

单元1 关于通信系统



学习引导

自古以来，在人类社会的发展进程中，通信始终与人类社会的各种活动密切相关。无论是过去的鸿雁传书，还是现代的短信、“伊妹儿”；无论是古代的烽火台，还是现代的移动电话；无论是古代驿站，还是现代的基站、中继站；都属于通信的范畴。

通信与人类相伴始终，耳听之为声，目遇之而成色，从婴儿呱呱坠地的那一刻起，就开始了与他人的互相交流。那第一声啼哭，就是唤醒人们的注意，相当于广播信令，告诉大家，我来到了人间，快与我建立联系。尽管不会说话，但能通过声音辨识。最初是母婴之间交流，然后是与父兄交流，进而与其他所有人的交流。交流的形式也从近距离的面对面交谈，发展到远距离的打电话，发短信，看视频……

随着电报、电话和电视的发明，通信技术的发展日新月异。特别是电子计算机的迅速发展和广泛应用，以及个人计算机的普及，大大提高了人们处理信息、存储信息及控制和管理信息的能力。

20世纪后半叶，随着计算机技术、微电子技术、传感技术、激光技术、卫星通信和移动通信技术、航空航天技术、广播电视技术、多媒体技术、新能源技术和新材料技术等新技术的发展和运用，尤其是近年来以计算机为主体的互联网技术的兴起和发展，使得通信技术得到了前所未有的迅速发展。

对于使用各种通信工具的用户来说，他们并不一定需要知道通信传输的完整过程，但是对于组织通信联络的人员，特别是研究设计和维护修理各种通信设备的人员，他们必须搞清通信传输过程以及各种通信设备的工作原理。

1.1 千里共婵娟——通信零距离

从古到今，通信一直与我们的生活息息相关，“乡音难寄，锦书难托”，充分证明了古时身处两地的人们互通信息是多么地不容易。而今，“家书”不再“抵万金”，人们不仅可以掏出手机，与对方进行通话，还可以视频聊天，一睹尊容。现代通信彻底实现了千百年来人们梦寐以求的愿望，通信“零距离”真正使地球村成为现实。

资讯1 通信的定义

通信是以语言、图像、数据为媒体，通过电（光）信号将信息由一方传输到另一方。简而言之，通信就是信息的传递与交流。

在人们的生活和工作中，离不开信息的交流与传递。信息常以某种方式依附于物质载体，藉以实现存储、交换、处理变换和传输。通信就是克服时间和空间的障碍，准确而有效

地交换和传递信息。

现代通信系统是信息时代的生命线，以信息为主导地位的信息化社会又促进通信新技术的大力发展。随着人类社会对信息的需求，通信技术正在逐步走向智能化和网络化。人们对通信的理想要求是：任何人（Whoever）在任何时候（Whenever），无论在什么地方（Wherever）都能够同任何人（Whoever）进行任何方式（Whatever）的交流。

综上所述，所谓通信，是指双方进行信息交换。这里所说的信息交换，不仅指双方的通话，同时也包括数据、传真、图像等多媒体业务。

资讯 2 通信的分类

为了便于学习以及实际工作中的管理，根据通信的用途、制式、频段以及传输媒介等的不同，可以有不同的分类方法。常见的一些分类方法如下：

按照传输媒质的不同分：

- { 有线通信（双绞线、同轴电缆、光缆）
- { 无线通信（电磁波）

按照传输信号不同可以分：

- { 模拟通信（连续波）
- { 数字通信（脉冲波）

按照不同频率的波长分：

- { 长波通信（海事通信、电力通信）
- { 中波通信（调幅广播、业余无线电）
- { 短波通信（调频广播、军用、国际通信）
- { 微波通信（雷达、移动通信、卫星通信、天文探测）

按照是否有调制过程分：

- { 基带传输（周期性脉冲序列作为载波）
- { 频带传输（正弦波作为载波）

按照接收终端是否运动分：

- { 固定通信（固定电话）
- { 移动通信（手机、车载电话）

按照多址方式不同分：

- { 频分多址通信（FDMA）
- { 时分多址通信（TDMA）
- { 码分多址通信（CDMA）

按数字信号码元的排列方法不同分：

- { 串行传输（远距离数字通信）
- { 并行传输（近距离数字通信）

资讯 3 通信的方式

根据通信方式的不同可分为单工通信方式、半双工通信方式、全双工通信方式 3 种。

1. 单工通信方式

单工通信是指消息只能单方向进行传送的一种通信。其工作方式如图 1-1 所示，例如目前的广播、电视、寻呼、遥控、遥测等。

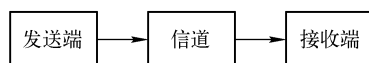


图 1-1 单工通信方式

2. 半双工通信方式

半双工通信是指通信双方都能收发信息，但接收和发送不能同时进行（如图 1-2 所示），例如同频对讲机，收发报机等都是这种通信方式。

3. 全双工通信方式

全双工通信是指通信双方可同时进行双向传输信息的工作方式，例如普通电话和手机等。图 1-3 给出了全双工通信方式的示意图。

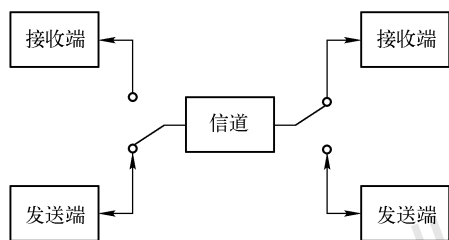


图 1-2 半双工通信方式

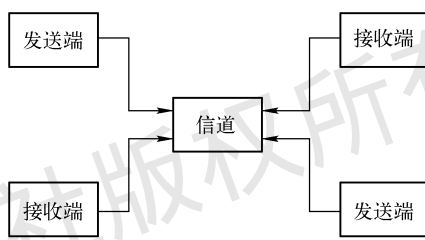


图 1-3 全双工通信方式

1.2 梦幻组合——通信系统的组成

通信系统自有其结构组成规律，为便于学习和了解，我们可以把各种通信系统和设备中的信息传输的完整过程高度概括后得出通信系统的组成模型。这些不同模型各有不同的构成体系和规律，我们学习通信原理，就是要了解它们到底是怎样组合在一起进行工作的。好比拼图游戏，掌握了基本规律和方法，就能拼出完整的图形。

资讯 1 一般组成

通信的主要目的是有效而可靠地传输信息，这些信息可以是语言、文字、符号、数据或图像等表征媒体的集合。这些信息在通信系统中是被转换成电信号的形式传送的。一般来说，通信系统由信源、发送设备、信道、接收设备、信宿及噪声 6 个部分组成，如图 1-4 所示。

电信号是电压、电流或电磁场等物理量与信息内容相对应的变化形式，我们简称为信号，它可以用以时间 t 为自变量的某一函数关系来表示。因此，在通信系统中必须要有将这些信息转变成电信号的装置，我们称之为信源；在接收端完成相反功能的装置则称之为信宿，例如电话通信中的话筒及耳机。

信号传输需要通过信道。狭义信道指的是传输媒介，如电缆、光纤、无线电波传播的

空间等。因此，信道也是通信系统构成中的一部分。与此同时，在信道中还会存在一定噪声，其影响不可低估。

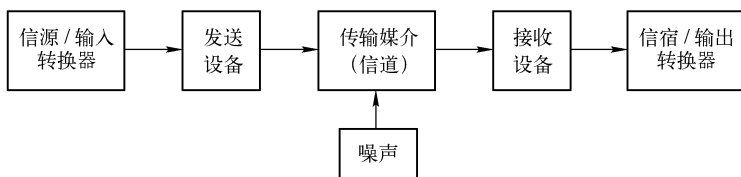


图 1-4 一般通信系统

为了使信号能够适应信道的特性，顺利地传送并实现有效的、高质量的通信，在发送端及接收端均需要有相应的发送和接收设备。针对不同的信道特性，相应的收、发设备的技术特点及实现手段是不同的。不同通信系统的差异往往很大，这样便形成了各种不同的通信系统及不同的技术体制。但不管什么样的通信系统，它们都有着共同的通信原理以及许多相同的基本技术。下面首先介绍几种基本通信系统的组成。

资讯 2 模拟通信系统组成

用于传输与处理模拟信号的通信系统称为模拟通信系统，其方框图如图 1-5 所示。由于本系统中传输的是模拟信号，因此信源是模拟的并经过输入转换器得到的模拟信号。发送设备包括很多部件，如调制、放大、滤波、天线等，在方框图中为突出调制器的重要性只画出调制器。同样的道理，在接收端也只画出了解调器。所以，这是一个简化了的模拟通信系统方框图。

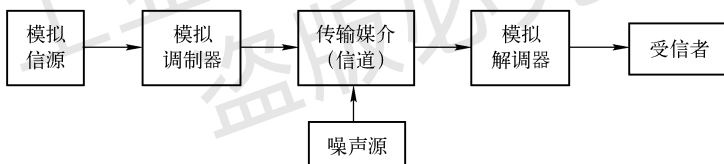


图 1-5 模拟通信系统

资讯 3 数字通信系统组成

用于传输与处理数字信号的通信系统称为数字通信系统，其组成方框图如图 1-6 所示。

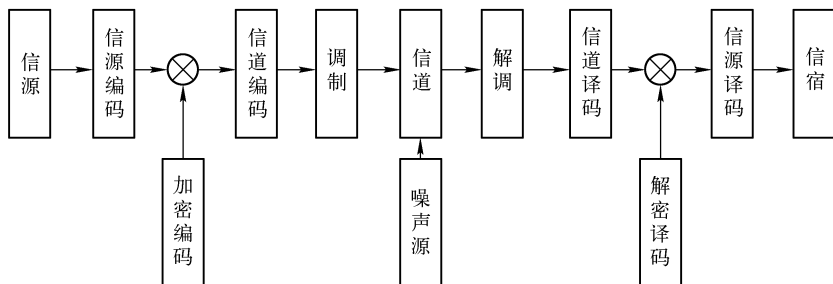


图 1-6 数字通信系统

从结构上看，数字通信系统要比模拟通信系统复杂一些。数字通信系统通常具有信源编码、信道编码及相应的译码部分。信源编码的主要功能是将模拟信号进行模/数转换并进行编码，将信号转换为数字编码信号。

所谓信道编码是指数字信号为了适应信道的传输特性，达到高效可靠的传输而进行的相应的信号处理过程。属于信道编码范畴的技术有数字信号的差错控制编码及扩频编码，此外，还有用于通信保密的加密编码与解密译码等部分。

在实际的数字通信系统中，图 1-6 所示的各部分不一定是必须具备的。比如有的数字通信系统不特别强调安全及抗干扰性能，则该系统中就可能没有加密编、译码与信道编、译码部分；有的信源本身就是数字终端，也就不需要信源编码这一部分；对于数字基带传输系统，数字编码信号是未经调制而直接送入信道的，因此没有数字调制解调部分。

资讯 4 模拟信号的数字传输系统组成

模拟信号的数字传输系统先把模拟信号转换成数字信号，然后按照数字信号传输的方法传输，接收端再把数字信号转换为模拟信号即可。因此这种传输系统的组成与图 1-6 差不多；发端只要把信息源看成模拟信号源，信源编码器看成模数转换器即可，而收端只要把信源译码看成数模转换即可。我们在图 1-7 中画出一个模拟信号数字传输系统的模型，主要是强调它与数字通信系统的区别和联系；这样在模拟信号的数字传输时只要讨论它的特殊部分即可。

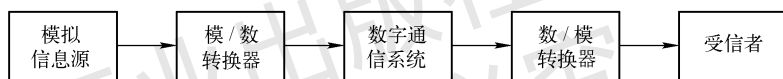


图 1-7 模拟信号的数字传输系统

资讯 5 数字通信的特点

数字通信发展十分迅猛，在整个通信领域中所占的业务比重日益增长。当前，数字通信已成为通信系统的主流。数字通信由于采用了数字信号处理技术，能把信源产生的信息（消息、信号）有效、可靠地传送到目的地，具有模拟通信无法比拟的特点。与模拟通信相比，数字通信的主要优点有以下几个方面：

（1）抗干扰能力强

抗干扰能力强是数字信号的主要优点。数字信号在中继或接收端利用判决系统进行判“1”或判“0”，以实现整形和再生，只要干扰不是太大，就能恢复出原信号，不会产生噪波和失真的累积。而模拟信号由于是连续信号，只能通过各种滤波器滤除干扰，但对于同一频带内的干扰信号却无能为力，并且随着传输距离的增加，叠加在信号上的噪声会被逐级放大，导致传输质量不断下降。

用判决系统恢复原数字信号的判决方法是：若信号电平大于判决电平，则判为“1”，若信号电平小于判决电平，则判为“0”，只要干扰不是太大，没有超出判决电平的范

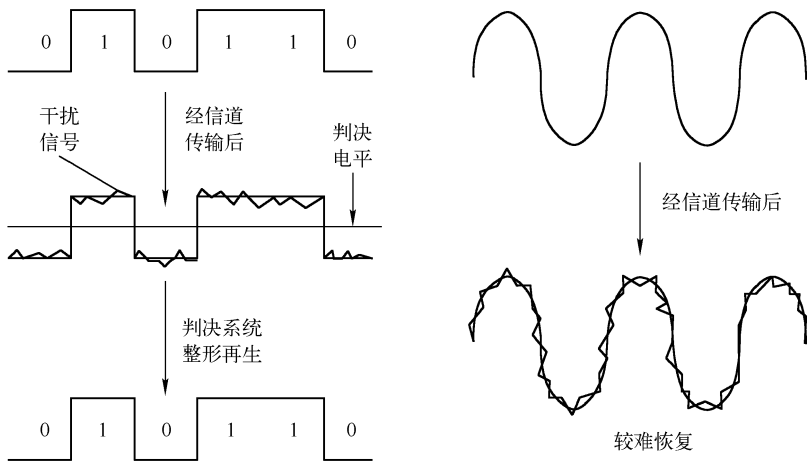


图 1-8 数字信号的抗干扰

(2) 便于纠错编码

数字信号的检错、容错、纠错能力很强，在数字信号传输放大过程中如出现误码，很容易实现检错与纠错。

(3) 便于数据存储

数字信息是以“0”和“1”的形式记录存储在介质中的，便于存储、控制、修改，存储时间与信号特点无关，存储媒体的存储容量大。

(4) 便于加密

通信系统的安全性和保密性在现实的信息社会中非常重要。数字信号便于实现加密/解密技术和加扰/解扰技术，便于专业应用（军用、商用、民用）或条件接收、视频点播、双向互动传送等。

(5) 便于数字设备间的连接

现代计算机技术、数字存储技术、数字交换技术及数字信号处理技术发展迅猛，多数设备处理的信号和接口都是数字化的，与数字通信中的数字信号完全一致，因此，数字通信设备可以很方便地与它们直接连接，只要有一套数字信号传输、编码、调制协议，就可以作到互连、互通。

(6) 便于数字通信设备集成化、小型化、智能化

数字通信设备大多由数字电路构成，而数字电路比模拟电路更易于集成化。数字信号处理（DSP）技术和各种微处理芯片（CPU）的迅速发展为数字通信设备的智能化提供了良好的条件。大规模集成器件的出现为数字通信设备的小型化和大规模生产奠定了基础，而且性能一致性好，成本低。

与模拟通信相比，数字通信的主要缺点有以下两个方面：

(1) 频带利用率低

数字通信的最大缺点是占用的信道频带较宽。数字信号及其带宽、模拟信号及其带宽、取样信号及其编码的情况如图 1-9 所示。

根据图 1-9 可知，经 A/D 转换后的数字信号（假设采用三位编码）的码元宽度为

$$T_d = T_s / 3 = 1 / (3f_s) = 1 / (3 \times 2f_m)$$

则数字信号的带宽为

$$B_d=1/T_d=3\times 2f_m$$

若采用 N 位编码, 则其带宽为

$$B_d=N\times 2f_m=2Nf_m$$

例如, 设语音信号的带宽为 $f_m=4\text{kHz}$, 将其数字化后, 采用 8 位编码, 即 $N=8$, 则其相对应的数字信号的带宽为

$$B_d=2Nf_m=16f_m=2\times 8\times 4=64\text{ kHz}$$

即数字信号的带宽是相对应的模拟信号带宽的 16 倍。

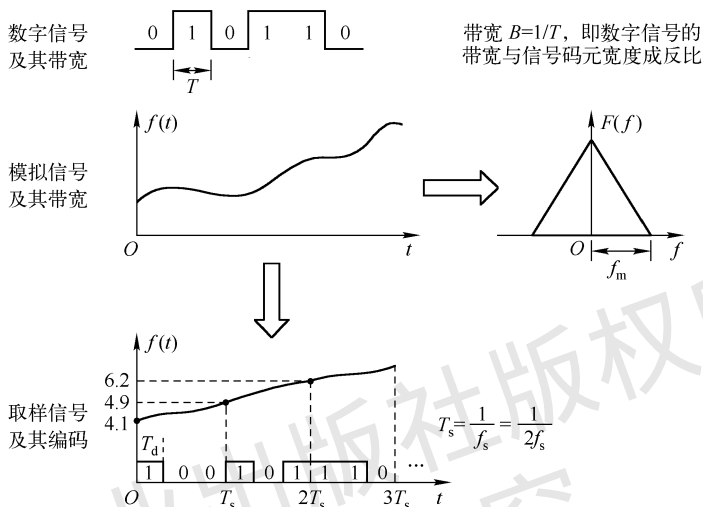


图 1-9 数字、模拟信号及其带宽、取样信号和编码

(2) 对同步的要求高

在数字通信中, 要准确地接收端恢复信号, 必须使接收端与发送端保持严格同步, 因而也导致了数字通信系统比较复杂、设备比较庞大。

1.3 我只在乎你——通信系统的主要性能指标

“未谙姑食性, 先遣小姑尝”。说的是新过门的小媳妇不知道公公婆婆的口味如何, 就把做好了吃的东西让小姑先尝一尝, 听一听小姑的意见, 这样就知道公公婆婆的口味喜好了。因为小姑从小跟公公婆婆一起生活, 对公公婆婆的口味习性非常了解。为了熟悉了解通信系统, 得先了解通信系统有哪些性能指标, 以及它们对通信系统会产生什么影响。

通信系统的性能指标很多, 其中有效性和可靠性是两个最为重要的指标, 而它们往往又是矛盾的, 不可兼得。研究通信系统的目标就是使有效性和可靠性达到最优化。

资讯 1 模拟通信系统的性能指标

1. 有效性

有效性是指消息传输的速度, 它取决于消息所包含的信息量和对信息源的处理, 处理的目的

是使单位时间内传输更多的消息或者一定频带范围内传输更多的消息。例如单边带 (SSB) 调制和普通调幅 (AM) 比较, 对于每路语音信号, SSB 占用频带只有 AM 的一半, 因此, 在一定频带内用 SSB 信号传输的路数比 AM 多一倍, 可以传输更多的消息, 因此 SSB 的有效性比 AM 好。

2. 可靠性

模拟通信系统的可靠性最终用信噪功率比表示。信噪比 (S/N) 越大, 通信质量越高。模拟通信时对 S/N 的要求如下:

一般无线通信, $S/N \geq 26\text{dB}$

听清 95% 以上, $S/N \geq 40\text{dB}$

电视节目, 看起来很清楚, $S/N \geq 40 \sim 60\text{dB}$

S/N 是由信号功率和信号传输过程中引起的失真和各种干扰、噪声决定的, 其中信号功率和信道中的加性噪声又是最主要的因素。

应该指出的是, 在接收机输入端的信噪比一定时, 经过不同的解调后输出端的信噪比 S/N 是不同的。所以, 使用时应注意选择抗噪声性能好的调制方式以提高通信系统的可靠性。

资讯 2 数字通信系统的性能指标

数字通信系统的有效性指标可用传输速率和传输效率来衡量, 可靠性指标可用误码率和误信率来表示。有效性和可靠性既是互相矛盾的, 又是彼此统一的。传输速率越高, 则有效性越好, 但可靠性越差。以下从几个不同的角度来进行说明。

1. 码元传输速率 R_B

码元传输速率通常又可称为码元速率、数码率、传码率、码率、信号速率或波形速率, 用符号 R_B 来表示。码元速率是指单位时间 (每秒钟) 内传输码元的数目, 单位为波特 (Baud), 常用符号 “B” 表示 (注意, 不能用小写)。例如, 某系统在 2 秒内共传送 4800 个码元, 则系统的传码率为 2400 B。

数字信号一般有二进制与多进制之分, 但码元速率 R_B 与信号的进制无关, 只与码元宽度 T_b 有关, 如图 1-10 所示。

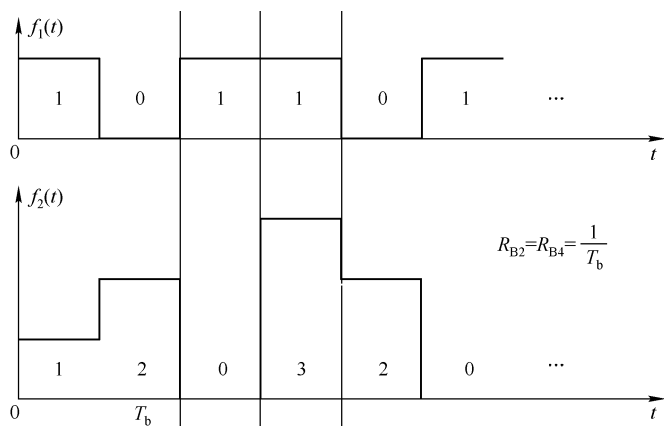


图 1-10 码元速率 R_B 与进制无关

通常在给出系统码元速率时，有必要说明码元的进制，多进制 (N) 码元速率 R_{BN} 与二进制码元速率 R_{B2} 之间，在保证系统信息速率不变的情况下相互可以转换，转换关系为

$$R_{B2} = R_{BN} \log_2 N \quad (1-1)$$

式中， R_{B2} 是二进制码元速率， N 为进制数，也就是说，在传送相同信息的情况下，二进制所需带宽是 N 进制所需带宽的 $\log_2 N$ 倍。

2. 信息传输速率 R_b

信息传输速率简称信息速率，又可称为传信率、比特率等。用符号 R_b 表示。 R_b 是指单位时间（每秒钟）内传送的信息量，单位为比特/秒 (bit/s 或 bps)。例如，若某信源在 1 秒钟内传送 1200 个符号，且每个符号的平均信息量为 1 bit，则该信源的 $R_b = 1200$ bit/s。由于信息量与进制 N 有关，因此信息传输速率 R_b 也与 N 有关。

3. 信息传输速率 R_b 与码元传输速率 R_B 之间的互换

(1) 在二进制中，码元速率 R_{B2} 与信息速率 R_{b2} 在数值上相等，但单位不同。

(2) 在多进制中， R_{BN} 与 R_{bN} 在数值上不相等，单位也不相同，它们之间在数值上满足

$$R_{bN} = R_{BN} \log_2 N \quad (1-2)$$

(3) 在码元速率保持不变的情况下，二进制信息速率 R_{b2} 与多进制信息速率 R_{bN} 的关系为

$$R_{b2} = (R_{bN} / \log_2 N) \Leftrightarrow R_{bN} = R_{b2} \log_2 N \quad (1-3)$$

4. 频带利用率 η

频带利用率指的是传输效率问题，也就是说，我们不仅关心通信系统的传输速率，还要看在这样的传输速率下所占用的信道频带宽度是多少。如果频带利用率高，说明通信系统的传输效率高，反之亦然。

频带利用率的一种定义是单位频带内信息传输速率的大小，即

$$\eta = R_b / B \text{ (bit/s/Hz)} \quad (1-4)$$

二进制与 N 进制的频带利用率的关系如下：

(1) 若在码元速率相同的情况下，二进制与 N 进制的频带相同，均为 B ，但 N 进制的信息速率 R_{bN} 是二进制信息速率 R_{b2} 的 $\log_2 N$ 倍。根据公式 (1-3) 可得 N 进制的频带利用率是二进制的频带利用率的 $\log_2 N$ 倍。

(2) 若在信息速率相同的情况下，二进制与 N 进制的信息速率相同，但是二进制的频带则为 N 进制频带的 $\log_2 N$ 倍。根据公式 (1-4)，同样得 N 进制的频带利用率是二进制的频带利用率的 $\log_2 N$ 倍。

因此，不论从哪个角度去分析，我们均可得出如下结论： N 进制的频带利用率是二进制的频带利用率的 $\log_2 N$ 倍。也就是说，传送 N 进制的有效性是传送二进制的有效性的 $\log_2 N$ 倍，从这个角度来说，我们希望通过传送 N 进制来提高通信的有效性。

5. 可靠性指标

一个数字通信系统的可靠性具体可用信号在传输过程中出错的概率来表述，即用差错

率来衡量。差错率越大，表明系统可靠性愈差。差错率有两种表示方法，即误码率 P_e 和误信率（误比特率） P_b 。最常用的是误码率。通信系统误码率 P_e 的计算公式为

$$P_e = \text{接收的错误码元数} / \text{传输的总码元数} \quad (1-5)$$

例如：每平均传输 1000 个码元中差错一个码元，则 $P_e = 10^{-3}$ 。

误信率 P_b 的计算公式为

$$P_b = \text{接收的错误比特数} / \text{传输的总比特数} \quad (1-6)$$

二进制时， $P_e = P_b$ ， N 进制时，与译码方式有关，一般 $P_e > P_b$ 。

通信系统的有效性和可靠性是一对矛盾，不可兼得。提高了有效性，必然会降低可靠性。传送二进制要比传送 N 进制的可靠性高的主要原因是，二进制是两个电平判决，误码率低，而 N 进制则为 N 个电平判决，误码率必然会提高。

1.4 继往开来——通信的发展过程与方向

“长江后浪推前浪”，通信技术今天的辉煌成就，都是对前人事业的继承和发扬。通信技术的发展从 1832~1835 年摩尔斯发明有线电报和 1876 年贝尔发明有线电话技术开始算起，迄今已有 100 多年的历史。20 世纪 70 年代以来，由于大规模和超大规模集成电路在通信领域内的应用，以及计算机技术与通信技术的结合，使得通信领域中的各个分支均得到了迅速发展。

现代通信的主要目的是有效而可靠地传输信息。从信息论的角度来看，通信的过程本质上是随机过程。如果通信系统中传输的信号都是确定性信号，接收者就不可能获取任何新的信息，也就失去了通信的意义。1948 年 6 月，香农发表了《通信的数学理论》，用概率测度和数理统计的方法系统地讨论了通信的基本问题，对信息的度量——熵以及信道容量作了严格的定义，得出了几个重要而带有普遍意义的结论，并由此奠定了现代通信的数学理论基础，对现代通信理论与技术的发展具有划时代的意义。

通信技术是在长期的工程实践和理论研究的基础上发展起来的。以下是具有里程碑意义的大事记：

- 1820~1830 年，法拉第首先发现了电磁感应定律。
- 1837 年，莫尔斯发明电报，其编码方法对后来香农的编码理论有所启发。
- 1864 年，麦克斯韦提出了电磁理论。
- 1876 年，贝尔发明了有线电话系统。
- 1885 年，开尔文研究了电缆的极限传信率问题。
- 1888 年，赫兹用实验证明了电磁波的存在。
- 1895 年，英国的马可尼和俄国的波波夫发明了无线电通信。
- 1907 年，福雷斯特发明了电子真空管，之后，很快出现了远距离无线电通信。
- 1918 年，阿姆斯特朗发明了调幅广播，超外差接收机问世。
- 1922 年，卡逊对调幅信号的频谱结构进行了研究，并明确了边带的概念。
- 1924 年，奈奎斯特等指出，如果以一个确定的速度来传输电报信号，就需要一定的带宽，这证明了信号传输速率与信道带宽成正比。

- 1925 年，开始采用三路明线载波电话，出现了多路通信。
- 1936 年，阿姆斯特朗提出调频方式，出现了调频通信。
- 1938 年，建立了电视广播系统。
- 1939 年，达德利发明了声码器。他提出通信所需的带宽至少应与所传送的消息的带宽相同，达德利和莫尔斯都是研究信源编码的先驱者。
- 20 世纪 40 年代初期，由于军事上的需要，维纳在研究防空火炮的控制问题时，发表了题为“平稳时间序列的外推，内插与平滑及其工程应用”的论文。他把随机过程和数理统计的观点引入通信和控制系统中来，揭示了信息传输和处理过程的统计本质。
- 1948 年，晶体三极管问世，香农提出了信息论，由此奠定了现代信息论与通信的理论基础，对现代通信理论与技术的发展具有划时代的意义。
- 1950 年，时分多路通信应用于电话。
- 1953 年，敷设了第一条越洋电话电缆（36 路）。
- 1957 年，前苏联发射了第一颗人造地球通信卫星。
- 1958 年，第一块集成电路面世。
- 1961 年，FM 立体声广播开播。
- 1964 年，第一台全电子电话系统问世。
- 1972 年，摩托罗拉发明蜂窝电话。
- 1976 年，个人 PC 问世。
- 1989 年，“便携式”蜂窝移动电话问世。

20 世纪 80 年代至 90 年代，当各种通信系统技术发展一定程度后，通信网就成为了一种必然趋势。网络程控化、数字化、智能化以及各种网络技术的发展，如 ISDN（综合业务数字网）、国际互联网 Internet、宽带接入网技术成为了通信领域发展的新热点。

进入 21 世纪，人们正在由桌面互联网时代跨入移动互联网时代，随着平板电脑、智能手机的普及，三网融合已基本实现，全球无线城市的建设已如火如荼，我国的北京、上海、广州及香港、台湾等地都在大力推动“城市无线化”的建设，一个宽带无线的时代即将来临，现代通信技术的发展将会迈向一个新的高度。

实践体验：电话机制作



电话机是电信通信的主要部分。人们不论在何时、何地，只要拿起电话机手柄，拨对方的电话号码，电话接通后双方即可通话，传递信息。在进行语音通信时，发话人讲话时的声带振动激励空气产生振动发出声波，声波作用于送话器（话筒）引起电流变化，产生语音信号。语音信号沿电话线传送到对方受话器（听筒），由受话器再将信号电流转换为声波传送到空气中，作用于人耳完成语音通信过程。通过本制作练习，可加深对通信系统的全面理解。

普通电话机是由通话模块、发号模块、振铃模块以及线路接口组成的。目前，大部分电话机为按键式电话机，其发号模块主要包括按键号盘、双音频信号/脉冲信号发生器，其

作用是将用户所拨的每一个号码以双音频信号或脉冲串方式发送给电话交换机。振铃模块由音调振铃电路、压电陶瓷振铃器或扬声器组成，其作用是在待机状态下检测电话线上的信号状态，当收到从电话交换机送来的振铃信号时驱动压电陶瓷振铃器或扬声器发出振铃提示音。通话模块由电/声器件组成的受话器、声/电转换器件组成的送话器以及信号放大器构成，其作用是完成发话时话音信号的声电变换、信号放大，以及接收信号的放大和语音信号的电声变换。

电话机电路原理图如图 1-11 所示。首先按元件清单，备齐元件，然后再测量一下各元件的质量做到心中有数。

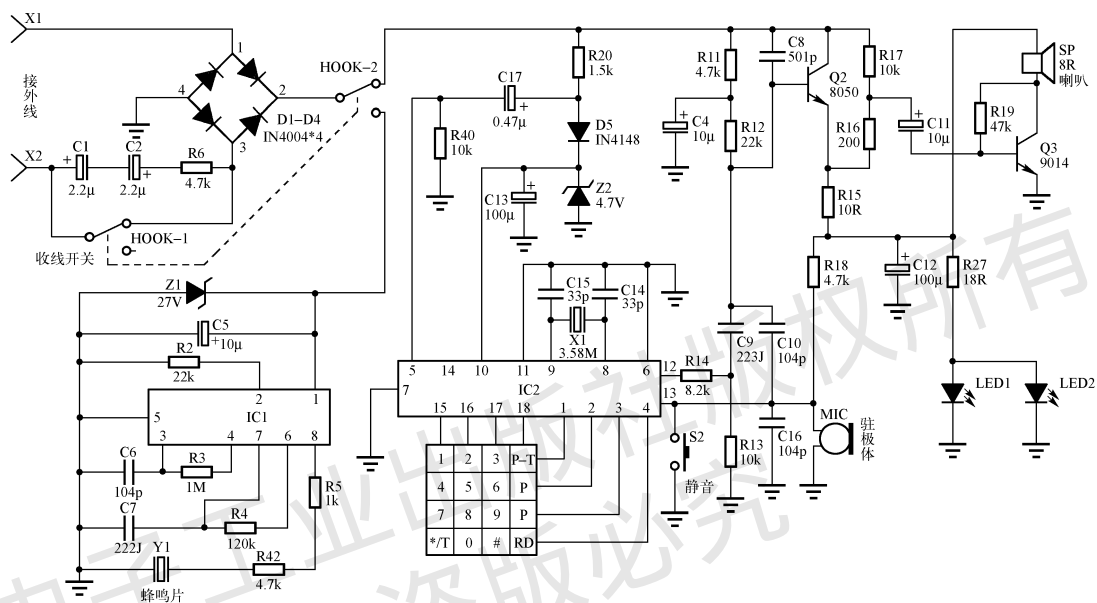


图 1-11 电路原理图

1. 元件选择

(1) 集成电路 IC1(KA2411)为振铃电路音乐芯片，来电响铃声由它产生；IC2(9102D)是主电路处理芯片，用以完成脉冲/音频拨号。(2) 三极管 Q2、Q3 为普通的 8050 和 9014，放大倍数大于 300 倍即可。(3) 二极管分为开关二极管 (IN4148) 和稳压二极管 (4.7V 和 27V) 这三个二极管不要装错，仔细看上面打的字，对号入座。(4) 电声器件如喇叭、蜂鸣片、驻极体选用时要注意外壳是否安装得上。(5) 电阻、电容按图中标注的参数选用。(6) 跳线用剪下来的元件引脚代替，按键板上 6 根，主线路板上 1 根。

2. 安装步骤

安装元件顺序：跨线→电阻→二极管→瓷片电容→涤纶电容→电解电容→三极管→收线开关→固定驻极体（放进孔后用烙铁将周围塑料烫几个点固定或打电胶，以免它跑出来）→固定蜂鸣片（放在外壳上后用烙铁烫一下塑料周围几个点或打点胶不让它松动）→喇叭（放在外壳上后用烙铁烫一下塑料周围几个点不让它松动，磁铁上贴上海绵）→焊响铃音乐片 (IC1) →用导线将它们都连接起来（根据图纸）。在焊 IC1 时请注意要细心，各

焊点之间不要相连，先把芯片放好摆正，临时焊一个点，然后调整好芯片至美观为止，再焊其他几个点，各元件尽量装低一点，电解电容采用卧式安装，以防盖子不好盖上，按键上的两个 LED 灯要注意按正负极性弯脚的方向灯头要穿出线路板少许。经过检查无误后拧紧螺丝进入下一步调试工作。

3. 调试说明

一般情况下，电话机只要安装无误，装上去就可以用。检测时不用装电池，可先将正在用的电话机的外线插头拔下来，插在本电话机插座内，提起手柄应能听到拨号音（即长音），然后拨号，拨完号后应能听到对方接通的响声，然后挂机；再试接听，用另一台电话机或手机拨本电话的号码，拨通后本机应能听到电话机的铃声，经过这样试验后，本电话机制作完成。

4. 故障排除

如果电话机不能工作，可利用电话线路进行电话机故障检测。

一般在电话机外接输出线路中均存在一定的直流工作电压（48V 或 60V），同时在电话机线路中还存在着 450Hz 的电话机拨号音和 25Hz 的整流信号源，所以充分利用其工作电压与信号源，对于检测电话机的整机直流工作电压，电话机的振铃电路、拨号与通话电路的检测均能提供方便。

(1) 检测电话机整机直流工作电压

一般当电话机出现工作不正常时，常用的方法为逐一检测机内各电路的工作电压是否正常。利用电话线路检测时可配合万用表进行，具体操作步骤如下：

① 将万用表置于 10V 直流电压挡，两表笔跨接在接线盒两端（即电话线和电话机相互连接处），测出其直流工作电压值。

② 将万用表调至 100mA 电流挡，再断开接线盒一端的连接线，然后将表笔分别串接在线的两端，测出电话机的直流电流。

③ 测出电话机的工作电压和工作电流后，再根据电话机电路原理图标注的技术数据，通过欧姆定律估算出直流电阻值，即可判断电话机有无问题。

(2) 检测电话机拨号和通话电路故障

当电话机拨号和通话电路出现故障时，可利用电话线路进行检测判断，具体方法是：在电话机摘机状态下，用万用表 10V 电压挡分别检测拨号和通话集成电路各点的工作电压值，并对照电路图提供的标注数据加以分析，从而找出故障元器件和故障点。要注意的是，拨号和通话电路除了集成电路故障以外，还涉及到晶振电路和相关的阻容元件，晶振一般采用替代法加以判断。

在通话正常的情况下，如果不能振铃，可检查振铃电路是否有故障，有振铃信号输入时各脚对地（5 脚）电压如表 1-1 所示。

表 1-1 振铃芯片 KA2410

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8
电压/V	27. 12	1. 23	4. 01	4. 01	0	4. 01	4. 01	12. 12

练习与思考

1. 试比较单工通信与双工通信有何不同。
2. 分别画出模拟通信系统和数字通信系统的模型，并说明模型中各部分的作用。
3. 与模拟通信系统相比，数字通信系统有哪些主要优点？
4. 数字通信系统有哪些主要性能指标？
5. 数字通信的频带利用率是如何衡量的？
6. 码元和比特有何区别？什么是码元速率？什么是比特速率？

电子工业出版社版权所有
盗版必究