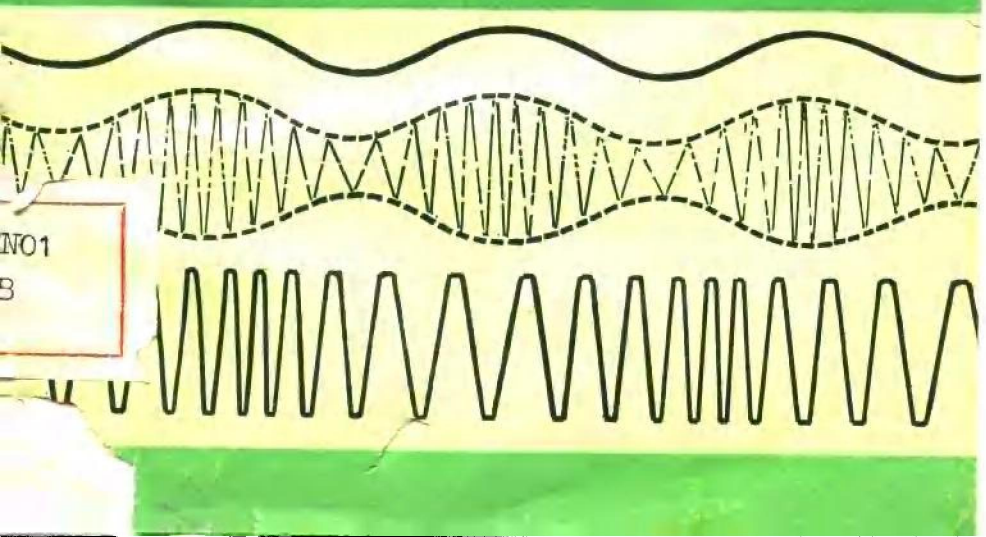


科学普及出版社
工业技术知识小丛书

电子学问答

〔英〕C.布郎 著



内 容 提 要

本书是英国有名的巴特沃思公司出版的工业技术知识小丛书之一。现代化生活中，人们一刻也离不开电子学，听广播、看电视，电子表、电子秤，看病时用电子仪器检查身体等等。工厂中的自动控制，神通广大的电子计算机都是电子技术的应用。但其中的奥妙，并非人人都懂，这本书采用问答形式，生动活泼地向读者介绍了其中的道理、最基本的电路及使用的元件，利用较少的时间就可了解电子学的概貌。

本书可作为工人考核升级的参考读物，也可供作技工学校或职业学校学生的课外读物。

Questions & Answers

ELECTRONICS

Clement Brown

Newnes Technical Books 1978

*

工业技术知识小丛书

电 子 学 问 答

[英] C. 布朗 著

骆成林 译

责任编辑：朱桂兰

封面设计：王序德

*

科学出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷一厂印刷

*

开本：787×1092毫米¹/₃₂ 印张：3³/₈ 字数：72千字

1981年6月第1版 1981年6月第1次印刷

印数：1—83,000册 定价：0.31元

统一书号：15051·1011 本社书号：0221

前 言

这本技术范围广泛的简明读物的目的，是使感兴趣的初学者，对电子学的基础原理及其在各方面的应用有所了解。虽然本书因篇幅所限，只能对一些电子学的基本现象、电路及组件作简单叙述，但通过本书，读者可以熟悉电子学“语言”，并了解这门引人注目的学科中许多基本功能，以便作进一步深入研究。

在电子技术应用方面，电子学对各种活动和工业的影响很大，目前在很多主要领域内引起了人们的注意。为说明电子学的实际应用，在本书后几章中选择和描述了若干突出的题目。一方面有电子与电气工程在工业企业中的结合，称为控制工程的题目。另一方面，也有象计算机和雷达这样的题目，这些题目对于初学者来说，显然都是属于电子学的范畴。对于收音机和电视这样最常见的电子设备，因为这套丛书的其它分册提供了更详细的内容，本书只作简要讨论。

C. 布 朗

目 录

一、引言.....	1
二、波形、脉冲及信号.....	9
三、电子管、晶体管及其它部件.....	30
四、放大.....	45
五、信号和脉冲的发生.....	57
六、无线电和电视.....	65
七、控制工程.....	76
八、计算机.....	81
九、其它一些电子学技术.....	88
附录.....	99

一、引言

电子学是什么意思？

电子学是以电子的作用、特性和控制为基础的工程应用学科。因此，虽然电子学被恰当地认为只是电气技术的一部分，但电子技术却应用在很多领域，包括通讯、国防、工业以及文娱生活方面。此外，要在电子学与其它可能“强电”的电气技术分支之间划一条明确的分界线越来越困难了，电子设备经常与工业电气系统和发电厂配合使用。

这种情况反映了电子学应用的适应性。但必须记住，今天的复杂性是从十分有限的东西，真空管即电子管的发明上发展起来的。1883年爱迪生发现，在一定条件下，电可以在真空中流动。他曾用一个里面放一枚金属片并抽成真空的灯泡做了实验。当金属片相对于灯丝带正电时，电流便在灯丝与金属片之间的真空中流动。

真空管由于出现了许多新的品种而继续占有重要地位。但是它已不再占有支配的地位，因为现在已出现其它器件。这些器件构成了电子学新技术的基础。最明显最重要的例子就是晶体管。晶体管的功能与电子管相似，但在物理概念上与电子管不同。

在讨论电子技术之前，简要地谈谈电子学的科学基础（电子的性质和导体、绝缘体及半导体的一般特性）是有用的。

什么是电子？

整个宇宙都可以找到的电子是最基本粒子之一。电子是一切物质的基本组成部分，是一切原子的一部分。为了了解电子的性质，需要回顾一下原子的结构。

原子由一个原子核及围绕着原子核旋转的带负电的电子组成。原子核由带正电的质子和不带电的中子所构成。每个质子或中子的质量几乎等于氢原子的质量，而电子的质量(0.9107×10^{-27} 克)则只有氢原子质量的 $1/1840$ 。

因此可以认为原子是由带正电的粒子和不带电的粒子形成的一个原子核及其周围带负电的电子云所组成。(现已发现新的粒子，但在研究电子技术过程中，初学者和学生只需考虑电子和原子核)。原子核占有原子的大部分质量，原子的结构是很空旷的。

在一百多种元素中，氢原子的结构是最简单的。它由一个质子和一个绕着质子沿轨道运动的电子组成(见图 1)。这将有助于表达原子的空间结构的概念。

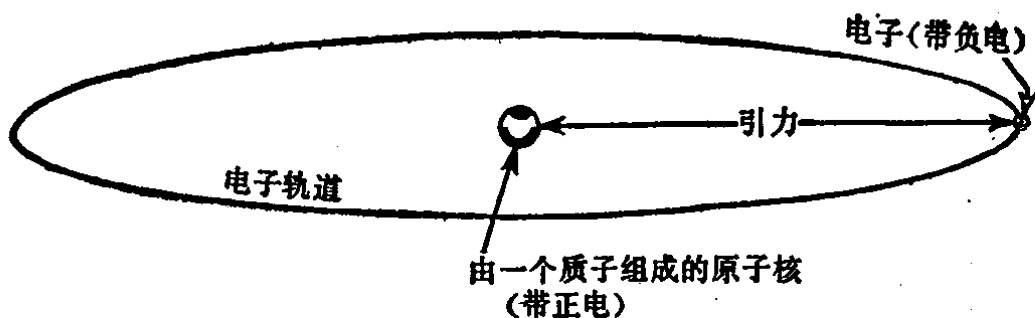


图 1

如上所述，电子带负电，因此任何带正电的物体都可以吸引它。一般说来，原子中的其它带正电的粒子与电子电荷

是平衡的，因此在正常状态下原子的电特性是中性的。但是如果一个原子失去一个电子（通过原子与原子碰撞或其它原因），它就多出一个正电荷而变成正离子，或者得到一个电子而成为负离子。在讨论电子学时，我们将涉及电子和离子的运动。

什么是电流？

电流是电子有规律的运动。在一定时间内通过某一点的电子数称为电流的流速。在实践中，我们以安培或毫(微)安培(尤其在电子学中)来量度电流（符号 I ）。一毫安即千分之一安培（ mA ）。一微安即百万分之一安培（ μA ）。电子流沿着电路从电源的负端通至正端（例如电池）。

导体和绝缘体有什么区别？

电流容易通过的材料称为导体，而电流显然难以通过的材料则称为绝缘体。还有一些材料介于良导体和良绝缘体之间，电流不太容易通过这些材料。表 1 比较了各种不同材料的导电能力。

根据从原子中移出每个电子所需的力的不同，原子中的电子就具有不同的能量。在由大量原子组成的固体中，相邻原子之间的相互作用，把电子能量分隔成若干能带。在这些能带中存在有“自由电子”，即那些在原子结构中松散地结合在一起，因而受到适当影响就会自由漂移的电子。

但是能带被没有自由电子的区域所分隔。最高一层能带称为导带，具有最大的能量。受到电场作用时（如施加电压），导带中自由电子容易运动，因而电流能通过这种材料。

良导体的导带中有很多自由电子，因此能通过大量电流。

另一方面，在良绝缘体的导带中没有自由电子，因而电流不能通过。这类材料既包括某些天然材料，也包括大量较精细的人造材料，其中值得注意的是塑料。

各种不同材料的导电能力 表 1

良 导 体	能通过一些电流的材料	良 绝 缘 体
铜 金 铅 铂 银 锡 盐水	碳 氧化铜 锗① 铁 镍—铬合金 硅①	空 气 胶 木 陶 瓷 玻 璃 云 母 干 燥 纸 纯 水 聚苯乙烯 橡 胶 木 材

① 半导体(参见半导体一节)

什么是半导体？

有若干材料的导电性能介于导体和绝缘体之间，这类材料就称为半导体。这类材料的发现和发展使电子学尤其是晶体管及其有关器件有可能大大地向前发展。

如上所述，有些材料如大多数金属因存在自由电子而很容易导电；而绝缘体则因缺乏自由电子，电流就难以通过。自由电子的获得取决于材料的原子结构、原子的相对位置以及温度。

少数“外来”原子可以影响某些材料的电学性质。这些材料就是半导体。目前最重要的半导体是锗和硅。一般说来，半导体随温度升高而更容易导电；与此相反，良导体如铜随

温度升高而更难于导电。

在前面已经提到过的导带之下,半导体还具有若干能带。它们的作用取决于空穴的运动(空穴就是失去电子后留下的空间)。空穴被认为与电子的符号相反。空穴的名称就有可以接受电子的意思。

电流流动的原因是什么?

由于施加电动势(e. m. f),电子可以在导体中流动。电动势可以由直流发电机、交流发电机、电池或其它电源提供。无论什么电源都可以使电子发生迁移。在导体中流动的电荷可以简单地表示在图 2 中。

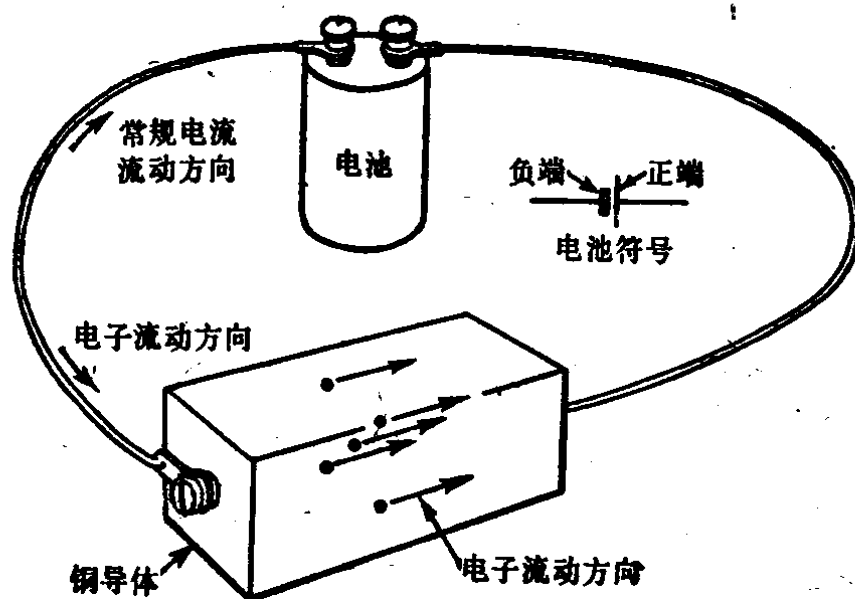


图 2

电源负端与正端之间存在的电动势的量称为电位差(p. d.). 电位差和电动势以伏特表示(符号为E或V)。

电流与电动势的关系怎样?

通过导体的电流(也即电子流)一方面取决于电动势的

大小，另一方面取决于导体的阻抗。若电阻不变，电动势加倍将使电流加倍。

实际上一切导体都有一定的电阻：它可能很小，如普通铜电缆，或者为了一定的目的，故意使其加大。电阻(R)以欧姆计量(Ω)，但通常在电子学中实际遇到的较大的值以千欧($K\Omega$)和百万欧(兆欧 $M\Omega$)来计量。

电路中电流、电位差和电阻之间的数学关系可由欧姆定律表示，即 $R=V/I$ 。 R 是电阻，以欧姆计量； V 是电位差，以伏特计量； I 是电流，以安培计量。这个公式显然可以写成另外两种形式： $I=V/R$ 和 $V=R \cdot I$ 。

电路中的电阻总会消耗一定的能量：由于电阻元件中电子的碰撞，能量以热的形式耗散。在电炉中，目的就是耗散一定数量的能量；而在电灯泡中光和热都被辐射而耗散。

具有电阻的电路中，功率表示为 $W(\text{瓦})=VI$ (或者 $W=I^2R$)。在电子学中常遇到的是以千分之一瓦(毫瓦， mW)计算的小功率。

什么是组合电阻效应？

若把电阻串联连接在一起，电阻值就增加。在图 3(a)中，若两个电阻具有同样的阻值 R ，则总电阻为 $2R$ 。对于一定的电压，通过两个电阻组合的电流为通过一个电阻 R 时的电流的一半。

若把电阻并联连接，如图 3(b)，有效电阻值就降低。在这种情况下，若两个电阻具有同样的阻值 R ，则总电阻为 $R/2$ 。在一定的电压下，通过电路的总电流为通过一个电阻(阻值为 R)时的二倍。

关于通过几个电阻的电位差问题也可以在此情况下进行

研究。显然，在图 3(b)中，电阻两端的电位差是 V 。但在图 3(a)中，有部分电位差“看来”要经过每个电阻。如果两个电阻相等，则通过每个电阻的电压为 $V/2$ 。实际上一个电阻可能有较大值而另一个可能有较小值。于是就会出现阻值大的电阻两端的电位差大，而阻值小的电阻两端的电位差小。

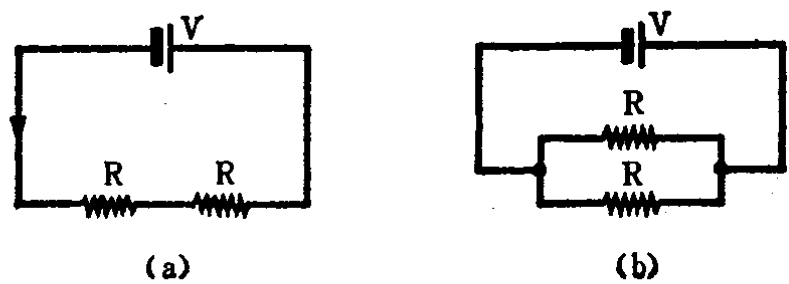


图 3

什么是内电阻？

到目前为止，只考虑了表示“负载”或工作电路元件的电阻。但所有电源(直流发电机、振荡器、整流器、电池组)都具有内电阻即通常所称的电源电阻。

显然，通过外电路的电流(如图 3)也通过电源(在此情况下为电池)。因此，由于内电阻两端的电势降使电动势有一点损失。电流越大，电动势损失也越大。

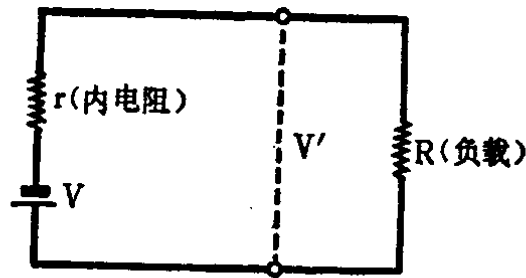


图 4

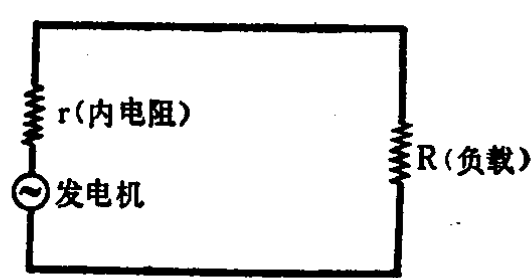


图 5

图 4 中内电阻以 r 表示，电池电压为 V 。负载电阻 R 与

输出端相连。由于经过 r 时电压的损失，电流一定时， r 愈大则 V' 愈小。

在实际设备中，内电阻可能很高，并且在很多情况下，这将成为一个缺点。因而，低内电阻往往是一个重要的设计要求。例如，电子仪器的电源总是具有很小的源电阻，以使输出电压能在很宽的电流范围内保持不变。又如供给民用电和工业用电的发电厂必须具有很低的内电阻，以便能得到强大的电流。

匹配是什么意思？

当电源传输到负载的功率最大时，电源与负载就称为匹配。当然，如前所述，在内电阻中将会消耗部分能量。如图 5 所示，当负载电阻等于内电阻时，就可达到匹配条件。在电子学中有这样的要求：放大器与其它设备匹配或振荡器与其负载匹配。

二、波形、脉冲及信号

直流电和交流电有什么不同？

到目前为止只考虑了直流电(d. c.)的问题：其所以叫直流是因为在电路中电流沿一个方向流动。但交流电(a. c.)广泛地用于电子学中，并普遍地用于电气技术方面。在图6(a)电路中，电流在很短时间内沿一个方向是正的；然后降到零；随后又沿反方向增加。

方向完全改变并回到零就称为一周。（英国的供电系统的周波为每秒 50 周^①）。如图 6(a)所示，一个全周波是正弦波。有很多机会可以观察这种简单的周波运动。例如图 6(b)中的钟摆运动可以容易地变换成图 6(a)中的波形，即只需将钟摆运动所经距离相对于时间作图。

应用交流电有什么优点？

正弦波电流比直流电最明显最重要的优点就是能使用变压器。变压器能使电压和电流值间的关系可以相互变换。

大家最熟悉的例子就是全国电力使用分配问题。长距离输电是在高电压和低电流下进行的，以便使大电流通过实际导体时的热效应（损失）降到最低限度，到靠近用户（家庭用户或工业用户）的地方，就用变压器将电压降到安全可用的程度，然后就可以从电源取得大的电流。

① 我国供电系统的周波也是每秒 50 周——编者

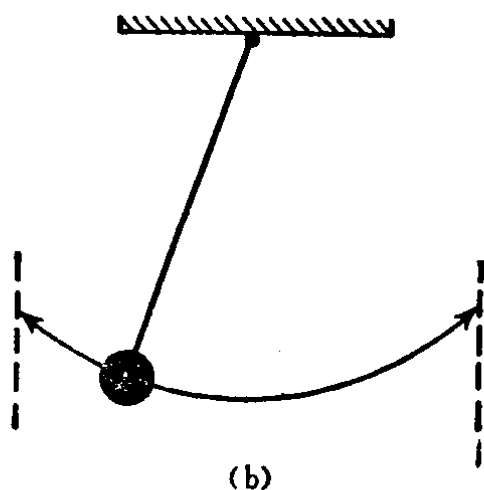
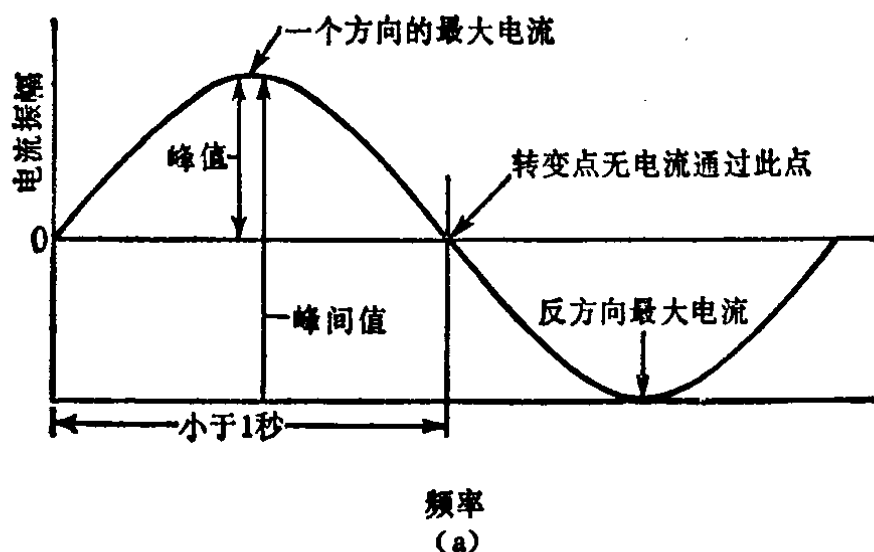


图 6

除了电力分配以外,交流电通常还用于电子学方面(如收音机、电视、雷达及工业设备等等)。如果没有交流电,就不可能获得许多近代化的研究成果。交流电的显著特点是具有各种不同的周期。例如无线电发射天线所发送的能量的周期变化可达每秒几千次或几百万次。

振幅是什么意思?

交流量的振幅就是距平衡值的最大偏离。图 6 中表示了峰值振幅(电流或电动势)和双峰间振幅。通常采用的是正弦

波的均方根值(r. m. s.)。这个值为峰值的 0.707 倍,并等于能产生同样热量的直流电的幅度。(直流电以同样的时间,通过有同样电阻的电路所产生的热量)。电波的振幅决定了所传送的能量的大小。

什么是频率?

上面已经谈到交流电的周期。频率这个词是用来描述在一定时间内(通常是一秒)所发生的波的周数。每秒一周就称为 1 赫兹(1 Hz)。因此英国供电系统的频率为 50 周/秒,即 50 赫。

在电子学中我们涉及到极宽的频率范围——从几周/秒(在声音复制和医用电子学中所遇到的)到无线电通讯的若干兆赫(几百万周/秒)。后者通常写为 MHz。射频(r. f.)这个术语可用于一万周/秒(10 kHz)以上的能量变化。

通讯用的频率可分为若干频带,如表 2 所示。

频 带 表			表 2
名 称	频 率	波 长	用 途
音频(A. F.)	10—30,000 赫	—	声音复制
低射频(L. F.)	30—300 千赫	10,000—1,000 米	通 讯
中频(M. F.)	300 千赫—3 兆赫	1,000—100 米	通讯, 遥测
高频(H. F.)	3—30 兆赫	100—10 米	通 讯
甚高频(V. H. F.)	30—300 兆赫	10—1 米	通讯, 电视
超高频(U. H. F.)	300—3000 兆赫	1—0.1 米	通讯, 电视
特高频(S. H. F.)	3,000—30,000 兆赫	100—10 毫米	雷达, 国防

波长与频率之间的关系如何?

正如“波长”这个名字所表示的那样,它是每个交流周波

的长度，如图 7(a) 所示。另外它也是相邻两个周波上两个完全对应点之间的距离，如图 7(b) 中的 A 点和 B 点。

波长与频率有关，而频率又与能量传播的速度有关。频率在数值上等于速度除以波长。因此，当频率升高时，波长变小。频率为 500 赫的电波波长为 600 公里；而 10,000 兆赫的射频的波长为 3 厘米。

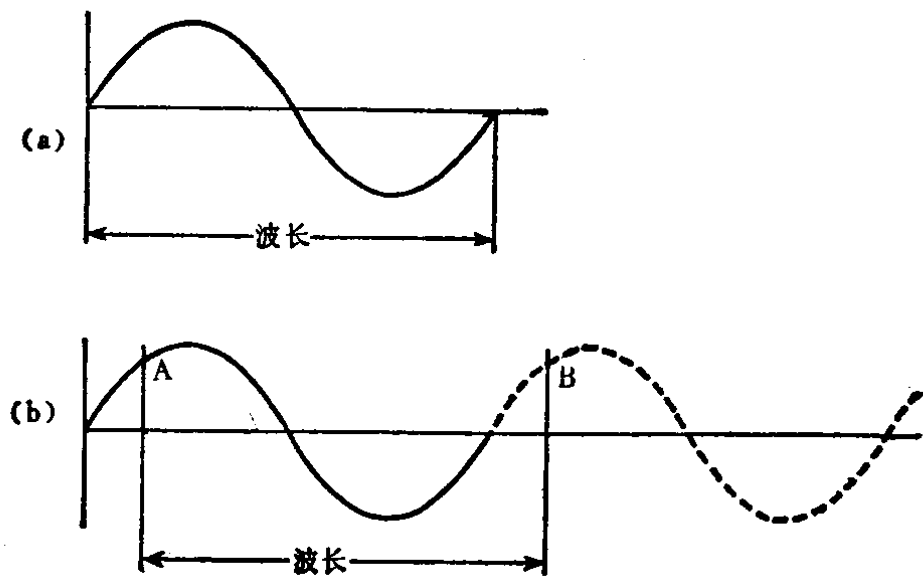


图 7

什么是相位？

这个术语指的是两个交流量在时间上的关系。图 8 表示

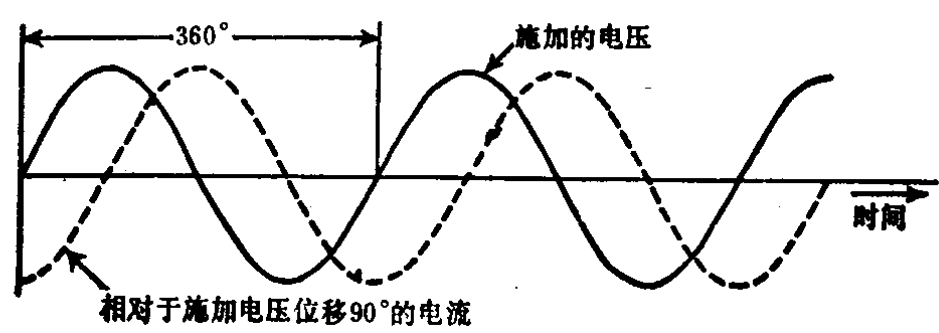


图 8

施加的电压和电流在时间上的位移，称为不同相。如果没有位移，也就是说如果两个波相重合，它们就是同相的。

在这个例子中电压比电流超前 90° 。电流超前也是可能的。其规律是，当电动势加到电容器上时，电流超前于电压（以后要谈到这一点）。当电动势加到电感上时，电流就滞后。这种超前或滞后的量称为相位差。

应当指出，“相位”可以适用于其他类型的波，如声波；虽然没有电流和电压比较，但不同声波的相位关系在音频工程中是很重要的。

是否存在有其它类型的电流？

除了直流电和交流电以外；还有一种具有脉冲波形的电流。它在电子学中具有特别的意义。

将电路中的电源（如电池）重复不断地开和关，就可产生简单的脉冲电流（见图 9）。脉冲电流是一种只沿一个方向流动的直流电，但它是一种间断的脉冲束。它与交流电的共同处在于：脉冲电流是一变化的量，它可以突然变到最大值（这个特点很有用处），而交流电却是逐步从最小值变到最大值。如果条件许可，脉冲象交流电一样可以通过变压器。

脉冲的主要特点是什么？

我们起码需要知道下面一些关于脉冲波形的知识。所谈到的关于电流或电压值系指峰值（见图 10）；不再存在正弦波所用的均方根（r. m. s.）值的问题。另一个重要特征是每秒的脉冲数（相当于交流电中的频率），这就是所谓脉冲重复频率。

脉冲将持续一定时间，在脉冲之间有一定间歇。脉冲长