

形形色色的  
科学  
SCIENCE

第2弹

四色全彩

电子世界轻松游：

# 电子电路

## 开心入门

〔日〕木村诚聪/著  
林蓉蓉/译

化整为零，  
轻松掌握电子电路！

电路复杂没关系、分解之后超简单！

全方位解说模拟电子电路的基础与应用！

高性能数字电子电路完全图解！



科学出版社



电子世界轻松游：

# 电子电路 开心入门

〔日〕木村诚聪/著  
林蓉蓉/译



科学出版社  
北京

图字 : 01-2012-3176号

## 内 容 简 介

在我们生活的世界中,各种各样形形色色的事物和现象,其中都必定包含着科学的成分。在这些成分中,有些是你所熟知的,有些是你未知的,有些是你还一知半解的。面对未知的世界,好奇的你是不是有很多疑惑、不解和期待呢?!“形形色色的科学”趣味科普丛书,把我们身边方方面面的科学知识活灵活现、生动有趣地展示给你,让你在畅快阅读中收获这些鲜活的科学知识!

电子电路虽然看起来复杂,但实际上只要明白基本的概念和组成部分,整个电子电路无非就是各部分的组合。本书主要讲了半导体部件的结构、电子电路基本理论、许多部件和放大电路的应用以及数字电路等内容,书中包含了最重要同时又是最基本的电子电路知识,对电子电路感兴趣、同时梦想着在产品制造中实现自己创意的你,千万不要错过哦!

本书适合青少年读者、科学爱好者以及大众读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子世界轻松游:电子电路开心入门/(日)木村诚聪著.  
林蓉蓉译. —北京:科学出版社,2012

(“形形色色的科学”趣味科普丛书)

ISBN 978-7-03-034772-5

I.电… II.①木… ②林… III.电子电路-普及读物

IV.TN710-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第123207号

责任编辑:唐璐 赵丽艳 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面制作:泊 远

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京美通印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年7月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2012年7月第一次印刷 印张:5 3/8

印数:1—5 000 字数:160 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



### 拥抱科学，拥抱梦想！

伴随着20世纪广域网和计算机科学的诞生和普及，科学技术正在飞速发展，一个高度信息化的社会已经到来。科学技术以极强的渗透力和影响力融入我们日常生活中的每一个角落。

“形形色色的科学”趣味科普丛书力图以最形象生动的形式为大家展示和讲解科学技术领域的发明发现、最新技术和基本原理。该系列图书色彩丰富、轻松有趣，包括理科知识和工科知识两个方面的内容。理科方面包括数学、理工科基础知识、物理力学、物理波动力学、相对论等内容，本着“让读者更快更好地掌握科学基础知识”的原则，每本书将科学领域中的基本原理和基本理论以图解的生动形式展示出来，增加了阅读的亲切感和学习的趣味性；工科方面包括电子电路、半导体、太阳能电池、无线电、薄膜、金属等方面的内容，从基本原理、组成结构到产品应用，大量照片和彩色插图详细生动地描述了各工科领域的轮廓和特征。“形形色色的科学”趣味科普丛书把我们生活中和身边方方面面的科学知识，活灵活现、生动有趣地展示给你，让你在畅快阅读中收获这些鲜活的科学知识！

愉快轻松的阅读、让你拿起放不下的有趣科学知识，尽在“形形色色的科学”趣味科普丛书！

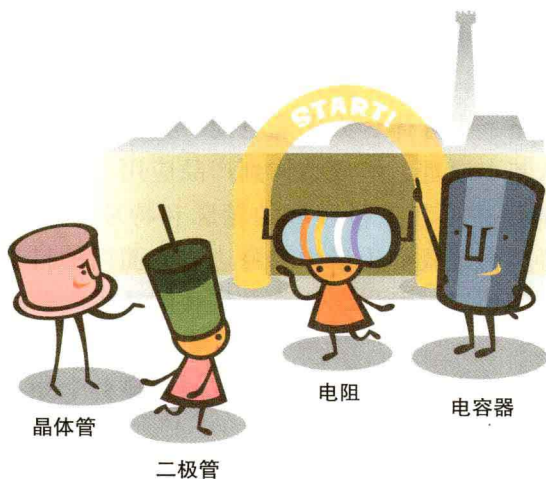
## 出场人物介绍

### ★ 青蛙：跳跳



本书的主角，擅长制作各种小玩意，对任何事物都抱有浓厚的兴趣，渴望制造出具有划时代意义的产品。

### ★ 向导



今天就是攻克电子电路迷宫的决战日！挑战者就是文中登场的两对儿搭档。不要再说“一看到电路就头疼”之类的话啦！它们能顺利到达吗？

## 前 言

我们身边充满着由各种各样电子电路组成的电子产品。这些产品看起来好像挺复杂的，自己不能简单地设计和制作。当然，为了设计和制作电子电路，在大学期间要积累相应的知识和实践经验。

有很多人觉得只有在大学期间非常刻苦地学习，才能理解电子电路。电子电路虽然看起来复杂，实际上只要抓住基本的要素，将其组合，就不那么难理解了。基本要素中，理论部分是“欧姆定律”和“基尔霍夫定律”，只要会简单的数学知识就可以掌握。当然，电子电路并不是仅限于数学手段来解决，也需要更高难度的知识。可是，我认为无论什么事只有抓住简单的概念，在理解的基础上进一步提高才会牢固掌握。

作为掌握电子电路的基本要素，半导体零部件的结构、电子电路中的基本理论、各种各样的零部件、放大电路和应用运算电路以及作为电脑基础的数字电路等，本书对这些内容一一进行了说明。书中选取的内容有旧的也有新的，但无论是新的还是旧的都是取自最基本的内容，所以如果能将本书中所写的内容理解到某种程度的话，就能对电子电路的世界有一个总体的把握了。这个世界中随处可见的数字仪器都是基于电子电路运转的。怎样做才能使数字仪器运转呢？这个疑问通过理解电子电路就可以解开吧。如果广大读者通过本书会对电子电路产生兴趣，并且立志成为未来制造优秀产品的工程师（技术人员），我将深感荣幸。

最后，我要对给予我写作机会的 Soft Bank Creative 的编辑人员以及为本书绘出漂亮插图的设计师们表示衷心感谢。

木村诚聪



# 电子电路 开心入门 目 录

## 第 1 章 电子电路基础 001

- 001 构成物质的原子核和电子 沿着轨道旋转的电子 ..... 002
- 002 通过有没有能自由移动的电子和能带来判定导体和绝缘体 ..... 004
- 003 自由电子同时流动形成电流 ..... 006
- 004 电流的驱动力 电压 ..... 008
- 005 控制电流 电阻和欧姆定律 ..... 010
- 006 通过化学反应发电的装置 电池 ..... 012
- 007 电流和电压的关系 基尔霍夫定律 ..... 014
- 008 “不变”的电和“变化”的电 直流电和交流电 ..... 016
- 009 信号的位置关系 相位 ..... 018
- 010 单位时间内电做的功 电功率 ..... 020
- 011 随频率而变的电阻值 阻抗 ..... 022
- 012 阻抗的计算 复数 ..... 024
- 013 存储电荷 电容器及其电容 ..... 026
- 014 存储磁场能 线圈和电感 ..... 028
- 015 各种各样的电阻器 从大型电阻器到片式电阻器 ..... 030
- 016 存储电荷、通交流电的元件 电容器 ..... 032

## COLUMN 电子电路的配角——连接器 034

## 第 2 章 电子电路和半导体 035

- 017 移动零件和有放大作用的零件 无源元件和有源元件 ..... 036

018	施加能量电子就会运动 半导体	038
019	电子移动产生的空穴 空穴 ( Hole )	040
020	添加杂质的半导体 n型半导体和p型半导体	042
021	n型半导体和p型半导体的组合 二极管	044
022	发光半导体器件 发光二极管 ( LED )	046
023	对光和磁有反应的半导体器件 光电器件、霍尔器件	048

**COLUMN** 晶体管是发现还是发明? 050

### 第3章 模拟电子电路的基础 051

024	放大及其单位 分贝 ( dB )	052
025	通过电容器与线圈组合改变电阻值 谐振电路	054
026	电子与空穴共同控制电流 双极晶体管	056
027	名称因移动主体而不同 npn结和pnp结	058
028	晶体管的基本电路 共射极电路	060
029	晶体管和负载之间的关系 负载线	062
030	让晶体管起作用的点 工作点	064
031	表示电流放大率的参数 $h_{fe}$	066
032	功率放大的基础 甲类放大电路	068
033	放大效率高的放大电路 乙类、丙类放大电路	070
034	失真少、效率高的放大电路 推挽放大电路	072
035	将放大后的信号返回输入 反馈电路	074
036	靠电压控制电流的器件 场效应晶体管 ( FET )	076
037	FET基本电路	078
038	n型FET和p型FET的组合 CMOS	080
039	硅是优良的半导体 硅晶圆	082





- 060 用0和1调动的电子电路 二进制数和数字电路····· 128
- 061 用数字电路表示负数 补数····· 130
- 062 表示A和B的电路 逻辑与(AND)····· 132
- 063 表示A或者B的电路 逻辑或(OR)····· 134
- 064 表示否定的电路 逻辑非(NOT)····· 136
- 065 计算机内的基本运算电路 半加法器····· 138
- 066 考虑下级进位的运算电路 全加法器····· 140
- 067 电脑的基本记忆电路 双稳态多谐振荡····· 142
- 068 记忆状态的存储器····· 144
- 069 由记忆的内部状态和输入决定输出 顺序电路····· 146
- 070 由进程表实现的数字电路 硬件描述语言····· 148
- 071 由脉冲波产生的交流电 逆变电路····· 150
- 072 使用数字的功率放大电路 丁类放大电路····· 152

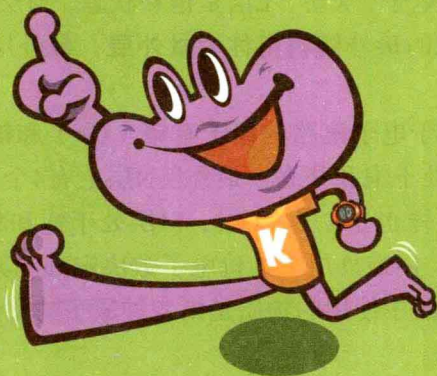
参考文献····· 155



# 第 1 章

## 电子电路基础

电子电路要遵循基本的物理定律。  
本章将会对半导体的物理特性、电与电子的基本原理、  
电阻、电容器、线圈等内容一一进行说明。



## 构成物质的原子核和电子 沿着轨道旋转的电子

你知道我们身边的种种物质是由什么组成的吗？所有物质都是由如图1所示的由原子核和电子组成的原子构成的。电子围绕着原子核旋转，物质的种类是由原子核中的所有质子和中子以及环绕在它们周围的所有电子的数量决定的。如图1所示，在原子核周围只有一个电子的物质称为氢。

围绕原子核旋转的电子并不是无秩序地旋转，而是整齐地沿着轨道旋转。这些轨道如图2所示，离原子核最近的称为K层、其外侧依次为L层、M层和N层。各个轨道能够容纳一定数量的电子数，K层是2个、L层是8个、M层是18个、N层中能够容纳32个电子旋转。可以用原子核中所有的质子和中子以及电子层中电子的个数来区别物质的种类。

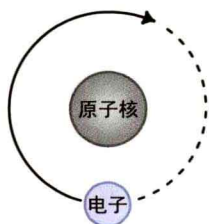
用于电子电路的原子有几种呢？使用最普遍的是硅（Si）。硅元素中一共有14个电子，K层、L层是饱和状态，M层中只有4个电子。这时，电子存在的最外侧轨道称为最外层，最外层上的电子称为价电子。

除硅以外用于电子电路的原子有锗（Ge）和镓（Ga）。锗是K层、L层、M层处于饱和状态，最外层N层上有4个价电子（表1）。另外，镓和锗一样也是K层、L层、M层处于饱和状态，最外层N层上有3个价电子。用最外层上的价电子数决定其和其他原子是否容易结合。在电子电路中使用的物质是由各种原子的化合物组成的。



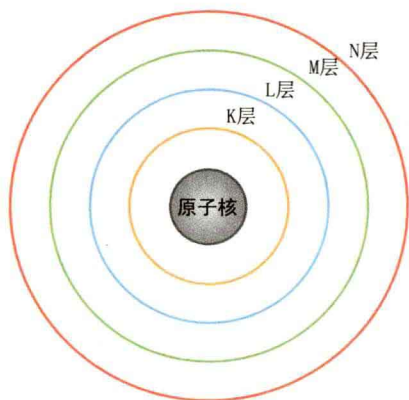
- 每个原子都是由围绕在轨道周围的电子的数量决定的
- 可以通过最外层的价电子数改变物质连接的难易程度

图1 原子核和绕核运动的电子组成的原子模型



身边的所有物质都是由原子核和电子组成的原子构成的。电子围绕着原子核旋转

图2 电子层的模型和电子数



原子核周围旋转的电子沿着某些轨道旋转。轨道由K层开始依次为L、M、N层，每个电子层上容纳的电子数是一定的

层	K	L	M	N	$n$
最大电子数	2	8	18	32	$2n^2$

表1 在电子电路中经常使用的原子和电子层

层	K	L	M	N
硅	2	8	4	0
锗	2	8	18	4
镓	2	8	18	3

用于电子电路的原子有硅、锗和镓等。每个原子其轨道上的电子数是一定的

物质中有导电的**导体**和不能导电的**绝缘体**。导体和绝缘体有各种各样的种类，一般来说金属是导体，塑料、橡胶、玻璃和瓷器是绝缘体。它们的差异是物质中有没有能够**自由移动的电子和能带**。

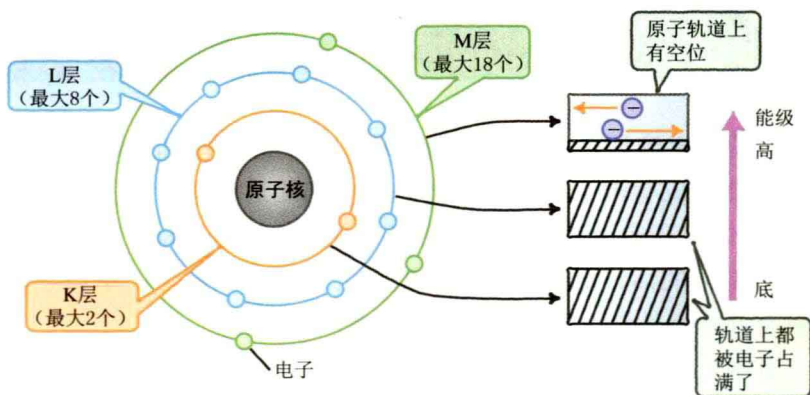
**图1**是铝（Al）的原子模型。铝是拥有13个电子的原子。表示电子层的K层和L层上分别能够容纳2个和8个电子，铝的K层和L层上的电子已经饱和了，其外层能容纳18个电子的M层上还剩3个价电子。价电子不能随便选择电子层。电子轨道中包括**能级**。将各轨道和能级进行对比如**图1**所示。铝里边K层和L层已经被电子填满了，所以其能带处于占满状态。可是M层还有富余，所以能带也有空隙。这些能带空还是不空，也就是最外层轨道上空与否是决定其是导体还是绝缘体的关键。

**图1**是导体铝，其最外层原子轨道（电子层）M层上有许多空位，这些轨道上的价电子可以自由移动。可是如**图2**所示，原子轨道上全都挤满了电子，没有任何空位的情况下电子不能在同一轨道上自由移动，移至其他轨道需要非常高的能量，所以实际上其价电子是不能移动的。就像这样，我们可以通过有没有能够自由移动的价电子或者有没有能够自由移动的能带来判定物体是导体还是绝缘体。



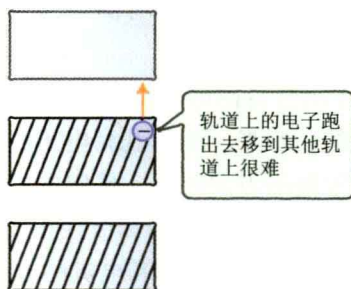
- 导体最外层轨道上有空位，能带也有空隙
- 绝缘体轨道上的电子没有空位，电子不能自由移动

图1 铝(Al)原子的能带



每个原子中有一定数量的电子，电子自K层依次沿轨道排列。最外层轨道如果没有被电子充满，就会产生电子自由移动的余地，由这样的原子组成的物质成为能够导电的导体

图2 绝缘体难导电的原因



轨道被电子充满的情况下，电子移到其他轨道上需要很大能量，非常难。另外，因为电子不能自由移动，所以这些物质成为难以导电的绝缘体

所谓的**电流**即是电子的流动。那么，在导体中如果电子流动的话，就能形成电流了么？如果把导体中到处活动的价电子称为**自由电子**，如图1所示，通常，自由电子在导体中到处移动，所以如果单看某一部分的话，那些活动整体抵消之后就变成零了。单凭导体自身的存在状态的话，可以说电流是不会产生的。

电流是自由电子在某个方向上流动时产生的。如图2所示，如果在导体中安装正极和负极的话，自由电子会同时向正极流动。自由电子同时定向流动的时候，就形成了电流。这个电流可由下式计算：

$$\text{电流 } I(\text{A}) = \text{电荷 } Q(\text{C}) \div \text{时间 } t(\text{s})$$

**电荷** $Q$ 即通过导体横截面的自由电子的数量， $1Q$ 约相当于 $6.24 \times 10^{18}$ 个电荷的电量。这是一个非常大的数量，照此类推1A的电流是非常巨大的。电流的单位安培是以发现“安培定则”（表示电流和磁场之间的关系）的安德烈·玛丽·安培（Andre Marie Ampere）的名字命名的。

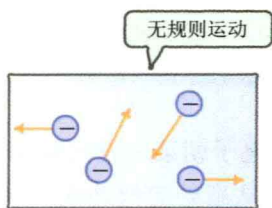
如图2所示，电流方向与自由电子的运动方向相反。以前人们认为电是从正极流向负极的，后来，随着观察电子技术的进步，人们才知道电流的方向和电子流向的方向相反。确定电中存在正负极的是富兰克林（B.Franklin），如果电子的流向和极性相反，那么之前的想法和理论都必须修正，因此我们定义电子和电流的方向是相反的。



- 自由电子定向运动时形成电流
- 电流的方向和电子的移动方向是相反的

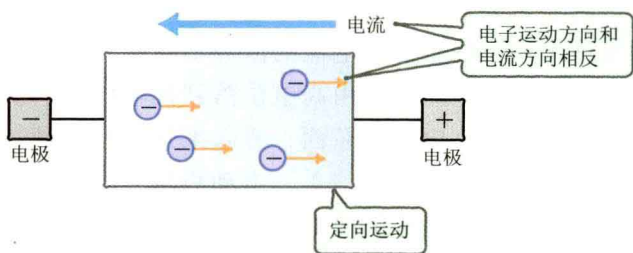


图1 导体中的自由电子



在导体中，自由电子来回自由地运动。这种运动丝毫没有规律性，因为是在内部到处运动，所以整体来说电量抵消为零，呈现没有电流流动的状态

图2 电子和电流的方向



如果在导体上加电极的话，其中的自由电子会向一个方向移动。为了测定这种移动需要的能量的大小，我们定义了电流。虽然电子向正极移动，但是我们将电流的方向定义为与之相反的、从正极流向负极的方向

电子的运动方向和电流的方向是相反的，这可真难理解啊！

