 1998 改訂2版第10刷

图书在版编目(CIP)数据

图解电子电路/(日)福田 务等著;丁国骏译.-北京:

科学出版社,2000

ISBN 7-03-008180-3

I. 图… II. ①福… ②丁… III. 电子电路-图解

IV. TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73152 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本:889×1194 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张:7

印数:1—5 000 字数:183 000

定 价: 21.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

在不断发展进步的科学技术诸领域中,电子工程学起着推动技术前进之“电子头脑”的重要作用。本书重点介绍电子学的基础课程——电子电路的有关知识,目的是为了从现在开始学习电子工程学的读者能够轻松地学习、理解电子电路的构成原理及思想方法。

虽然电子电路是一个快速发展的领域,但其基本的思想方法并没有发生变化。为了使读者能够掌握顺应时代潮流的知识,决定对 1980 年 7 月发行的第一版进行修订。增补第一版中说明不足的各部分并改写了理解困难的地方。

本书内容组成上特别注意维持第一版的风格优点,使读者能够轻松地学习。首先,学习电子电路最基本的概念——半导体的性质,其次,理解巧妙应用半导体性质而制成的二极管、晶体管等元器件的作用。牢固掌握这些内容,对于以后理解应用于电视机、音响设备中的基本电子电路及 IC、LSI 等集成电路、脉冲电路及电源电路等都将具有很大的帮助。本书尽量采用丰富的照片和插图,通过彩色印刷,让读者能够从视觉上直观地进行各种电路基础知识的学习。

本书可作为电子电路入门用的学习参考书,也可作为教科书使用。衷心希望使用本书的各位读者能够在掌握电子电路基本知识的基础上,更进一步增加对电子工程学的兴趣,培养实际应用能力。

本书的执笔分工如下:

I ~ III 章	福田 务
IV ~ V 章和 VII 章	向坂荣夫
VI 章	栗原 丰

最后，谨向为本书的出版付出辛劳、并给予多方指导的欧姆社(OHMSHA)的各位表示衷心的感谢。

作 者

目 录

I 半导体的性质

1.1 电子的运动	12
什么是电子/导体与非导体中的电子状态/ 怎样使电子激发/热电子辐射被应用在示波器中	
1.2 半导体是什么	20
半导体里的“机关”/自由电子与空穴成为载流子	
1.3 半导体为何有 P 型与 N 型	24
半导体中电子的举动/载流子的移动/怎样制作 N 型半导体/怎样制作 P 型半导体/多数载流子与少数载流子	
1.4 PN 结合形成二极管	28
1.5 怎样使二极管工作	31
二极管的电极与符号/二极管的数据参数	
1.6 晶体管的工作原理	36
晶体管的基本工作原理/晶体管的基本动作可以在何处加以利用	
1.7 怎样使晶体管工作	40
晶体管的电极与符号/使晶体管工作的条件/ 半导体产品型号的命名法/场效应晶体管(FET)/太阳能电池(Solar Battery)/激光二极管(Laser Diode)	
1.8 可控硅整流器的工作原理	47
可控硅整流器是怎么工作的/可控硅整流器导通的研究	
1.9 怎样使可控硅整流器工作	51
可控硅整流器在怎样的电路中工作/可以由	

交流获得交流的三端双向可控硅开关元件

本章小结	54
------------	----

II 放大原理及其基本电路

2.1 晶体管与放大的基本电路	58
认识放大的作用/什么是直流电流放大系数/怎样判读特性曲线参数/用波形记录仪调查特性/晶体管参数的判读与选择	
2.2 构成电子电路的重要零部件	68
印制电路的必要性/线圈的作用/变量器、变压器/电容器/电阻器	
2.3 偏置的原理及其电路	73
什么是偏置/加偏置的理由/怎样决定偏置的大小/怎样使偏置稳定	
2.4 低频放大基本电路	78
基本的低频放大电路/增益与放大倍数/CR 耦合电路的频率特性	
2.5 功率放大原理与实际电路	82
处理大信号时的原理/为了增加功率放大电路的效率/工作点设在何处——功率放大器的分类/乙类推挽放大器的动作/推挽放大电路的特征	
2.6 对讲机电路的工作原理	88
对讲机的结构/对讲机电路与操作	
本章小结	91

III 振荡原理及其基本电路

3.1 振荡是怎样的现象	94
振荡的具体现象/ L 与 C 的组合可以产生电气振荡/固定频率的振荡	
3.2 使用晶体管为何可以振荡	98
LC 振荡电路的工作原理/哈特莱振荡电路、科耳皮兹振荡电路的特征/石英	

振荡器

3.3 间歇振荡的应用	102
闪光灯与电池式荧光灯均利用了振荡/间歇 振荡电路的工作原理	
3.4 无线话筒的结构	104
无线话筒的工作路径/无线话筒振荡器的工作 原理	
本章小结	106

IV 调制/解调原理及其基本电路

4.1 为何需要调制	108
什么是调制/信号波与货物/调制的种类/调 幅波的成分/电视广播使用了调频与调幅两 种方式	
4.2 调制电路的特点	113
调幅电路的基础/集电极调制电路/集电极 调制的特性/调频的基础/使用变容二极管 的调频/变容二极管的性质	
4.3 调幅与调频的区别	117
周围的调幅波(AM波)与调频波(FM波)/接 收机的组成/占用频带与调制频率/AM广播 与FM广播的特征/AM波的调制率与FM波 的调制指数	
4.4 为何需要解调	122
接收货物/解调的方法	
4.5 解调电路及其特性	124
AM波的解调电路及其特性/FM波解调电路 及其特性	
本章小结	130

V 脉冲及其基本电路

5.1 什么是脉冲	132
脉冲/周围存在的脉冲/各种形态的脉冲	

5.2 脉冲的发生	136
开、闭开关所发生的脉冲/晶体管的开关作用/脉冲的发生	
5.3 什么是触发器	140
Flip Flop 的含义/多谐振荡电路的三种形式/触发器的输出波形/触发器电路的结构/触发器的动作/触发器与计数电路	
5.4 锯齿波及其应用	147
何谓锯齿波/电视机与其屏幕/为什么需要锯齿波	
5.5 微分电路与积分电路	150
向 RC 电路输入脉冲/微分电路/积分电路/微分电路与积分电路的应用	
5.6 波形整形的原理	154
何谓波形整形/削波电路/限幅电路/用限幅电路发生脉冲/箝位电路(clamp)	
5.7 模-数转换(AD 转换)	158
模拟量与数字量/从模拟到数字化/利用积分电路的特性/二重积分型的 AD 转换及其原理/计数器/解码器/单片 LSI	
本章小结	167

VI 逻辑电路基础

6.1 各种各样的开关电路	170
公共汽车下车呼叫灯的工作原理/地铁车门信号灯的工作原理/小轿车的车门与车内灯之间的关系	
6.2 使用二极管的开关电路	174
二极管 OR 电路/二极管 AND 电路/二极管不能制作 NOT 电路	
6.3 晶体管的反相动作与逻辑电路的组合	178
晶体管的开关动作/晶体管 NOT 电路/逻辑电路有哪些组合/由 NAND 电路产生 AND、	

OR 功能, 由 NOR 电路产生 AND、OR 功能	
6.4 数字集成电路(IC)及其使用方法	184
IC、LSI 的历史/IC 越小越有特点/IC 的种	
类/数字 IC 的使用方法/各种方便的逻辑	
符号	
6.5 使用逻辑电路进行计算	190
2 进制数 $\leq$ 10 进制数转换法/2 进制数的	
四则运算/8 位为 1 个字节	
6.6 设计 2 进制 1 位的加法器	
(半加器)	193
2 进制加法的和与进位/半加器电路的结构/	
用继电器制作半加器	
6.7 从半加器到全加器	197
用继电器制作全加器/用逻辑电路来表示加	
法器	
本章小结	200

VII 电源电路

7.1 对交流进行整流	202
整流/整流电路/倍压全波整流电路	
7.2 滤波器的作用	207
滤波的必要性/利用电容的充放电作用/利用	
电感/滤波电路的种类	
7.3 稳压电源的原理	211
蓄电池的终端电压/终端电压的变化/稳压	
电源的原理/稳压电路的工作情况	
7.4 晶闸管与调光	216
符号与二极管相似/整流栅的作用/使用土	
隆电路的相位角变化/三端双向可控硅与	
二端交流开关/用三端双向可控硅进行调光	
本章小结	221

I

半导体的性质

在我们的周围，存在着多种由电子技术支撑的产品，收音机、电视机就是其代表。为了应用电子技术，首先要扎实地掌握在其中扮演主角的电子的行为，正确掌握二极管和晶体管的工作原理及使用方法。

在本章中，我们首先学习什么是电子，它的行为又是怎样随周围的物质及条件而发生变化的，理解二极管、晶体管、可控硅等电子器件的基本工作原理。此外，对当今电子技术所相关的诸领域的公共基础作入门介绍也是本章的目的之一。

1.1 电子的运动

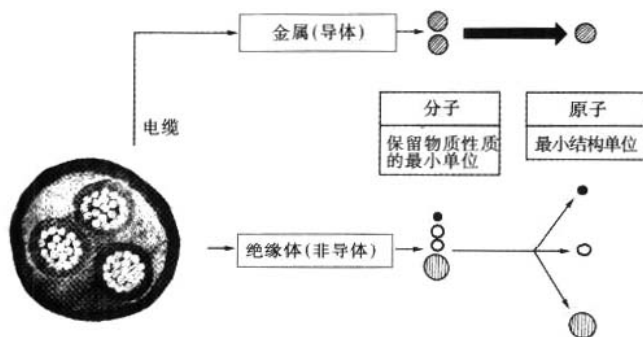
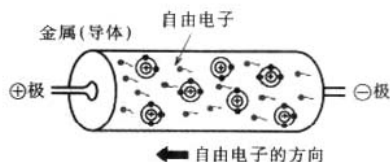
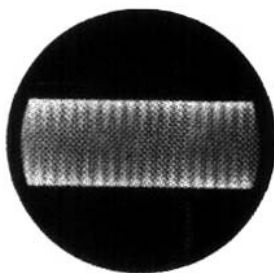


图 1.1 物质的构成



(a) 金属中电子的运动(通常状态下)



(c) 示波器屏幕

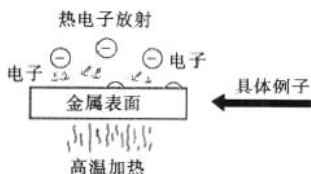
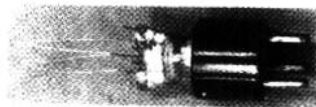
(b) 电子从金属表面飞出
(高温加热条件下)

图 1.2 电子的移动

1.1.1 什么是电子

图 1.1 的照片所表示的是电力传输用电缆的断面图,它是由能很好传导电流的铜线与在其周围起绝缘作用的橡胶及绝缘纸组成的。能很好导电的金属等材料称为**导体**,电流几乎不能通过的物质称为**非导体**(或**绝缘体**)。

我们在利用电的时候,应灵活地根据情况把导体和非导体及具有两者中间性质的**半导体**(参见 1.2 节半导体是什么)区分开来使用。上述这些物质如果细分下去的话,它们究竟是由什么构成的呢?

如图 1.1 所示,铜那样的金属也好、橡胶那样的绝缘体也好,分解下去的话都可细分至保留某种物质性质的最小粒子单位。我们称此粒子为分子。将分子再作进一步分解的话,则我们知道,分子是由原子组成的,但它已失去了作为物质的性质。

对于各种不同的物质只要我们调查一下就可以发现,既有一个原子构成的分子,也有几个原子构成的分子。关于原子的种类,如表 1.1 所示,仅在地球上已被确认的元素就有约 100 多种。

表 1.1 元素周期表(长周期型)

族 周期	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		0
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b			
1	1H																2He
2	3Li		4Be			5B	6C		7N		8O		9F				10Ne
3	11Na		12Mg			13Al	14Si		15P		16S		17Cl				18Ar
4	19K 29Cu		20Ca 30Zn			21Sc 31Ga	22Ti 32Ge		23V 33As		24Cr 34Se		25Mn 35Br		26Fe 27Co 28Ni		36Kr
5	37Rb 47Ag		38Sr 48Cd			39Y 49In	40Zr 50Sn		41Nb 51Sb		42Mo 52Te		43Tc 53I		44Ru 45Rh 46Pd		54Xe
6	55Cs 79Au		56Ba 80Hg		57-71 镧系 81Tl		72Hf 82Pb		73Ta 83Bi		74W 84Po		75Re 85At		76Os 77Ir 78Pt		86Rn
7	87Fr		88Ra		89- 锕系												

* 镧系的原子序数从 57 La(镧)至 71 Lu(镥)

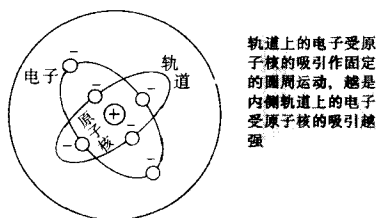
锕系的原子序数从 89 Ac(锕)至 103 Lr(铪)

这里列出的原子的结构都具有共性。如图 1.3 所示, 在其中心有一个带 $\oplus$ 电荷的原子核, 在原子核周围环绕着带 $\ominus$ 电荷的电子。并且从整体上来看, $\oplus$ 的电荷量与 $\ominus$ 的电荷量相等, 因此, 通常对外既不表现出 $\oplus$ 的性质也不表现出 $\ominus$ 的性质。

图 1.4 列出了原子核在原子中所占有的大小及质量的关系, 同时也列出了电子的大小与电荷。

如图 1.3 所示, 电子在原子核的周围形成轨道。根据原子的种类不同, 轨道可以有多层, 每一层轨道中所能够进入的电子个数是一定的。最外层轨道中的电子称为价电子, 价电子的个数则称作原子价。

如图 1.5 所示, 氢、锂的价电子都是 1 个, 因此其原子价为 1 价。作为半导体材料的硅和锗的价电子为 4, 因此其原子价是 4 价。如表 1.1 所示, 原子有许多种类, 但围绕原子核的电子个数是每种原子所固有的, 并与其原子序数相一致。在此表中, Si(硅)和 Ge(锗)同属于 IV 族, 这表示其价电子有 4 个。



轨道上的电子受原子核的吸引作固定的圆周运动, 越是内侧轨道上的电子受原子核的吸引越强

图 1.3 原子核与电子

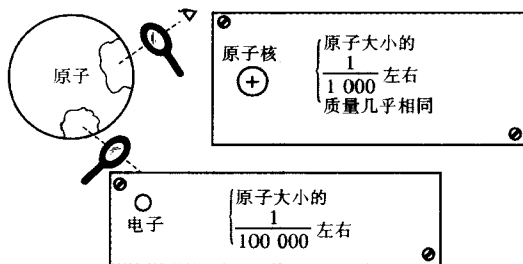


图 1.4 原子核的大小、质量, 电子的大小