

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

无线电



ARRL

业余无线电丛书

从零起步学电子

(第2版)

【美】Walter Banzhaf (WB1ANE) 著
王龙 (BA4RX) 译

Understanding Basic Electronics

绝佳的电子入门指导书
超级经典的电子自学教材
轻松学好基础电学的必备辅导书



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TN01
B174.02

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

业余无线电丛书

从零起步学电子

(第2版)

Understanding Basic Electronics

【美】Walter Banzhaf (WB1ANE) 著
王龙 (BA4RX) 译

人民邮电出版社
北京

TN01
B174.02

图书在版编目(CIP)数据

从零起步学电子：第2版 / (美) 班茨哈夫
(Banzhaf, W.) 著；王龙译. — 2版. — 北京：人民邮
电出版社，2012.7

(业余无线电丛书)

ISBN 978-7-115-27978-1

I. ①从… II. ①班… ②王… III. ①电子学—基本
知识 IV. ①TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第086924号

版权声明

Understanding Basic Electronics, Second Edition by Walter Banzhaf(WB1ANE), ISBN 0-87259-082-3-3
Copyright ©2010 by The American Radio Relay League, Inc.

All rights reserved. No part of this work may be reproduced in any form except by written permission of the publisher.
Simplified Chinese translation edition jointly published by The American Radio Relay League, Inc. and POSTS &
TELECOM PRESS.

本书简体中文版由美国业余无线电协会授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复
制本书的任何部分。

版权所有，侵权必究。

内容提要

本书是由美国业余无线电协会(ARRL)出版的《Understanding Basic Electronics》(第2版)的中文译本。

本书是一本真正从零基础开始的面向电子初学者的入门读物。全书分为4个单元，分别从电子学的作用、直流
电路、交流电路、有源器件等方面详尽、生动、有趣地介绍了电子学的基本知识，包括电压、电流等基础电路参
数、基础元器件功能、经典电路定律、基础电路原理等。第2版图书在保留了第1版图书轻松、幽默风格的基础上，
对内容结构做了调整，并与时俱进地对知识体系进行了更新，更符合电子初学者的学习要求。

本书不仅适合业余无线电爱好者阅读，帮助他们了解电子学的基础知识，还是一本非常好的青少年学习电学
知识的课外读物。

业余无线电丛书

从零起步学电子(第2版)

- ◆ 著 [美] Walter Banzhaf (WB1ANE)
- 译 王 龙 (BA4RX)
- 责任编辑 房 桦
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本：800×1000 1/16
印张：23
字数：486千字 2012年7月第2版
印数：9 001—13 000册 2012年7月河北第1次印刷

著作权合同登记号 图字：01-2012-1197号

ISBN 978-7-115-27978-1

定价：52.00元

读者服务热线：(010)67132837 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154

广告经营许可证：京崇工商广字第0021号

前 言

电子学，这个词令人想到的就是工程师和技师围聚着他们最新的作品，周围四处散落着灼热的电烙铁和一段段导线，工作室里到处都是电阻、晶体管和其他零件，手中拿着计算器，实验者在电路板上打孔，并迅速选择一个新元件试图安装在电路中。

也许，你可以享受电子电路实验带给你快乐，而不必成为工程师或者数学高手。

这本书将向你讲授基本电子学原理。你所需要具备的数学技巧仅仅是加、减、乘、除。这本书以轻松愉快、浅显易懂的风格来编写，非专业的读者将非常喜欢。卡通画和插图很好地说明了电子学概念，帮助你加深理解。

本书用模块方法进行讲授。通常一个主题我们用 2 页篇幅，没有一个模块超过 4 页。在使用这本书时，这样的方式便于分成一个个小单元进行学习，这也便于你轻松跳过那些你已经熟悉的模块。

你有了电台执照，但想获得更完整的电子学基本原理吗？这本书就是你需要的。也许你只是想学习电子学的基础知识，而不想研究 FCC 法规和其他的操作实践，这本书也是你需要的。

美国业余无线电协会首席执行官

David Sumner (K1ZZ)

译者序

世界业余无线电日曾有过一个主题：Amateur Radio — A Foundation of Technical Knowledge（业余无线电——技术知识的基础）。众所周知，无线电最早应用于航海中传递信息，而随着信息技术日新月异的发展，作为推动信息技术发展的主要载体，无线电技术的应用越来越普及和广泛，无线电中新的技术层出不穷，它涉及到社会发展的各个领域。从深空探测、射电天文、航天技术到广播电视、交通运输、日常生活，无线电无处不在，可以说无线电已经渗入到我们生活中的各个角落。

英国作家萧伯纳曾经说过：常识是本能，有足够的常识便是天才。电子学是无线电的基础，无论你是无线电爱好者，还是无线电的使用者，如果能够掌握或者了解电子学的基本原理，不仅可以丰富你的生活，享受无线电科技带来的乐趣，而且可以拓展你的知识面，更好的使用无线电技术。

这本书是人民邮电出版社从美国业余无线电协会引进的业余无线电系列丛书之一《从零起步学电子》的第2版，和第1版相比，第2版保留了第1版深入浅出、幽默风趣的风格，在知识结构上做了调整，做到了与时俱进，更符合从零开始学习电子学的初学者的学习要求。第2版中，作者在每个章节后增加了温故而知新的复习检测，帮助你了解每个章节知识的掌握情况。从这本书中，我们还可以了解到国外的学习理念，这也许会给你的工作和学习带来启发，这也是这本书的第1版深受读者喜爱的原因之一。

如果你是一位科技爱好者，这本书可以帮助你了解电子学的基本知识，拓展你的知识面，为你进一步理解身边和电子技术有关的科学知识做好铺垫。

如果你是一位刚刚入门的无线电爱好者，但缺乏系统的理论知识，那么这本书可以帮助你补充电子学的基本理论，让你由浅入深地系统学习电子学基本知识，为你进一步研究无线电知识奠定良好的基础。

对于青少年读者来说，随着素质教育的推广和普及，业余无线电已经成为培养青少年探索科技知识的重要平台。通过无线电这个平台，了解更多的科技知识，在青少年时期提高自身的科技素养，为在将来更好地迎接科学技术和知识的挑战积累知识，这本书也是你优秀的科普读本。如果你对无线电充满好奇和兴趣，这本书将引领你进入电子学的殿堂。

由于工作繁忙，这本书的翻译工作是在业余时间完成。本人才疏学浅，书中的翻译错误和不当之处欢迎读者批评指正。

王龙 (BA4RX)

2012年4月

导 言

现代技术触及到我们生活的每个方面。我们必须了解这些技术的基本概念，让这些技术在我们的生活中发挥有效的作用。将科技应用在你的爱好中，可以增长你的知识并使你获得极大的乐趣。当你追求一个爱好时，你就是在探索新的兴趣并了解你身边的多彩世界。

电子学是现代技术中迷人的一门学科。无论你在哪里，你都能看到电子设备和装置。从汽车到邮局的邮政编码阅读器，几乎每个机器都要用到一些电子控制。你可以不必了解大多数设备的电子学原理，但是，当你了解了电子学的基本原理后，你会了解你身边更多的东西。

要想知道某装置、某设备是如何工作的，没有比自己去掌握它更好的方法了。很多业余无线电操作者喜欢制作各种各样的电子装置。从他们的无线电台的小装置到完整的无线电收发信机，很多火腿会很开心地说，这是我自己制作的。你可以用你的电子学知识去完成各种有用的设计。

这本书将帮助你学习最重要的电子学基本原理。你会对你完成一个设计的能力充满自信，并且了解这些设计的工作原理。通过理解这些基本原理，你可以阅读理解更深的内容。你会熟悉电子技术和业余无线电技术的术语和行话。

这本书的主要目的是给你讲授电子学基本原理。书中贯穿了很多业余无线电的例子，向你展示在业余无线电中如何应用这些原理。你将要学习简单的直流电路和简单的交流电路。

在每个单元中，相关的主题构成一个章节。例如，某一章中主要介绍公制测量，另一章专门研究欧姆定律。有的章节是关于电容器和双极晶体管，每一章由一个或者更多的模块组成。

这些模块构成了书的核心，每一个模块介绍与这章相关的重要概念。本书内容用尽可能简单、通俗的语言来表达，用简单的解说来表达这些重要的术语。附录中包含了电子学术语表和业余无线电术语。当你碰到不熟悉的术语时，你可以随时查阅这个术语表。

我们建议你从头开始学习这本书，并完整地学习这本书。在编写这本书时，我们按照逻辑关系精心组织这些主题。每个部分的知识建立在上一章你获得的知识之上。当你完成了这本书的学习，你会获得电子学的基础。

本书中大量的例题是通过逐步分析的方式来得到解答的。在你阅读这本书时完成这些计算，理解过程中的每一步，并达到与答案一致。本书还提供了额外的练习题。

你也许会发现，书中有的主题你已经非常熟悉。如果是那样的话，你可以考虑跳过这个章节，学习那些你还不是很熟悉的内容。每个模块都是独立的课文内容，你可以跳过一些模块，选择那些你最感兴趣的模块。如果你发现一些不熟悉的术语和概念，可以在附录中查阅，并复习相关的模块。

祝你学习好运。我们希望你能轻松地阅读这本书，享受这本书带给你的乐趣！

目 录

前言	1
译者序	2
导言	3
第一单元 电子学导论	
第1章 电子学——能做什么? (绝对最重要的东西)	2
第2章 模拟电子电路	8
第3章 数字电子电路	13
第4章 模拟电路的组件	18
第5章 数字电路的组件	25
第二单元 直流电路概念	
第6章 电学术语: 电压和电流	34
第7章 导体、绝缘体和电阻	42
第8章 电和磁	53
第9章 电容器和电感器	69
第10章 电路——串联电路和并联电路	99
第11章 欧姆定律	106
第12章 如何解决电路问题——一些技巧和窍门	123
第13章 能量和功率	139
第三单元 交流电路概念	
第14章 什么是交流电 (AC)?	152
第15章 频率、周期和交流电的例子	156

第 16 章	交流电中的电容器——容抗	168
第 17 章	交流电中的电感器——感抗	177
第 18 章	电感和电容的品质因数	185
第 19 章	变压器	192
第 20 章	阻抗	204
第 21 章	谐振电路——开心玩转交流电路	219

第四单元 有源器件的概念

第 22 章	半导体材料	234
第 23 章	二极管——电路中的单向阀门	240
第 24 章	双极性晶体管 (BJTs)	264
第 25 章	场效应管 (FETs)	287
第 26 章	集成电路——将所有元件放入一个小包中	297

附录

附录 A	科学记数法	312
附录 B	了解和使用你的 TI-30X IIS 型科学计算器	321
附录 C	电子管	325
附录 D	分贝	340
附录 E	电子学与业余无线电术语表	347

第一单元

电子学导论

电子学可以被定义为控制电子（所有原子的最外层部分）去完成对人类有用的任务。电子学使我们每天使用和完全依赖的各种各样的设备变成可能。试想一下，没有调频收音机、无绳电话、计算机、MP3 播放器、GPS 导航系统、电视剧或者 嗯，你明白我的意思了吧。从某种程度上说，如果不是这些围绕在我们身边的电子奇迹，我们刚刚过去的的生活还是一个相当原始的生存状态。

区分电器装置和电子设备非常重要。墙壁开关是电气设备的一个例子，它用来打开和关闭家里的电灯。墙壁开关没有什么微妙之处，当开关闭合，电流通过，灯亮，当开关断开，没有了电流，灯熄灭。

对比一个具有调光控制器的墙壁开关，因为有了调光功能，灯的亮度可以改变，在完全关闭到彻底打开之间，灯的亮度有一个很大范围的变化。调光器是一种简单的电子设备，它利用有源器件来控制电流。

有源器件包括晶体管和二极管，现在它们

在这一单元你将学习：

- ✓ 一些行业中，电子学在我们日常生活中扮演的重要角色
- ✓ 一些基本的模拟电路和数字电路，以及如何对它们进行区分
- ✓ 关于基本电路的组件

是由专门的人造半导体材料制成。在 100 多年前，电子管作为有源器件在使用，不过今天，它们已经很少被使用了，除非在一些特殊的应用中（例如在广播和电视台中的大功率发射机上）。无论电流是工作于灯泡、听音乐的耳机或者是视频播放器，用有源器件控制电子的流动都非常容易。

本书中，你将学习令人兴奋的电子学，并正确了解你（是的，就是你自己）能用它来做什么。这不仅是一个令人愉快的爱好，而且可以成为一个很值得的职业。

第1章

电子学——能做什么？ (绝对最重要的东西)



目录

- 日常生活中的电子学
- 忙碌着的电子学
- 电子学使生活更安全
- 复习检测

日常生活中的电子学

本章中我们列举了不少生活中电子学的应用，虽然这些应用我们感觉是理所当然的，但它们在我们的生活中却扮演着非常重要的角色。当你在浏览这些应用时，思考一下那些你熟悉的，但没有被我们列出来的应用，甚至可以想象一下那些应用在你的未来生活中会有什么发展。

个人电脑

我在编写这章书稿时使用的是我的便携式电脑，它比全球几十年前的所有电脑组合在一起还要先进，它有更多的计算、分析和显示信息的能力。几十年前，5MB 的硬盘需要外接电源，体积有好几个冰箱那么大，要用铲车才能移动，而我现在的 4GB 的 U 盘体积比我的小拇指还要小，比一个小的手电筒还省电（4GB=4000MB）。

移动电话

当然，我腰带上的手机时刻准备帮我和世界上任何地方的想联络我的人通话。现在手机或 POTS（普通老式电话服务）有线电话通话的语音质量非常好，已经不能区分电话是从隔壁的房间，还是穿过半个地球的地方打过来的。2007 年，也就是第一个移动电话网络安装后的第 26 年，全世界已经有了大约 33 亿个移动电话用户，相当于地球上有一半的人在使用手机。

要拨打电话，我可以按数字键盘上的按



图1-1：在电子技术的不断进步下，手机已经变得更小，功能已成倍增加。

钮，或者我只要说一声 家、语音邮件 或者 乔治。而几十年前，任何基于数字信号处理的语音识别技术都是不可用的。最初的语言识别技术是在电脑上实现，现在这个技术已经应用在我的小小的手机上了。一旦识别了我的声音，手机将尽职尽责地拨出根据我发出的语言相关联的数字。

玩具

在 2007 年玩具行业协会举办的玩具展上，约有 3/4 的玩具使用微芯片（具有储存程序的微型集成电路）使玩具说话、灯光闪烁和对声音做出反应等。像 Wii 这样的游戏系统使用微型集成电路加速计来感受手柄控制器的运动，允许系统接收在虚拟高尔夫俱乐部中如何努力击球的准确数据。

忙碌着的电子学

汽车

在我驾驶汽车时，有三台电脑都在工作：一台电脑负责引擎部分的工作，一台电脑负责换挡传动部分的工作，第三台电脑负责车身部分的工作。无论是寒冷的冬天还是炎热的夏天，负责引擎工作的电脑都会保证火花塞在准确的时间点火。它持续监测废气，调整注入汽缸的燃油量。

负责换挡传动的计算机在适当的发动机转速下提供良好的油耗和性能。它甚至在我使用几次后，能够掌握我的驾驶风格，并调整相应档位。

当汽车速度达到 15 英里每小时时，负责车身的电脑自动锁上车门，当我停车时，能帮我关掉我忘记关掉的灯，当汽车快没油时，它

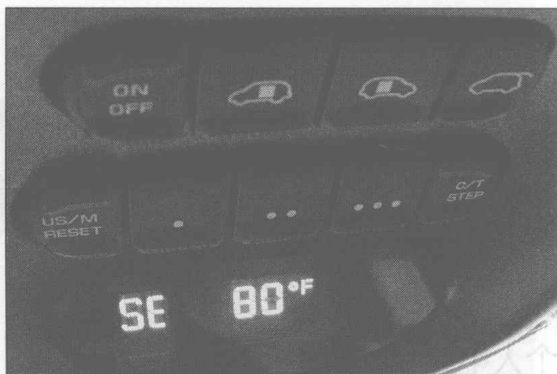


图1-2：现代的汽车通常包含一个车载计算机，为司机显示重要的信息。这张图中显示了外界温度（80°F）和罗盘方位（这辆车的方向是SE，东南方向）。

发出蜂鸣声提醒我。利用它，不需要用手接触门的把手就可以开关车门。如果我没有系上安全带，经过 20 秒的宽限时间后，它就会发出



图1-3：在使用GPS接收机前，我们是怎么找到路的呢？型号为Garmin街道领航员7200的导航仪是为汽车使用而设计的，用以显示地图和行驶线路，并从点烟器插孔供电。电池供电的手持式导航仪，如型号为麦哲伦海王星的导航仪，深受远足等户外爱好者们的欢迎。

响亮而且恼人的声音，敦促我系上安全带。

当然，我的仪表盘上的行车电脑告诉我已行驶的英里（或公里）数，即时和平均油耗（每加仑英里数或每 100 公里公升数），以及在油箱耗尽前还能行驶的距离。这是另一台电脑，一台很小的电脑。

电子学也使我们的汽车更安全。当汽车发生事故时，汽车上的安全气囊系统（SRS，辅助防护系统）识别到事故，向方向盘中心的爆破装置输送电流。在事故发生后的千分之几秒内，安全气囊内就会充满气体，作为缓冲，防止司机的上半身向前运动。

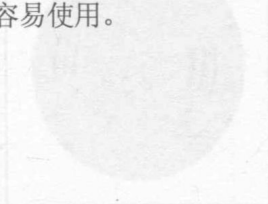
ABS 系统（防抱死制动系统）不断监测每个车轮的转速。如果一个轮子的转速比其他轮子慢，就可能造成车轮打滑的现象（也许是因为路面光滑造成的）。对于打滑的车轮，ABS 系统脉冲式控制它的制动液压，让它抓牢路面，让司机恢复对打滑汽车的控制。

有的汽车使用 ABS 系统，能让司机知道轮胎的胎压是否偏低，因为胎压偏低的轮胎比正常充气的轮胎要小一些，同时比正常的轮胎旋转得快一些。ABS 系统能辨别转速上的微小差别，从而告诉司机哪个轮胎的胎压偏低了。

GPS 导航

我很幸运拥有两个全球定位系统（GPS）接收器。一种是手持式的，我徒步旅行时使用它，另一个用于我的汽车。两种导航仪都能告诉我（用不同的方式）身处地球上的什么位置，可以精确到米。所有 GPS 接收机都完全依靠距地球几千英里高空中绕地球转动的 24 颗卫星组成的网络。每颗卫星花费数百万美元，包含保持时间精确到百万分之一左右的原子钟。

然而 GPS 接收机本身花费有几百美元，它们坚固、可靠，而且容易使用。



电子学使生活更安全

烟雾报警器

只需比一顿便宜的午餐花费还少的费用就可以购买一台电池供电式烟雾探测器，可以将它安放在墙上或者你的卧室内，它的电池能够工作一年左右的时间，在你睡觉时监测到烟雾颗粒的存在，发出刺耳的警报声去唤醒你。安装了烟雾探测器、CO（一氧化碳）探测器和可燃气体探测器（丙烷和天然气）在我们家中处在危险环境中时及时提供可靠和

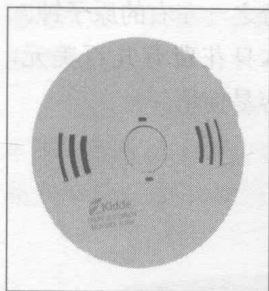


图1-4：低成本，电池供电的烟雾探测器已经挽救了成千上万人的生命。图中还包含了一个CO（一氧化碳）探测器。现代的技术烟雾报警器的电池（安装的是特殊的电池）能使用数月甚至几年。

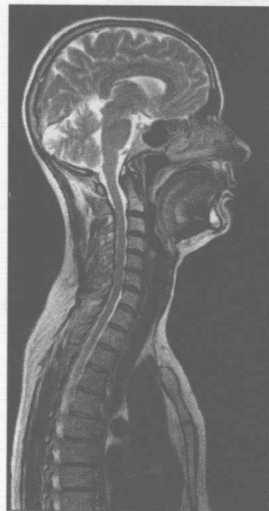


图1-5：核磁共振成像（MRI）技术可以让医生进行某些疾病的诊断，而在不久的过去，还需要通过外科手术来诊断。请注意这张头部和上半身脊椎图片中出色的细节，包括颈部和胸部脊椎以及它们之间的椎间盘。

有效的预警。

每个家庭中都应该安装烟雾探测器。如果你家中使用任何种类的燃料（如燃油、天然气、丙烷或煤油）来取暖或做饭，你还应该投资购买一个一氧化碳探测器。如果你使用天然气作为燃料，同样地，你还需要拥有一个可燃气体探测器。在现代电子学帮助下，你只需要花费大约外出吃一顿饭的费用就可以购买这三种探测器。

医学

50年前，一个腹部疼痛的病人经常需要进行手术检查，打开腹部，让外科医生检查和确定造成腹部疼痛的原因。今天，由于CAT（计算机辅助断层摄影）、MRI（核磁共振成像）、超声波和其他无创伤性诊断工具的出现，可以通过电子查看身体内到底是怎么回事，而不再需要通过外科手术和由它造成的痛苦、费用和恢复时间以及感染的风险等问题。

下一步是什么？

本章介绍了电子学提高并简化了我们生活的一些事例。如果没有电子系统，我们的生活将会是一个非常简陋的状态。

在本单元下面的章节中，我们将着眼于模拟和数字电路以及它们的组成，现在，组成电路的每一个元器件你几乎都能购买到，或者能使用到。

复习检测：-----

答案：-----

1.1 首字母缩略语GPS代表：

- a) 大功率开关
- b) 灰芥末三明治
- c) 全球定位系统
- d) 愉快的人们在歌唱

- 1.1 c
- 1.2 b
- 1.3 d
- 1.4 a
- 1.5 c
- 1.6 a
- 1.7 d

1.2 如果家中使用任何种类的燃料（燃油、天然气、丙烷、煤油灯），则必须有：

- a) 两部手机
- b) 一个一氧化碳检测器
- c) 一台核磁共振设备
- d) 可以的冷冻比萨饼

1.3 首字母缩略语SRS代表：

- a) 连续无线电话服务
- b) 半导体复原服务
- c) 短波电台选择
- d) 辅助约束系统

1.4 以下是电子设备的例子的是：

- a) 调光开关
- b) 门铃按钮开关
- c) 手电筒上的开关
- d) 墙壁上的电灯开关

1.5 5GB等于：

- a) 50MB
- b) 5000MB
- c) 5000MB
- d) 0.5MB

1.6 汽车的安全气囊的触发是通过：

- a) 感应冲击力
- b) 手机的重力
- c) 引爆方向盘
- d) 看到迎面而来的车辆

1.7 汽车的ABS（防抱死制动系统）可以做所有这些，除了：

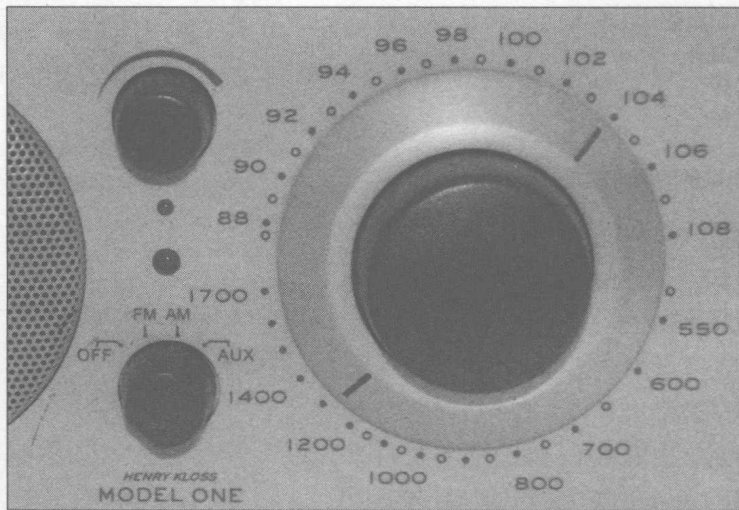
- a) 辨别哪个车轮的胎压偏低
- b) 检测哪个轮胎的转速快
- c) 告诉你什么时候汽车打滑
- d) 查明何时司机使用手机

目录

- 变阻器符号识别 ●
- 电阻符号 ●
- 电感符号 ●

第2章

模拟电子电路



这台台式收音机利用模拟电路在选台

目录

- 模拟信号连续可变
- 线性电路
- 复习检测

模拟信号连续可变

对于使用模拟电子电路或者数字电子电路的设备大家可能都很熟悉，即使我们并没有意识到这些电路的存在。许多现代设备中既有模拟电路，又有数字电路。例如，蜂窝电话（有时也称之为移动电话）同时具有模拟电路和数字电路，电脑也一样。一台老式调幅或调频收音机使用刻度盘调谐，它完全没有数字电路，而带有数字显示的收音机就同时具有模拟电路和数字电路。

那么，模拟电路和数字电路之间有什么区别呢？模拟信号连续变化，而数字信号被分割成不连续的离散梯级。打个比方，以钟的表面为例，如果是模拟信号的钟，秒针平稳连续转动，准确显示任何时刻的时间。而数字钟用 1 秒间隔显示时间，而不显示秒和秒之间的时间。

图 2-1 显示了一个信号强度连续变化的模

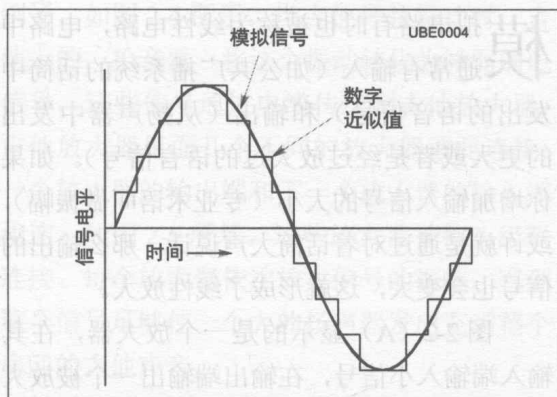


图2-1: 根据信号强度不断变化的模拟信号波形，而同一信号的具有离散梯级的数字信号波形和它相似。

拟信号波形，和一个波形相似，具有离散梯级的数字信号波形。当然，如果梯级足够小，数字信号的波形非常接近于它所对应的模拟信号波形。

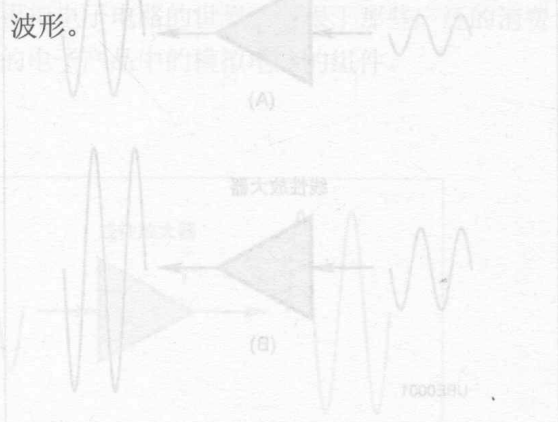


图 2-2: (A) 图中，正弦波经放大器放大后，其幅度增大，但波形仍为正弦波。(B) 图中，方波经放大器放大后，其幅度增大，但波形仍为方波。