从八卦图到数字化

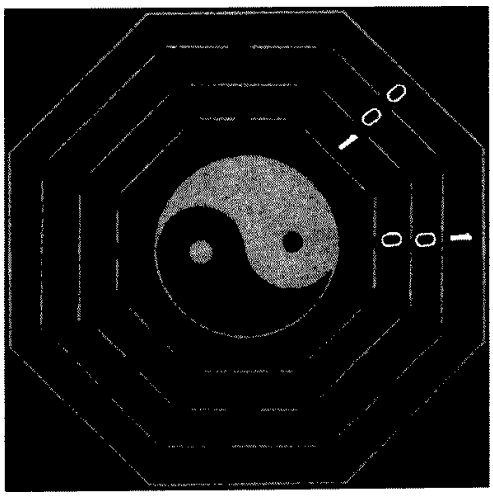
Numeral

“数字化”是一个时尚名词，在媒体上出现的频度很高。诸如“数字化地球”、“数字化城市”、“数字化士兵”……不时地使你耳濡目染。当今时代，“数字化”已成为世界性的命题。2002年 5月 17 日是34届世界电信日，宣传主题是“信息通信技术为全人类服务，帮助人们跨越数字鸿沟”。美国麻省理工学院媒体实验室主任尼葛洛庞帝教授专门以“数字化生存”为题，撰写出版了一本引导人们关注生存方式变迁的热销书。他在书中预言，“数字不再只和电子计算机有关，它将决定着我们的生存方式”。

追根溯源，你也许没有想过，“数字化”这个洋词儿，它的老祖宗竟是咱们国家古代的八卦图。据史料传载， 17 世纪中叶，德国著名数字家莱布尼茨准备发明一台乘法计

需要全本请访问 www.ertongbook.com

算机，可是找不到一种合适的计数方式，正当他冥思苦想一筹莫展时，法国在华传教士白晋从北京寄给他一幅中国的八卦图。八卦图使莱布尼茨像久旱逢甘雨那样解渴，久压心头的疑团应运而解。于是一种新颖的计数方式——二进计数制问鼎于世，开创了人类计算史上的新纪元。莱布尼茨曾将八卦图的研究论文和乘法计算机的复制品一并寄给清王朝康熙大帝。他在给康熙的亲笔信中说，“我的二进制思想来源于中国的古八卦”，并对3000多年前传说中制造八卦的伏羲氏表示十分敬佩。



八卦图

在我国，八卦图早在周代就有了，这个久传不衰的老古董由两部分组成：中间部分称作‘太极图”,它形似一对鱼儿（黑鱼与白鱼）合抱时的情景。据专家分析，太极图可能是象征着我国古代两条大河（黄河与洛河）相汇时所形成的自然景观；周围的8种图形称作‘卦形”，分别象征着构成宇宙的8种基本物质——天、地、风、雷、水、火、山、泽。

八卦是由以矛盾对立的“阴”（用– –表示）和“阳”

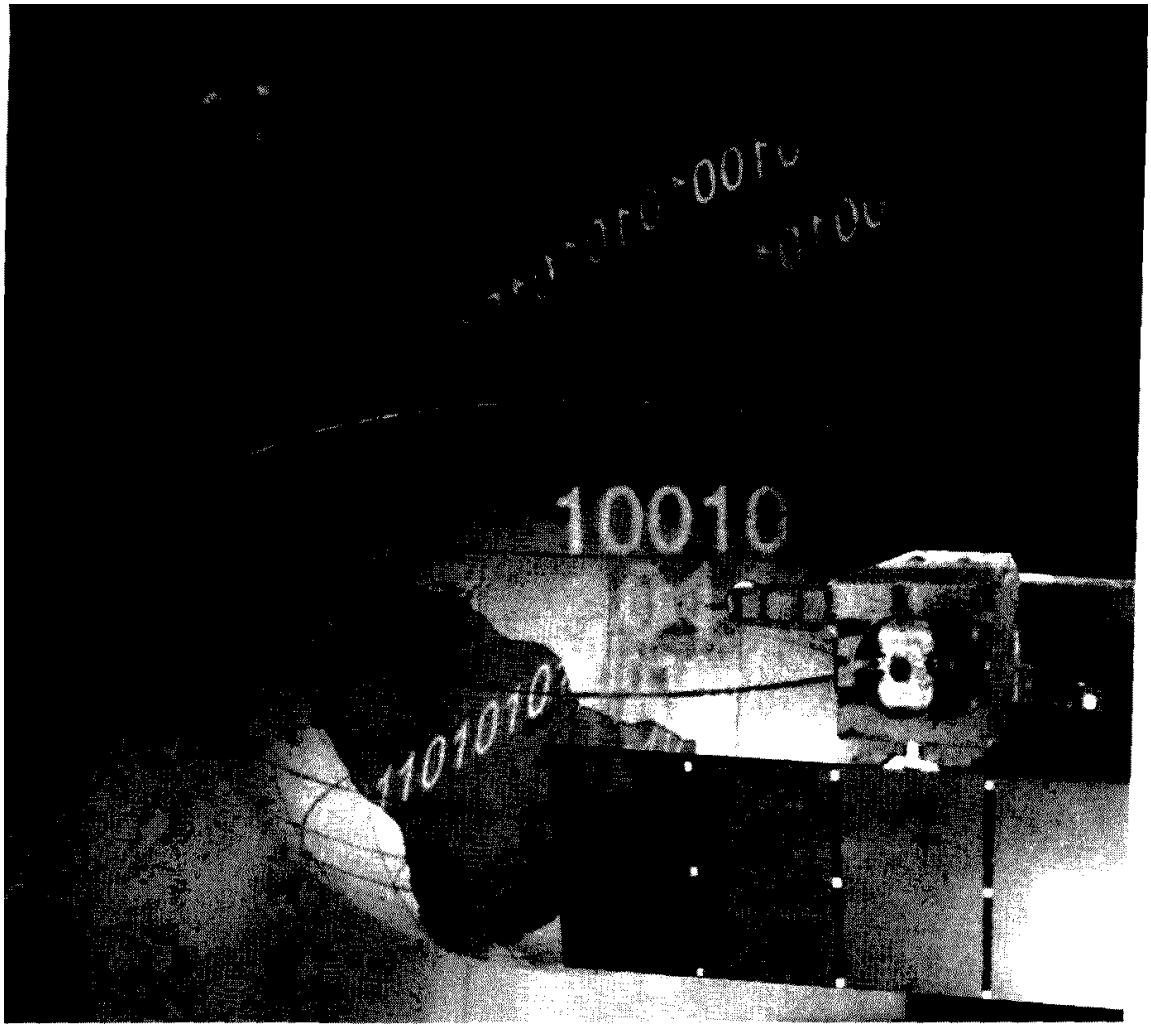
（用——表示）两爻的不同排列组合而成，从图中我们不难看出，每种卦形的组合都是不一样的，也许正是这种矛盾的差异性激展了莱布尼茨想象的翅膀：既然阴阳两爻的不同排列能组成各种卦形，若用数字“0”代表“阴”，数字“1”代表“阳”，岂不是异曲同工，照样可以获得各种不同的组合了吗？就这样，在阴阳八卦的启迪下，莱布尼茨终于发明了以“0”“1”为基础的二进计数制，简称“二进制”。

在日常生活中，“逢10进1”的十进计数制获得了广泛应用，这恐怕与人体有10个指头有关。在英语词汇中，“数”与“指头”有时往往用的是同一个单词“digit”。数字家莱布尼茨为何抛开十进制不用而偏偏钟情二进制呢？这是因为二进制在某些方面高十进制一筹。十进计数制有0、1、2、……、9共10个阿拉伯数码，运算时比较繁琐。例如进行乘法运算，就要记住一整套乘法口诀。而采用二进制就比较简单，因为它只有“0”和“1”两种逻辑符号，进行加法运算时只有4种组合，即0+0、0+1、1+0、1+1，它们运算结果是：0+0=0，0+1=1，1+0=1，1+1=10（念“么零”，不念“十”）显然比起十进制运算时要简单易行得多。

在电子技术领域中，有许许多多彼此对应的现象。比如说电位的高和低，电流的有和无，极性的正和负，电路的通和断等，这些对立统一的状态，用十进制是很难表示出来的。好比说，用电灯发亮代表“1”，电灯熄灭表示“2”，那么“3”用啥表示？“4”又如何是好？采用二进计数制

就不存在这些问题，因为它只有“0”和“1”两种逻辑符号表示起来非常方便。例如，当用逻辑符号“1”表示“高”、“有”、“正”和“通”时，则相对应的“低”、“无”、“负”和“断”就可用逻辑符号“0”代表。而表示这两种状态的器件及其电路是可以很方便地设计和制作出来的。由此看来，二进制的采用，使信息的传递和显示产生了质的飞跃。

用逻辑符号“0”和“1”不仅可以很方便地表示出社会生活中的各种对立统一现象，就广义而言，所有的声音、字符（文字和符号）、静态图形和动态图像等模拟信号都可演变成逻辑符号“0”和“1”的组合，这就是所谓“数字化”。如果给“数字化”下个定义，可以这样下：“将话音、图形、图像等传统的模拟存储、模拟处理和模拟传输信息的方式，转换成用‘0’和‘1’两种逻辑符号来表示。”换句话说，所有的声音、文字、图形或图像都可转化成数字化的元素进行存储、交换、处理和传输。需要说明的是，数字化以后，“0”和“1”仅仅是一种代表符号，并不是说往线路上传的尽是些数目字。“0”和“1”可以表示电流脉冲的不同性质，通常有电流脉冲产生时，用“1”表示；没有电流脉冲产生时，用“0”代表。当然，也可以用“0”表示“有电流脉冲”（简称“有电脉冲”），用“1”代表“无电流脉冲”（简称“无电脉冲”）。之所以叫“脉冲”，是由于电流在电路中流动的持续时间很短，好像人体的脉搏跳动一样。从某种意义上讲，“数字化”实质上就是电流脉冲化。



数字化风靡全球

数字化的实现不仅影响着人们的生活质量，对未来的作战方式也产生直接的影响。风靡于世的“数字化部队”，“数字化士兵”和“数字化战场”就是“数字化”在作战领域中的具体体现，并且日益成为世界一些军事大国建军的重心。这一点，恐怕是当年莱布尼茨发明“0、”“1”二进制时所始料不及的。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

怎样数字化

Numeral

享有“现代顺风耳”之称的通信按信号的传输体制不同可分为两大类：模拟通信和数字通信。普通电话属于模拟通信范畴，称作“模拟电话”。之所以冠以“模拟”二字，是由于打电话者朝电话机上的送话器（话筒）说话时，电话机就原原本本地将声音演变成了电信号。电信号的振幅、频率等参数完全是模仿比拟声信号的变化而变化。换句话说，电信号是声信号的“化身”。当说话嗓门大、调门高时，输出的电流信号振幅就大，频率就高；反之，当说话嗓门小，调门低时，输出的电流信号振幅就随之减小，频率也随之降低。这种惟妙惟肖的现象，充分说明了“模拟”二字的涵义。在信息领域，不仅一般的电话是模拟信号，普通电视也属于模拟信号的范畴。

那么模拟信号是怎样演变成数字信号的呢？通常有两种方法：一种是脉冲编码调制，英语缩写成 PCM（Pulse-code Modulation）；另一种是增量调制，用△M 表示，读作“台尔塔 M”，也可写成 DM。

采用脉冲编码调制时，要分成三步走——取样、量化和编码。下面以话音信号为例进行说明。

取样也叫抽样，是对模拟信号抽取样值的过程。就是每隔一定周期，对连续变化的模拟信号取样一次。这样就把连续变化的话音信号变成了一个个分散的、等距离的电脉冲（称为‘取样信号’），这种现象如同用一把剪刀将一块完整的布料剪成一条条布条那样。

将一个连续变化的模拟话音信号分割成在时间上彼此离散的信号时，会不会使对方听到的话音产生时断时续的现象呢？这要取决于对模拟信号抽取样值时是否具备了必要的条件。科学实验告诉我们，要想用断续的样值代表连续变化的话音信号时，取样脉冲的重复频率必须大于或等于话音最高频率的 2 倍。概率统计表明，就大多数人而言打电话时，话音的频率范围通常为 300 至 3400 赫兹（赫兹是频率的单位），因此取样频率要 ⩾ 6800 赫兹，为了可靠起见，一般选 8000 赫兹。因为频率与周期成倒数关系，就可以计算出取样周期为 125 微秒，也就是说，每个取样脉冲的间隔为 125 微秒。满足了这个条件，通话质量就可以保证。

取样以后的脉冲，幅度虽然原原本本地反映了原始模

拟信号的大小，但其幅度取值却是任意的，可以有无限多个数值，处理起来比较麻烦，而且仍然是模拟信号，还不是数字信号。因此，抽样以后，接下去要走第二步——量化。量化的目的就是将取样信号的任意幅度变为有限制的离散值。这种现象与上街买衣服有点相似。大家知道，每个人都要穿衣服，而且都期盼能穿上一件合身的衣服。可是，全世界有这么多人，而且每个人高矮胖瘦不尽相同，如果制衣工厂都要严格地按照每个人尺寸去量体裁衣，那么衣服尺码将多到不可计算，制衣工厂制作起来无疑是非常困难的。

为了满足每个人穿衣的要求，又使制衣工厂能比较方便地设计与制作出各种尺码的衣服，制衣工厂通过对广大消费者尺寸的取样调查，制出了几个有代表性的号码衣服，虽然不是对每个消费者分别下料，但可以使广大消费者基本上都能穿上一件合体的衣服。

数字电话中的量化过程与裁衣方法有点相似。它是采用了折中取值的近似方法，这样就可以将千变万化的幅度不等的各个样值，用近似的有限的几个数量级表示出来。例如抽样后的信号样值如果落在 1 至 2 级之间，则可折中取其平均值 1.5 ；倘若抽样后的信号样值处于 2 至 3 级之间 ,则 取 2.5。显而易见，量化级数分得愈细（即量化分级愈多),量化误差值愈小,通话质量也就愈好,当然实现起来就愈复杂。

模拟信号数字化的最后一道工序是编码，它是把经量化以后的取样值演变为相应的二进制数码。编码的工作过程与用天平衡量物体的重量有点相似。

大家知道，天平的外形尽管不尽相同，但左右都要有两个盘，一个盘放度量的物体，另一个盘放砝码。当物体与砝码重量相等时，天平处于平衡状态，这时，从砝码的数值就可以测算出物体的重量。至于设置几个砝码取决于天平的衡重精度。现假设设置3个砝码，它们按照2的乘幂配置，分别是4克（2^2）、2克（2^1）和1克（2^0）。

用天平衡重编码时，我们事先规定：

当物体比砝码重时，用数字“1”表示；

当物体与砝码同样重时，用数字“1”表示；

当物体比砝码轻时，用数字“0”表示。

用普通秤秤物体重量时，若出现秤杆不平直可以左右挪动秤砣的位置，用天平度量物体重量时，若出现天平不处于平衡状态，则需要添加或减少砝码的份额。为了便于编码，通常放置砝码时先放最重的，即标号为“4”的砝码。当物体比砝码重，应添加砝码，先从标号为“2”的砝码开始添加，如果仍然出现以上情况，再将标号为“1”的砝码添上。当物体比砝码轻时，应该替换砝码。替换时，可视情况将标号“4”换成标号“2”，将标号“2”换成标号“1”等。

举个例说，假设物体重4.5克，第一次衡重时与标号

为“4”（4克）的砝码比较，因为4.5大于4，编码时用数字“1”表示；接着添上标号为“2”的砝码（2克），与物体进行第二次衡重，因为4.5小于6（4+2），编码时用数字“0”表示；最后，将标号为“2”（2克）的砝码换成标号为“1”（1克）的砝码，与物体进行第3次比较，因为4.5比5（4+1）小，编码时用数字“0”表示。经过3次衡重，先后编出了“100”。这就是说，样值为4.5的3位编码是“100”.

在数字化系统中，当然没有天平、砝码和物体此类东西，这里仅仅是一个比方。在实际编码电路中，充当天平角色的是“电平比较器”，起砝码和物体作用的分别是权值电压（1伏、2伏、4伏等）和量化后的样值电压。权值电压与样值电压同时加到电平比较器上，一起进行大小比较，如果量化时分为8级，需要先后比较3次，最后编成相应的3位二进制码。

实现模拟信号数字化，除了脉冲编码调制外，还有增量调制（△M）。这里所说的“增量”有两方面的含义：一是向正方向增加样值，即后一样值比前一样值大；二是向负方向增加样值（实际上是减少），即后一样值比前一样值小。两相邻取样值的相对变化，反映了模拟信号的变化规律。当后一样值大于前一样值时，说明信号呈上升趋势，像上楼梯那样，一步比一步高；反过来，当后一样值小于前一样值时，说明信号呈下降趋势，像下楼梯那样，一步一



野战数字化指挥所

步往下走。根据这种现象，我们只要用一位二进制代码就可以表示出相邻两个取样值的相对大小。例如，可以用数字“1”表示后一样值比前一样值大；用数字“0”表示后一样值比前一样值小，这就是增量调制或叫增量编码的基本原理。显而易见，增量调制中每个编码不是代表信号的瞬时振幅，而是代表振幅的变化量。

过去，无论是脉冲编码调制还是增量调制，它的设施都是与电话机分开配置的。如今，它们已开始在电话机内“安家落户”,这叫‘数字电话机’。至于俗称‘大哥大’的蜂窝移动电话机已早与数字化“联姻”。现在，所有数字式通信终端内就有一套灵敏、高效的数字化设备——“模／数转换器”(A/D）和“数／模转换器（D/A)。

通信时，发送的一方通过“模／数转换器”将模拟信号自动转换成数字信号；到了接收端，再由“数／模转换

需要全本请访问 www.ertongbook.com

器”将数字信号自动还原为模拟信号。随着数字化技术的飞速发展，不仅听觉和视觉信息可以进行模数转换，实现触觉、味觉和嗅觉信息的模数转换也非遥远之事。

部队为何相中数字化

Numeral

就世界范围来说，数字化已成为一种时尚。无论是发达国家还是发展中国家及其军队，无不都把提高数字化率作为推进信息化实现现代化的重要指标。数字化之所以备受军事家们的青睐，是由于它具有许许多多优点，像抗干扰能力强、信息保密和便于加密等，而这些优点普通模拟通信是望尘莫及的。

在现代战争中，信息系统面临着严酷的电子抗争环境。交战双方无不把干扰对方电子信息技术设备作为重要目标，在千方百计对敌进行干扰的同时，又都处心积虑地保护己方的电子信息技术设备免遭敌之干扰，以确保指挥、控制与情报传递顺畅。

实施电子抗干扰是一项庞大的系统工程，涉及到通信、

雷达、水声、光学等领域，在每一领域又包含着组织、技术、装备和战术等各个方面。在众多的抗干扰能手中，“数字化”独树一帜。

我们知道，电信号在传送过程中，不可避免地要受到各种各样的电器干扰。其中有自然因素（如雷电）的干扰，也有人为因素的干扰，包括来自敌方的干扰。模拟信号对这些干扰是很难克服的。通信距离愈远，受干扰的机会和程度也愈甚，而且干扰信号积累愈来愈大，使通信质量劣化，严重时甚至有用信号被湮没在干扰信号之中而无法进行通信。而数字通信就不同，它在接收端是根据收到“1”和“0”这两个数码来判别的，只要干扰信号不是大到使“有电脉冲”与“无电脉冲”都分不出来的程度，就不会影响通信质量。



便携式数字化电台

为了进一步提高抗干扰能力，在信息接收终端还专门安置了一种抗干扰设备名叫“信号再生器”。它好比是一名“整容师”能将信号中

的干扰成分去掉，使有用的信号整旧如新，重现原形。

在数字通信中，为了防止误码，还有各种检验错误和纠正错误的办法，并且在发现误码时，可以使用重发的方法，让发方重新发送，直至收对为止。数字传输由于采取了以上各种抗干扰措施，其传输质量无疑较之模拟传输有了非量而质的提高。

在通信保密战线上，数字传输也可一显身手。模拟通信传送的电信号，因直接反映了原始信号的变化规律，容易被第三者窃获。平素我们打电话，有时能听到一些不相干的串音，就是一个例证。为了传递（传输与交换）保密，可以采取加密措施，使信息密化。但是模拟信号加密和解密都比较困难，而且保密程度不可能很高。有时，制造一台模拟信号保密机，所花时间甚至比制造通信设备本身还长，所花费的资金甚至比通信设备还昂贵。

信息数字化以后就大不一样。因为数字化信号是一些离散的、无规律的电脉冲，很难被人听清，本身就具有较高的保密性。为了密上加密，还可以很方便地进行加密处理。加密的基本方法是，按照一定的规则，采用随机性很强的密钥，打乱数字信号的组合，使其变得杂乱无章。比如，将“10010”致乱成“01001”，到了接收端来一个“拨乱反正”,把“01001”还原成“10010”。加密以后的信号在传递过程中即使被敌人窃获，由于不知道信号组合是怎样被打乱的，在短时间内是很难破密的。加密变化的规律

愈复杂，信息保密的程度就愈高，敌方愈不容易破译。而己方的联络对象因为知道发方送出来的数字信号是怎样通过数码致乱进行密化的，只要利用相应的解密设备就可以“去伪存真”恢复成原始信息。

在数字信息的加密和解密中，“密钥”起着关键作用，它相当于打开密码的一把“钥匙”。信息加密和解密的双方必须使用相同的密钥，才能将密码打开，将“一把钥匙开一把锁”这句话用到这里颇为贴切。双方密码器的密钥虽然遥置两地，但利用电子计算机在统一的时钟控制下，按照预置的程序进行同步捷变，配合得非常默契。普通钥匙上的齿数愈多变化愈复杂，仿制起来愈困难。钥匙上的齿数相当于密钥的位数，密钥位数越多，变化越无规律，越不容易破密。随着电子技术的发展，现在数字保密机的密钥可以大到 10^{50} 以上，如此大的密钥量，如果用穷举法逐个进行试破，即使是用目前运算速度最快的超大型电子计算机计算，也得花上若干万年才能将所用的密钥试出，可谓是“信息传万里，神鬼难窃知”。数字化信号之所以保密性强，说穿了就“密”在“密钥”这个节骨眼上。

数字化不仅是隐蔽战线上的保密能手，还是一名使有缘者联姻的“红娘”。现在常用的电话、电报和电传真虽然都是“电”家兄弟，但由于信号传输体制不完全相同，不能相互融合在一起。电报是一种原始的数据通信，采用数字信号传输：电话是采用模拟传输；电传真有的采用模拟

传输，有的则采用数字传输。采用数字化技术以后，因为话音、图像等各种信息都转换成了“0”和“1”二进制序列，这样它们就可以在数字化旗帜下打破门户之见相互“联姻”，组成一种融电话、电报和传真于一体的多媒体终端。这种新型的通信设备非常适合于作战指挥需求。现在用普通电话下达命令，接受命令者光闻其声，不见其人；用电报下达命令，接受命令者仅见其字，不见其人。如果用多媒体终端下达命令，接受命令者就可既闻其声又见其人，因而大大提高了下达命令的视听化程度。有了这种无所不能的“通信百宝机”，作战时各级指挥员虽遥居各地，却如晤一室共商军机。不过“通信百宝机”只是将听觉和视觉通信融为一体，还不能传递嗅觉、触觉和味觉等信息。智能技术的日益发展和宽带网时代的到来，嗅觉通信、触觉通信和味觉通信将崭露头角，并逐渐与听觉通信、视觉通信融合，人类将步入“全感官通信”的崭新时代。按照科学家们的设想，这种独具特色的通信系统主要由探测、识别传感“模拟——数字”转换和信道传输四大部分组成。通信时，通过探测和识别传感器把闻到的气味、尝到的味道和手触到的感觉信息进行数字化处理，然后利用高速率宽带网络沿信道将这些数据传输给通信对象。远方的接收者通过特制的逆变换装置即可再现出相应的气味、味道，体验抚摸的感觉。

除此以外，信号数字化以后可以广泛采用由电子逻辑

需要全本请访问 www.ertongbook.com