

► 笔记本电脑维修课堂

笔记本电 脑 维修 之 电路分析基础

Circuit Analysis Basis
Notebook Computer Repair



◎ 张兴伟 等 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

笔记本电脑维修课堂

笔记本电脑维修之电路分析基础

张兴伟 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合笔记本电脑与台式 PC 内的各单元电路,系统地介绍了笔记本电脑电路分析的基础知识。全书共分 9 章,分别介绍了电阻、电容、电感、RLC 电路、二极管、三极管与场效应管、运算放大器、门电路等与笔记本电脑、PC 电路分析相关的基础知识。本书结合实际,对各知识点做了深入浅出的叙述,使读者能尽快掌握分析笔记本电脑电路的基本技巧。

本书适用于从事笔记本电脑维修、笔记本电脑技术支持的技术人员,也适用于对笔记本电脑电路感兴趣的其他技术人员与电子爱好者。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

笔记本电脑维修. 电路分析基础/张兴伟等编著. —北京:电子工业出版社, 2013. 1
ISBN 978-7-121-19133-6

I. ①笔… II. ①张… III. ①笔记本计算机-电子电路-电路分析 IV. ①TP368.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 286725 号

责任编辑:柴 燕(chaiy@phei.com.cn)

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:294.4 千字

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着技术与市场的发展，笔记本电脑与当初的手机一样，开始大量进入寻常人家。笔记本电脑用户日益增多，由此带动了笔记本电脑维修市场的蓬勃发展，许多人开始关注、进入笔记本电脑维修行业。

由于笔记本电脑的移动性、电路与机械结构的特殊性，笔记本电脑比台式计算机容易出现故障。市面上关于笔记本电脑维修的资料很多，但比较少见便于初学者理解的、较为深入的硬件电路分析资料。因此，笔者决定编写一本关于笔记本电脑硬件电路检修的书。

为此，笔者收集整理、查阅分析了大量的笔记本电脑电路资料，并对其总结，力图为相关人员提供更具指导性、实用性的笔记本电脑维修资料，使笔记本电脑维修人员或其他电子技术人员能通过这些资料迅速地了解笔记本电脑的电路。

本书使用了大量的原始电路资料，实用性、资料性强，具有很强的实践指导性。

本书从实用及快速技能培训的立场出发，对笔记本电脑维修的基础知识、笔记本电脑电路原理及其检修方法作了适当的讲述。

本书共分9章，分别介绍了笔记本电脑电路基础、手工操作基础，以及笔记本电脑硬件电路等各方面的知识。

本书适用于广大与笔记本电脑技术支持相关的从业人员，以及广大的电子技术爱好者。考虑到多数相关读者的读图习惯，本书中的部分电路图未进行标准化处理。由于专业水平、条件与时间的限制，书中难免有不妥之处，敬请指正。

除署名作者外，参与本书编写的人员还有钟云、林庆位、张积慧、钟晓、郭小军、张素蓉、钟钦、夏倩等。

编著者
2012. 10

第1章 绪论	1
1.1 关于本书学习	3
1.2 电路	4
1.2.1 电路的概念	4
1.2.2 电路中的地	5
1.3 电压、电流与信号	6
1.3.1 电压	6
1.3.2 电流	7
1.3.3 测试	7
1.3.4 直流与交流	8
1.3.5 信号	8
第2章 电阻与电阻电路	11
2.1 电阻基础	13
2.1.1 基本概念	13
2.1.2 电阻的单位	14
2.1.3 欧姆定律	14
2.2 电阻	15
2.2.1 电阻的种类	15
2.2.2 笔记本电脑中电阻的标识	16
2.3 电阻的连接	17
2.3.1 电阻的串联	17
2.3.2 电阻的并联	22
2.3.3 电阻的串并联	24
2.4 笔记本电脑中的特殊电阻	26
2.4.1 可调电阻	26
2.4.2 电流检测电阻	27
2.4.3 敏感电阻	27
2.4.4 笔记本电脑中的敏感电阻电路	29
2.4.5 笔记本电脑中的电阻网络	30
2.5 笔记本电脑中电阻的检测	31
2.5.1 一般测量	31
2.5.2 对地电阻	32
2.5.3 短路与开路	33



第3章 电容与电容电路	35
3.1 电容基础	37
3.1.1 基本概念	37
3.1.2 平行板电容器	37
3.1.3 电容的容量	38
3.1.4 电压与电流的关系	39
3.1.5 电容的特性	39
3.2 电容	42
3.2.1 无极性电容	42
3.2.2 电解电容	43
3.2.3 可变电容	44
3.2.4 电容标识	45
3.2.5 极性标识	46
3.2.6 笔记本电脑中的电容器	47
3.2.7 笔记本电脑中的电容网络	48
3.3 串联与并联	48
3.3.1 电容的串联	49
3.3.2 电容的并联	50
3.3.3 电容的串并联	51
3.4 笔记本电脑中电容的电路作用	52
3.5 笔记本电脑中电容的检测	54
3.5.1 检测电解电容	54
3.5.2 固定电容的检测	55
第4章 电感与电感电路	57
4.1 电感基础	59
4.1.1 基本概念	59
4.1.2 电感	59
4.1.3 电感器的特性	61
4.2 电感的连接	63
4.2.1 电感串联	63
4.2.2 电感的并联	63
4.3 笔记本电脑中的电感器	66
4.3.1 电感器的标识	66
4.3.2 检测电感器	67
4.4 磁珠与变压器	68
4.4.1 笔记本电脑中的磁珠	68
4.4.2 笔记本电脑中的变压器	69
第5章 RLC 电路	73
5.1 瞬态响应	75
5.1.1 电容器的瞬态响应	75



5.1.2	电感器的瞬态响应	81
5.2	电抗与阻抗	86
5.2.1	容抗	86
5.2.2	感抗	88
5.2.3	阻抗	89
5.2.4	RC 电路阻抗	91
5.2.5	RL 电路阻抗	93
5.3	笔记本电脑中的 RC 电路	94
5.3.1	基本电路形式	94
5.3.2	RC 滤波器	95
5.4	笔记本电脑中的 RLC 电路	98
5.4.1	RL 滤波电路	98
5.4.2	LC 滤波器	98
第 6 章	二极管	101
6.1	基本概念	103
6.1.1	PN 结与二极管	103
6.1.2	单向导电性	104
6.1.3	偏置电压	104
6.1.4	起始电压与二极管压降	105
6.2	笔记本电脑中的二极管	106
6.2.1	开关二极管	107
6.2.2	发光二极管	108
6.2.3	TVS 二极管	109
6.3	笔记本电脑中二极管的应用电路	110
6.3.1	二极管钳位器	110
6.3.2	二极管整流电路	111
6.3.3	感性负载保护电路	115
6.3.4	稳压作用	116
6.3.5	二极管门电路	117
6.3.6	正反向电阻的利用	117
6.3.7	笔记本电脑中二极管的检查判断	118
第 7 章	三极管与场效应管	121
7.1	三极管基本概念	123
7.1.1	结构与图形符号	123
7.1.2	工作条件	124
7.1.3	三种工作状态	126
7.2	三极管放大电路	126
7.2.1	共发射极电路	127
7.2.2	共集电极电路	128
7.3	笔记本电脑中的三极管器件	129

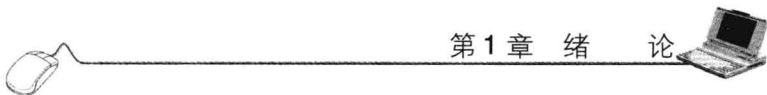


7.3.1	三极管	129
7.3.2	三极管组件	129
7.3.3	三极管的好坏判断	130
7.4	笔记本电脑中的三极管电路	132
7.4.1	开关电路概述	132
7.4.2	笔记本电脑中的实际电路	133
7.4.3	检修三极管电路	135
7.5	场效应管	137
7.5.1	场效应基本概念	137
7.5.2	绝缘栅场效应管	138
7.5.3	笔记本电脑中的场效应管	139
第8章	运算放大器与门电路	147
8.1	运算放大器概述	149
8.2	笔记本电脑中的运算放大器电路	149
8.2.1	反相放大器	149
8.2.2	同相放大器	150
8.2.3	电流源	151
8.2.4	电压比较器	153
8.2.5	施密特触发器	155
8.3	逻辑状态	156
8.4	笔记本电脑中的门电路	157
8.4.1	非门电路	157
8.4.2	与门电路	158
8.4.3	或门电路	159
第9章	笔记本电脑中常见的其他器件	163
9.1	笔记本电脑中常见集成电路	165
9.2	笔记本电脑中的常见电声器件	168
9.2.1	扬声器	168
9.2.2	送话器	169
9.3	笔记本电脑中常见的晶体振荡器	171
9.4	笔记本电脑中常见的传感器	172
9.4.1	加速度传感器	172
9.4.2	霍尔器件	173

第 1 章

绪 论





1.1 关于本书学习

早期的笔记本电脑属于高端消费产品，随着技术与市场的发展，笔记本电脑逐渐进入普通消费者的生活。根据国外调查公司 Gartner 透露，仅 2010 年第一季度期间全球笔记本电脑销量就达到 4940 万台。大量保修期之外的笔记本电脑催生了笔记本电脑维修行业，许多人打算或正在从事笔记本电脑维修。

笔记本电脑电路比较复杂，对于许多维修人员、初学者来说，从维修的角度来分析笔记本电脑的各单元电路有很大难度，归根结底，还是在于基础知识不扎实。

市面上关于电子基础方面的书籍很多，但大都是依赖于严格的数学推导，较难找到与实际维修工作紧密联系的、较为系统而又易于理解与掌握的电子基础知识的相关学习资料。

本书的一个重要特点就是面向实际应用，从实践出发对知识点予以描述。在本书的编写过程中，力求从“技术”与“技巧”层面来描述电子基础各方面的相关知识点，书中对相关理论的讨论大部分也不依赖于繁复的数学推导。在介绍知识点时，结合笔记本电脑的实际电路予以讲述，使书的内容深入浅出，语言简明扼要，通俗易懂。



我们在这里对电路理论的回顾不是用来取代教科书的。本书的目的在于引导读者比较快速地入门。

电子基础看似简单，但要真正学好并不容易。

“电”具有一定的抽象性，它不能被触摸、看、听或闻到。在一定程度上，我们需要利用一些仪器，如万用表、示波器等来观测它。从许多方面来看，讲解电路是抽象的、数学化的、纯理论性质的，但我们努力将数学与纯理论性质的讨论降到最低程度，以培养读者对笔记本电脑电路阅读与分析的直觉意识与理解。

虽然我们在书本中尽量少用数学，但有些数学运算对于理解模拟电路是必需的。

本书的读者，大都希望通过学习后能掌握一定程度的拓展职业生涯的技能。而这里所说的技能就是利用相关领域的基础知识解决实际问题的能力。注意，对于通常的电子维修工作来说，最常运用的也是简单的基础知识。

那么，如何发展并增强这样的技能呢？

最佳的方法当然是理论学习与实践相结合。

然而，要想真正掌握这样的技能，就必须利用相当的时间来学习、阅读、理解笔记本电脑电路。你会惊异地发现，你所求解的大部分问题都会利用到简单的基础知识。

要掌握好维修工作所必须的电路基础知识，应：

- ① 掌握基本的概念；
- ② 掌握基本电路；
- ③ 掌握基本分析方法。

可以说，基本概念是不变的，但它的应用是灵活的，万变不离其宗。

掌握基本电路。掌握基本电路的构成、正常工作的条件、电路的功用，等等。复杂的电



路都是在基本电路的基础上演变而来的。基本电路的组成原则是不变的，但其他电路形式各不相同、千变万化。如果记忆的仅仅是一个个孤立的电路，要真正学好技术是比较难的。

学习基础知识的过程，初看是非常乏味的，然而，这一过程非常必要。随着工作的深入、知识的增加，这一过程会变得越来越容易。随着时间的推移，会发现求解问题很快。花时间阅读、理解电路图最终会为你节省大量的时间，同时避免失败。

1.2 电路

1.2.1 电路的概念

电路是电工技术和电子技术的基础。把一些电气设备或元器件，按其所要完成的功能，用一定方式连接而成的电流通路称为电路。

电路的作用有两类：一是可以实现能量的传输与转换，二是可以实现信号的传递和转换。

简单地讲，我们把电流所走的路线称为电路。用细导线将一个电筒灯泡、一个开关与一个电池连接，即可组成一个简单的电路，如图 1.1 所示。如果将图 1.1 所示的实际电路用标准的电路图形符号画出来，可得到图 1.2 所示的电路原理图。

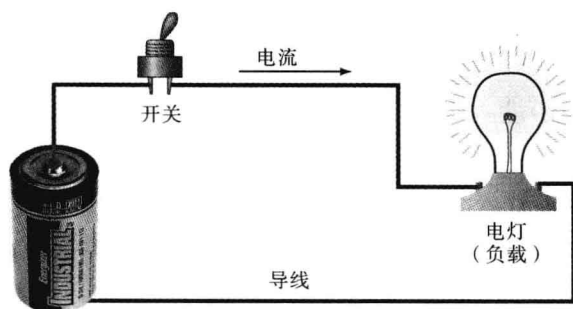


图 1.1 一个简单的实际电路

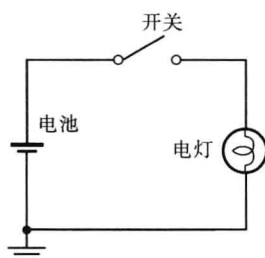


图 1.2 图 1.1 所示的实际电路的电路图

将图 1.2 所示的电路原理应用于实际的产品，可得到许多不同的照明器具，如电筒、探照灯等。如果将图 1.2 中的电池更换成 220V 的交流电源，就是我们熟知的电灯照明电路，如图 1.3 所示。

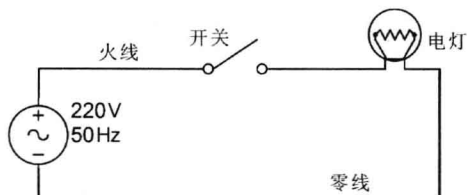


图 1.3 电灯电路

在电气工程中，我们关注的是信号的传输或能量的转换，要实现信号的传输或能量的转换，就需要有互连的电子（电气）设备，这种电子（电气）设备的互连被称为电路，其中的每一个组成部分被称为电路元素。



电源、元器件、负载、导线（用于电路元素连接）是一个电路的最基本的元素。

在图 1.1 所示的电路中，电池（电源）、开关（控制元件）、灯泡（负载）、导线都是电路元素。其中，电源是产生电能或电信号的设备，是将各种非电能（如热能、化学能、机械能、光能和原子能等）转换成电能的设备。电池电源是直流电源中的一种，手持电子设备通常都会用到电池电源，如笔记本电脑、收音机、手机等。

每个电路都有它的作用、功能，一个电路的作用对象被称为负载。例如，扬声器是音频放大器的负载，电筒灯泡是电池的负载。

与电源相反，负载将电能转换成其他形式的能量。在现代日趋复杂的各种电路中，负载和电源都是相对的概念。例如，在笔记本电脑中，某一级放大电路对于它的前一级放大电路而言可视做负载，而对于它的后一级电路则又被视做电源（信号源）。

图 1.4 所示的是笔记本电脑内一个实际的复杂开关电路（电子开关电路），它看起来比图 1.2、图 1.3 所示的电路复杂，但如果掌握了基本的电路知识，就可以很容易分析掌握这个电路。套用前面的知识：Q50、Q55、C678、R981、R982、R984 等是电路元素；该电源输出的 VCC3AUX1 电源为后级电路供电，后级电路就是图 1.4 所示电路的负载。

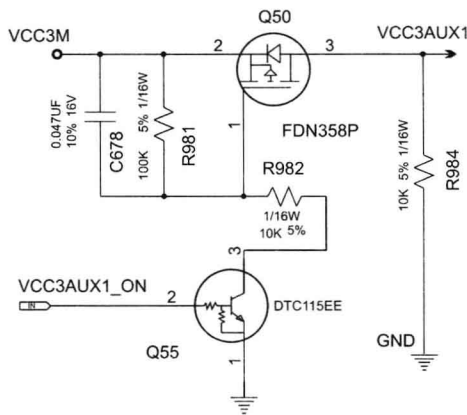


图 1.4 T60 中的 VCC3AUX1 电源转换电路

电路有很多种，不同的电子（电气）设备中各个电路的作用可能各不相同。本书不探讨设备中各种电路如何构建，着重在于介绍一些与实际维修工作紧密联系的电路基本知识。

1.2.2 电路中的地

“地”是电子技术中一个很重要的概念。由于“地”的分类与作用有多种，这里仅作一个简单的介绍。

图 1.2 中的 \perp 所表示的是电路的地（GND），它是电路的“地”，又称参考“地”，就是零电位的参考点，也是构成电路信号回路的公共段，它为设备中的所有信号提供了一个公共参考电位。“地”的图形符号也可以是 \perp 、 \perp 、 \perp 。在实际电子电路中，电源的负极与地相连——电路板上大片的铜皮或金属屏蔽罩，通常都是“地”。在图 1.1 中，电池的负极、电



池负极所连接的导线，以及与电池负极相连的电灯的端口都可认为是“地”，但电路图中仅以一个图形符号（ \perp ）来标识。

“接地”有设备内部的信号接地和设备接大地，两者概念不同，目的也不同。“地”的经典定义是“作为电路或系统基准的等电位点或平面”。

在工程实践中，除设备内部的信号接地外，通常还将设备的机壳与大地连在一起，以大地作为设备的接地参考点。设备接大地是为了保护人员安全而设置的一种接线方式。



不要将设备外壳的接地与电路中的“地”等同起来，也千万不要将上面所述的设备外壳接地与 220V 交流电中的“零线”等同起来。如果使设备外壳与零线等同（连接在一起），将对人员带来致命的伤害。

1.3 电压、电流与信号

1.3.1 电压

电筒所使用的通常是 1.5V 的电池，家用照明所使用的是 220V 的电源。这里的 1.5V、220V 就是指电源的电压。我们知道，水塔的位置总是比水管出水口的位置高。水在水管中之所以能流动，是因为有着高水位和低水位之间的差别而产生的一种压力。电也是如此，电流所以能够在导线中流动，也是因为在电流中有着高电势能和低电势能之间的差别。这种差别称为电位差，也称为电压。

在电路中，任意两点之间的电位差被称为这两点的电压。

电压用符号“U”表示。电压的单位是伏特，用字母“V”表示。电压还可用毫伏（mV）、千伏（kV）来表示。它们之间的换算关系是千进制，即

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)} \quad 1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

在电路中讲到电压，通常是指某一点对“地”的电压。例如，图 1.4 中 Q50 的 1 脚电压是指 Q50 的 1 脚与地之间的电位差，即 Q50 的 1 脚对地的电压。在实际测试操作时，万用表的挡位在电压挡，万用表的红表笔接 Q50 的 1 脚，万用表的黑表笔接地。

但是，某个元器件的“压降”就不是指对地电压，而是指这个元器件两端（或某两个端口）之间的电压。例如，在实际测试图 1.4 中 R982 的压降时，万用表的红表笔、黑表笔是分别接在电阻 R982 的两端。



在笔记本电脑检修工作中，大多数情况下都需要通过检测电路中一些重要节点的电压来判断电路是否正常。

在笔记本电脑电路图中，大多数电源的电压值信息可从电源的标注（名称）中获得。例如，表 1.1 所示的是惠普笔记本电脑 6910P 内电源供给状态说明，其中的“power plane”一项标明了机器内的一些电源名称。+5VALW 电源的电压值为 5V，+1.8V 电源的电压值是 1.8V，+1.25VS 电源的电压值是 1.25V。例外的是，在笔记本电脑内，3V 待机电源，如表 1.1 中的 +3VALW 电源，其实际电压值通常是 3.3V。



表 1.1 惠普笔记本电脑 6910P 电源供给状态说明 (O: 开启; X: 关闭)

电源 状态	+B LDO3 LDO5	+5VALW +3VALW	+1.8V +0.9V +5V	+1.5VS、+3VS+5VS+2.5VS + CPU_CORE +1.8VS +VCCP +VGA_CORE +1.25VS	+3VM +1.25VM +1.05VM
S0	O	O	O	O	O
S3/M1	O	O	O	×	O
S3	O	O	O	×	O
S5 S4/AC	O	O	×	×	O
S5 S4 只有电池	O	×	×	×	×
S5 S4/AC 或电池不存在	×	×	×	×	×

1.3.2 电流

电荷的定向移动形成电流。电流的大小等于单位时间内流过导体横截面的电荷量，用符号 i 表示。

电流的大小称为电流强度，用字母 I 表示，是指单位时间内通过导线某一截面的电荷量。

电流的单位是安培，用字母 A 表示。除了安培，常用的电流单位有毫安 (mA) 及微安 (μA)。它们之间的换算关系是千进制，即

$$1A = 1000mA$$

$$1mA = 1000\mu A$$

$$1kA = 1000A$$

1.3.3 测试

电压与电流是看不见、摸不着的，但我们可以利用一些工具来测量它们，最常用的就是万用表。万用表有数字式与指针式两大类，如图 1.5 所示（万用表的具体使用请参阅各相关万用表的使用说明书）。不论哪种类型的万用表，电压测试、电流测试与电阻测试是其最基本的功能。



数字式万用表



指针式万用表

图 1.5 万用表



在笔记本电脑的检修工作中，测量电压的机会相对较多。若用万用表测试电压，可将万用表的拨盘指向电压挡。

① 用万用表检测电路中某一点的电压时，使万用表的“黑表笔”接地，红表笔接该点。

② 需要检测某元器件两端的电压时，使万用表的“红表笔”、“黑表笔”跨接在该元器件的两端。万用表显示的就是该元器件两端的电压。如果万用表显示的是负数，对调万用表红表笔、黑表笔的位置即可。

1.3.4 直流与交流

电源有直流（DC）与交流（AC）之分。

交流电流的大小与电流方向是随时间的变化而变化的，而直流电流的方向不随时间的变化而变化。

交流电是有频率的，通常电网接入供电为 50Hz（如中国）或 60Hz（如美国），电压有 110V（如美国）和 220V（如中国）等。

干电池、蓄电池等属于直流电源。标准的直流电流的大小与方向都是不随时间的变化而变化的。在电路中，各单元电路的工作电源都是直流电源。电路中的振荡信号（时钟信号）、音频信号等是交流信号。

1.3.5 信号

我们在讲述电子电路时，不可避免地要提到信号。

通常情况下，电路中的模拟信号可用频率（frequency）、幅度（amplitude）、相位（phase）等三个基本的特征参数来描述。在维修工作中，大多数情况下都关注信号的幅度、频率。



频率，是指单位时间内信号发生周期性变化的次数。频率的国际单位是赫兹（Hz）。

若信号在单位时间（1s）内只周期性地变化一次，则信号的频率为 1Hz，如图 1.6（a）所示。若信号在单位时间内只周期性地变化两次，则信号的频率为 2Hz，如图 1.6（b）所示。

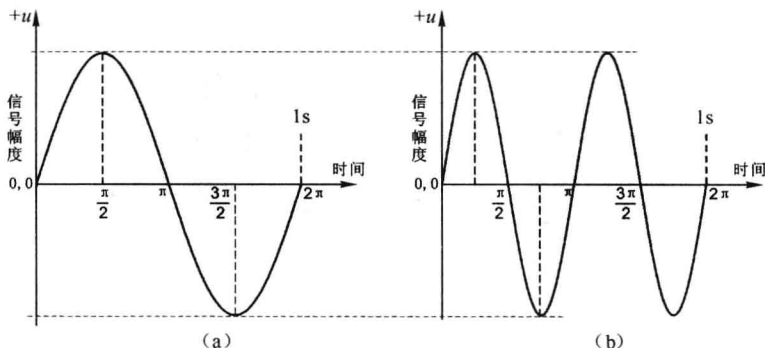


图 1.6 1Hz 信号示意图



赫兹 (Hz) 是频率的基本单位。在实际应用中, 还有千赫兹 (kHz)、兆赫兹 (MHz)、吉赫兹 (GHz) 等, 它们的换算关系如下所示。

$$1000\text{Hz} = 1 \times 10^3\text{Hz} = 1\text{Kilohertz} (1\text{kHz})$$

$$1000\text{kHz} = 1 \times 10^6\text{Hz} = 1\text{Megahertz} (1\text{MHz})$$

$$1000\text{MHz} = 1 \times 10^9\text{Hz} = 1\text{Gigahertz} (1\text{GHz})$$

在笔记本电脑内, 通常需关注各时钟信号的频率。例如, 32.768kHz 的实时时钟信号, 时钟产生器单元的 14.318MHz 参考时钟信号, 48MHz 的 USB 时钟信号等。



幅度是指周期性变化信号波的最大上升值和最大下降值。

信号的幅度被用来指明信号的强度, 通常用电压 (伏, V, Voltage) 来表示。

在图 1.7 所示的信号波形图中, 信号 A 和信号 B 在单位时间内的变化次数是一样的, 即信号 A 和信号 B 的频率相同。但信号 A 的幅度比信号 B 的幅度大。

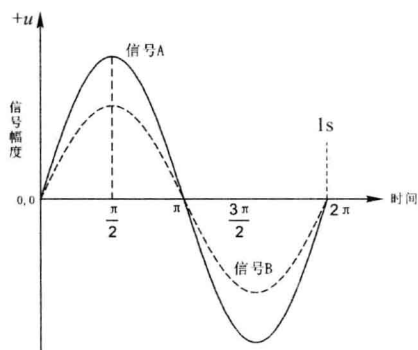


图 1.7 模拟信号幅度说明示意图