

通信系统模型

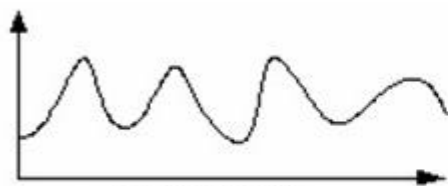
董雪峰

模拟通信系统和数字通信系统

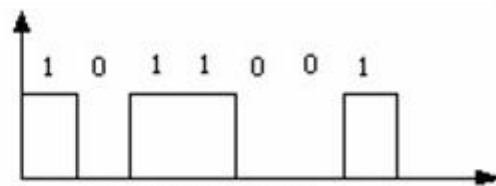
通信系统一般由信源（发端设备）、信宿（收端设备）和信道（传输媒介）等**组成**，被称为通信的三要素。

按照通信系统中传输的是模拟信号还是数字信号来分，可分为**模拟通信系统**和**数字通信系统**。

模拟信号是连续的，如语音电压信号
数字信号是离散的，如电报信号



(a)模拟信号



(b)数字信号

数字和模拟通信系统的比较

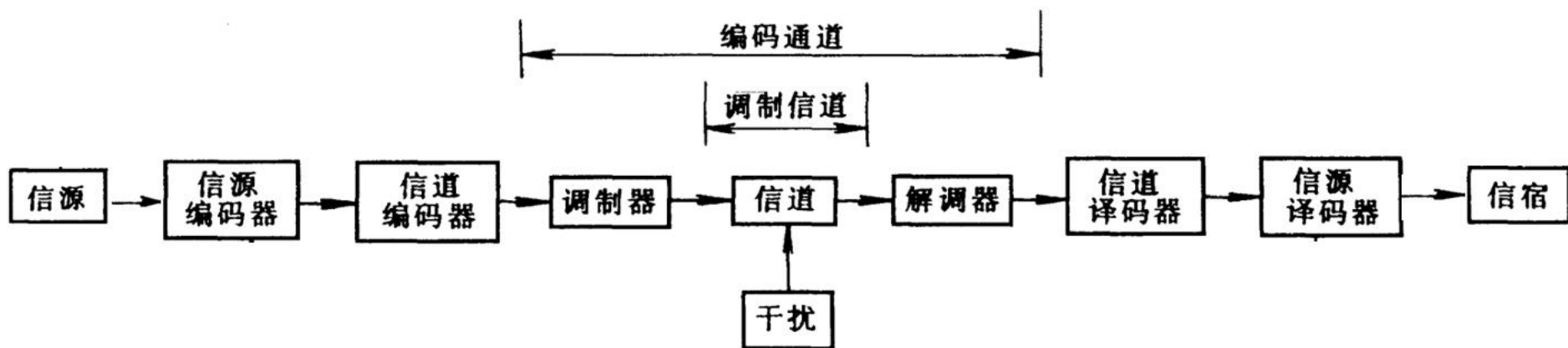
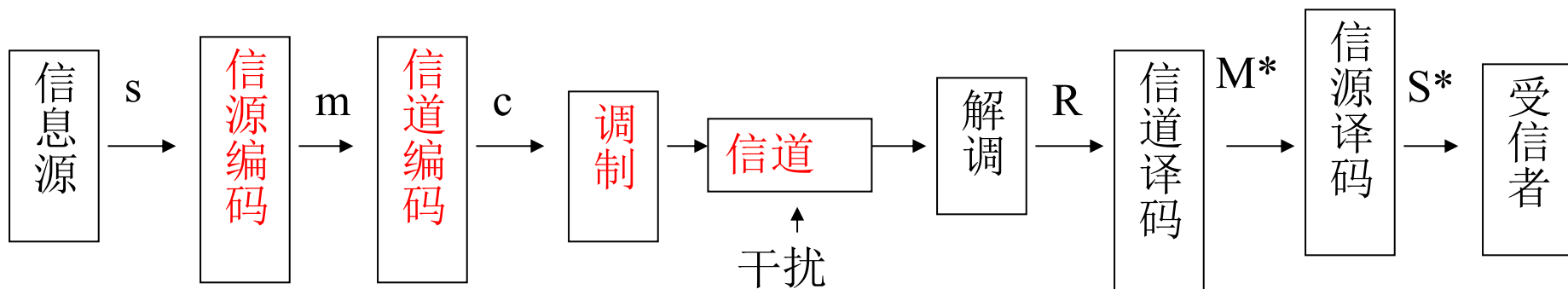
比较项目	数字通信系统	模拟通信系统
噪声和干扰	无积累	有累积、传输距离短
差错控制技术	有差错控制、可靠性高	无
频带	占用频带较宽	占用频带较窄 信道频带利用率高
电路	经济、可靠、微型化	

数字通信系统模型

数字基带信号

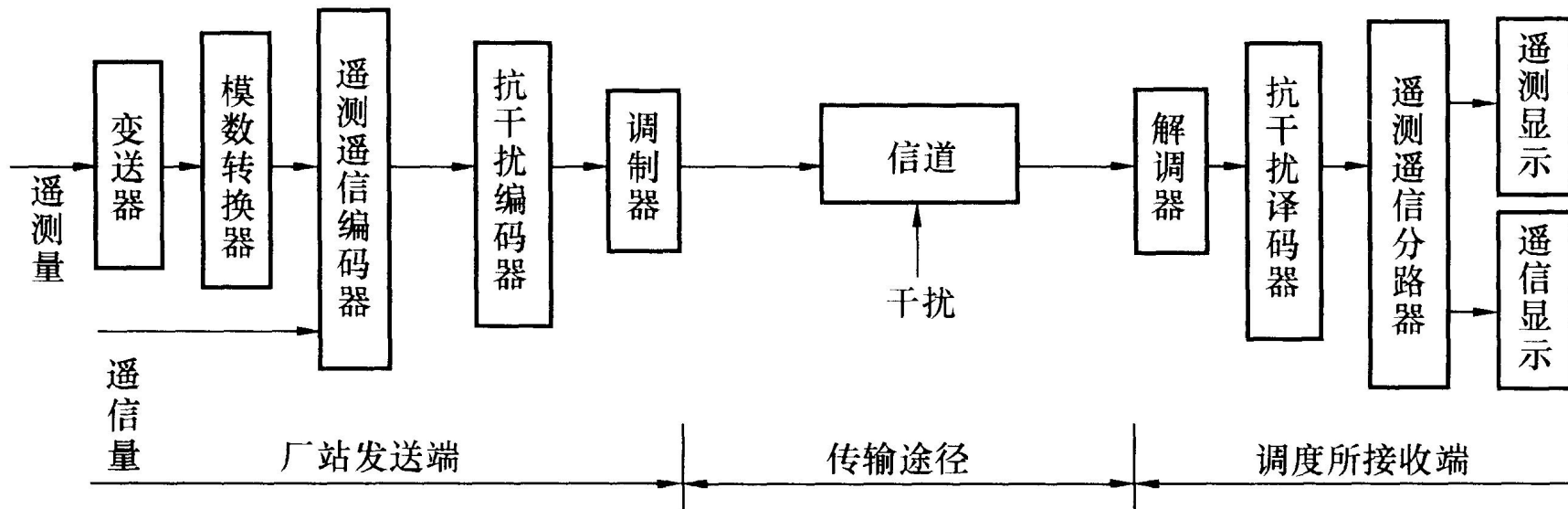
数字频带信号

数字基带信号



遥测、遥信传输框图

数字通信系统实例----远动信息的传输系统



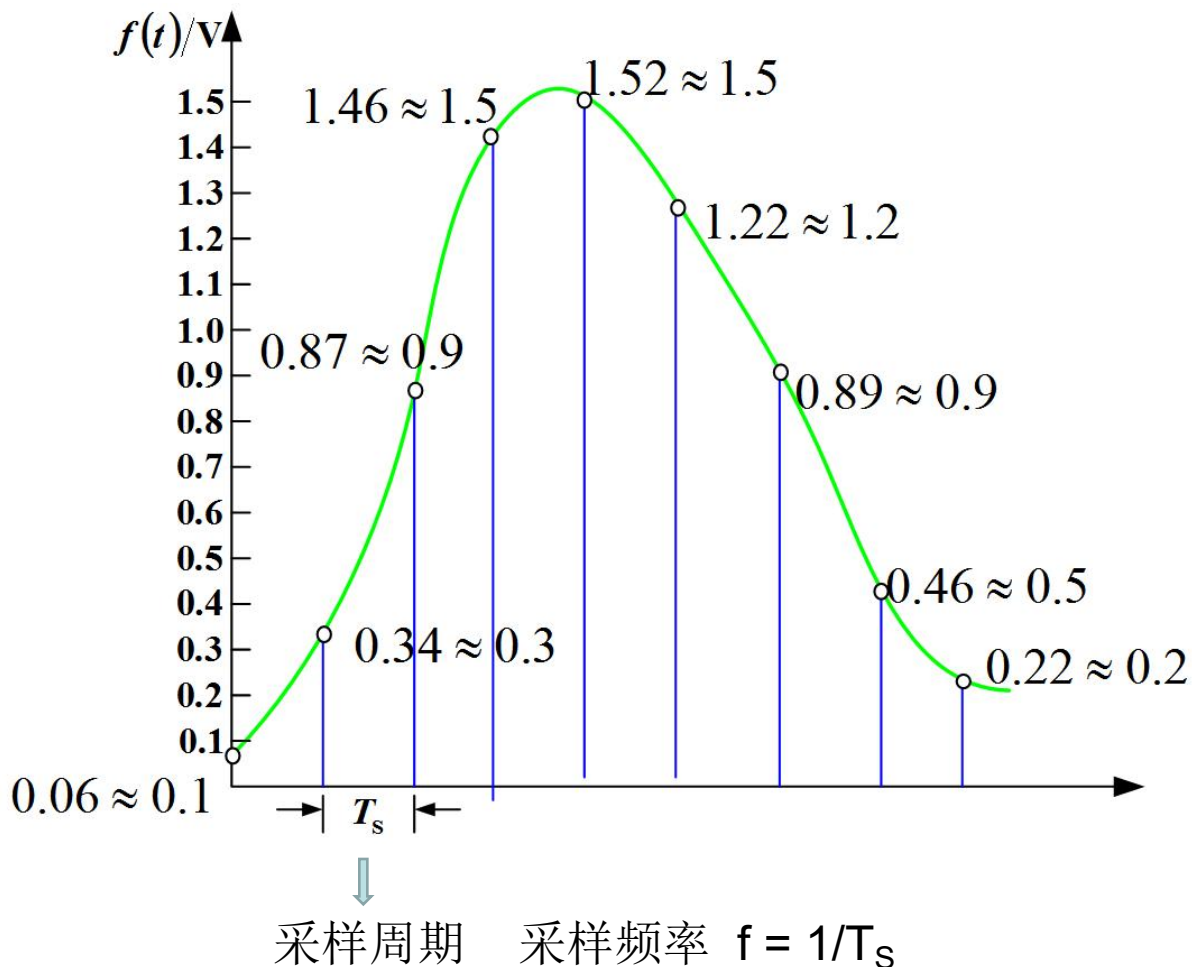
1、信源

信源是信息源产生的模拟或数字信号。电网中的各种信息源，如 U 、 I 、 P 、 f 、电能脉冲量等，各种指令、开关信号等，经过有关器件处理后转换成易于计算机接口元件处理的电平或其它量。（如：交流插件中的TA、TV）

2、信源编码器

把各种信源转换成数字信号，并进行编码的器件，如A/D转换器等。如电力系统对电压 U 进行A/D转换，然后对这些数字信号进行编码，输出二进制的数字信息序列。

采样 量化 编码



数字	二进制码	脉冲编码波形
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

采样: 0.06、0.34、0.87、1.46、1.52、1.22、0.89、0.46、0.22

量化: 0.1、0.3、0.9、1.5、1.5、1.2、0.9、0.5、0.2

编码: 0001 0011 1001 1111 1111 1100 1001 0101 0010

3、信道编码器

信源编码器产生的信息序列不具有抗干扰能力，所以通过**信道编码**是为了**提高信息序列的抗干扰能力**，即提高数字信号传输的可靠性。

信道编码也称为差错控制编码，分检错码和纠错码。其作用是为了保护所传送的**信息码元**，按照一定的规则增加**冗余码元（监督码元）**。

信道编码器输出的信号都是二进制的脉冲序列，称为**基带数字信号**也称为**调制信号**。

以**偶校验**为例，进行信道编码：假设通信双方规定是8位**信息位**和1位**偶校验位**。

当8位信息位中1的个数为偶数时，偶校验位需要填0，如**100100110**

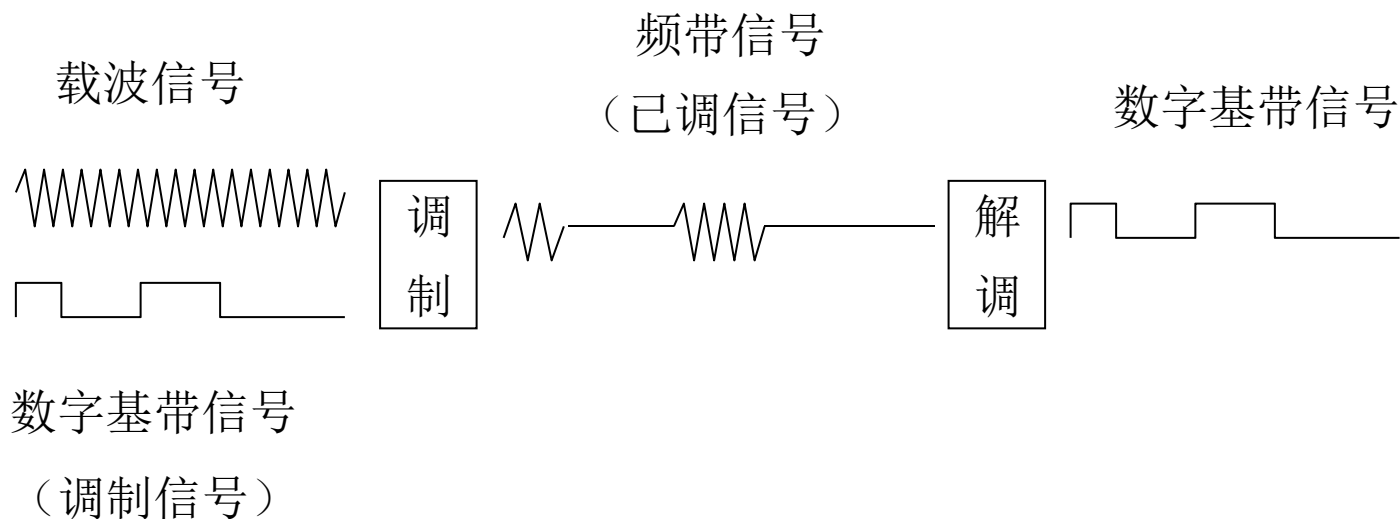
当8位信息位中1的个数为奇数时，偶校验位需要填1，如**100110111**

4、调制器与解调器

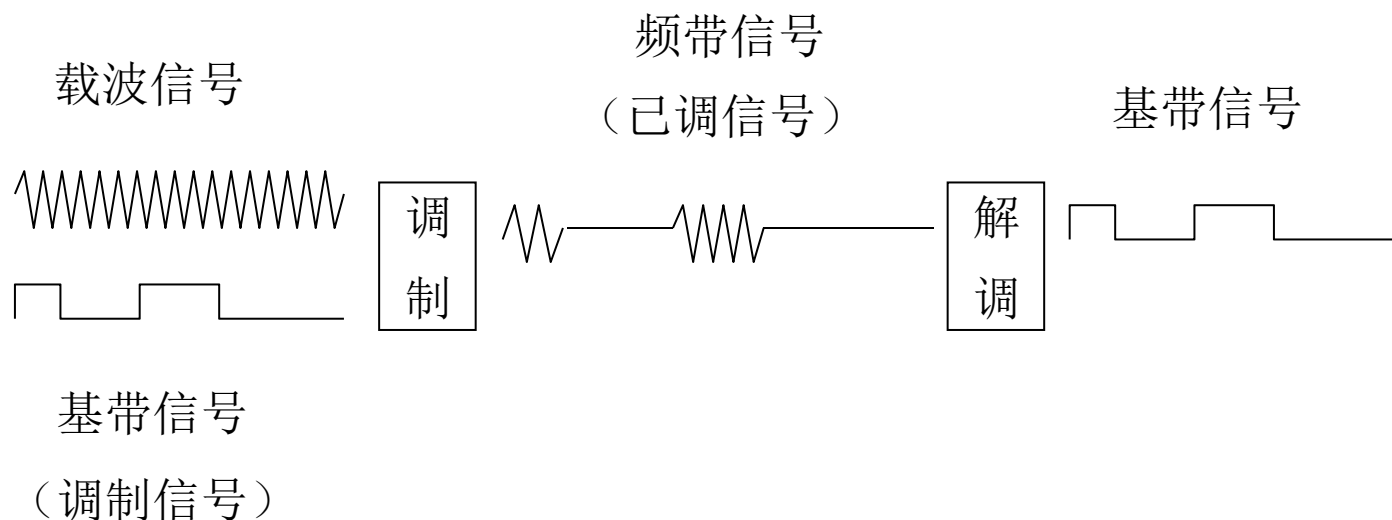
基带数字信号传输距离较近，在长距离传输时，往往因电平干扰和衰减而发生失真。为了增加传输距离，将基带信号进行调制传送，可减弱干扰信号。

数字基带信号调制：将数字基带信号的0或1，变成适合在信道中传输的正弦交流信号。

解调：是把从信道接收到的信号还原成数字基带信号。



调制与解调示意图

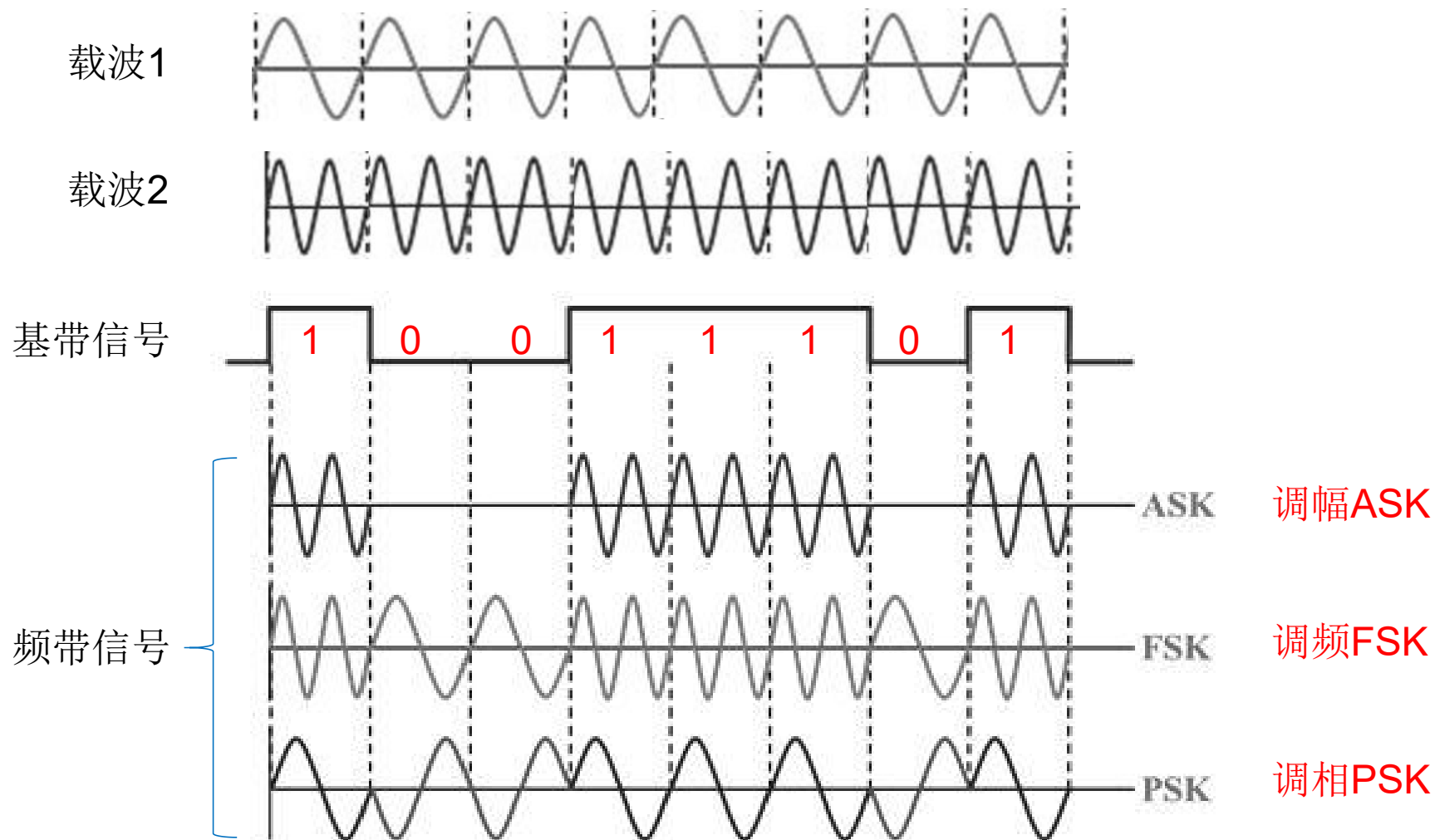


载波：用于传输基带信号的正弦波。

基带传输：基带信号不经过调制，直接在信道上传输。

频带传输：由于基带信号有丰富的低频成分，很多信道不能有效的传输它们，这样，需要用基带信号控制载波，调制成频带信号（又叫已调信号），在信道上传输。

三种数字调制方式



基带：没调制的原始信号所占的频带。

带宽：信道能传送信号的频率宽度，即最高最低频率之差。

宽带传输：传输介质带宽较宽的信息传输

一般在**300-400MHz**。

信道容量：可以用信道的最大数据传输速率（即最大比特率bps）表示。

（幅移键控**ASK** amplitude-shift keying）

2ASK，二进制幅移键控

MASK，多进制幅移键控

5、信道

是信号远距离传输的载体，如专用电缆、架空线、光纤电缆、微波空间等。

6、信道译码器

是编码器的逆过程，除去监督码元，获得发送侧的二进制数字序列。

7、信源译码器

是将二进制信号恢复到模拟信号的过程，例如D/A转换器。

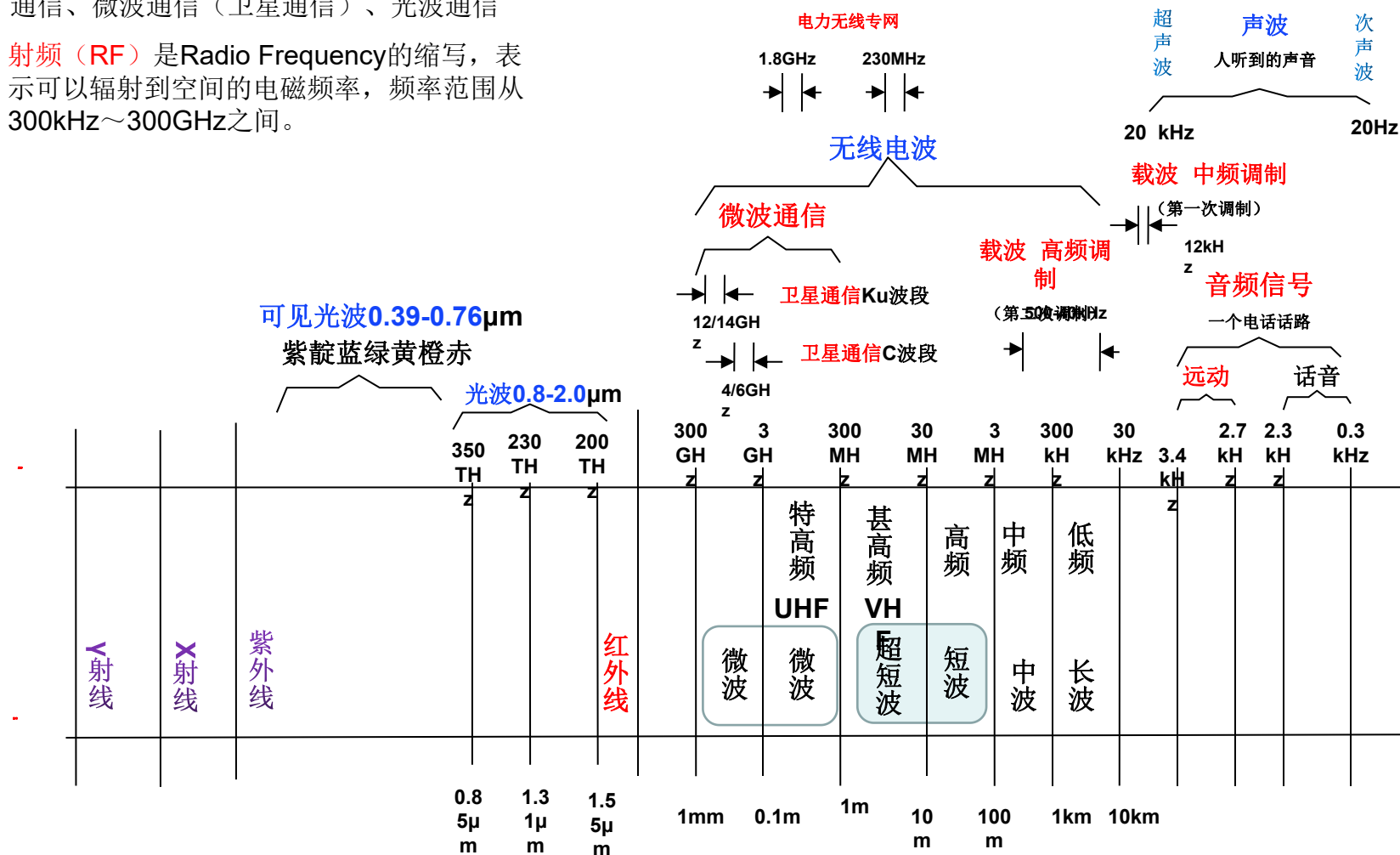
8、信宿

是信息的接收地或接收人员能观察的设备，如电网调度自动化系统中的模拟屏、显示器CRT等，均为信宿。

常用的载波

按工作频率分：长波通信、中波通信、短波通信、微波通信（卫星通信）、光波通信

射频（RF）是Radio Frequency的缩写，表示可以辐射到空间的电磁频率，频率范围从300kHz~300GHz之间。



各种信道比较

项目	传输速率	传输距离	抗干扰	造价	主要用途
双绞线	10~155Mb/s	10km	低	低	模拟/数字传输
基带同轴电缆	10Mb/s	<3km	较高	低	基带数字信号
宽带同轴电缆	300~450MHz	100km	较高	较高	模拟传输
短波信道	<50MHz	全球	较低	较低	远程通信
无线接力信道	4~6GHz	50~100km	较高	中等	远程通信
光纤信道	10~100Gb/s	>30km	高	较高	远距离传输
卫星信道	500MHz	18000km	高	高	远程通信

总结

载波：被基带信号调制的波形,一般为正弦波

基带：没调制的原始信号所占的频带。

基带传输：基带信号不经过调制，直接在信道上传输。

频带传输：由于基带信号有丰富的低频成分，很多信道不能有效的传输它们，这样，需要用基带信号控制载波，调制成频带信号（又叫已调信号），在信道上传输。

带宽：信道能传送信号的频率宽度，即最高最低频率之差。

信道容量：信道的最大数据传输速率（即最大比特率）信源编码器把各种信源转换成数字信号，并进行编码的器件，如A/D转换器等。

信道编码也称为差错控制编码，分检错码和纠错码。其作用是为了保护所传送的信息码元，按照一定的规则增加**冗余码元（监督码元）**。

奇偶校验编码在信息码后加一位校验位（或称监督位），使得码组中“1”的个数为奇数或偶数

调制：将码字中的0或1码元变成适合在信道中传输的正弦交流信号。
常用的调制有三种方式：调幅、调频、调相。

常用传输媒介的频率范围及用途

表 2-2

常用传输媒介的频率范围及用途

频率范围	波 长	符 号	传 输 媒 介	用 途
3Hz~30kHz	$10^8 \sim 10^4$ m	甚低频 VLF	有线线对长波无线电	音频、电话、数据终端、长距离导航、时标
30~300kHz	$10^4 \sim 10^3$ m	低频 LF	有线线对长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频 MF	同轴电缆中波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频 HF	同轴电缆短波无线电	移动无线电话、短波广播、定点军用通信、业余无线电
30~300MHz	10~1m	甚高频 VHF	同轴电缆米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆通信、导航
300MHz~3GHz	100~10cm	特高频 UHF	波导、分米波无线电	电视、空间遥测、雷达、导航、点对点通信、移动通信
3~30GHz	10~1cm	超高频 SHF	波导、厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30~300GHz	10~1mm	极高频 EHF	波导、毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm	紫外线、 可见光、 红外线	光纤激光空间传播	光通信

模拟通信系统模型

(调制、基带信号、载波、频带信号)

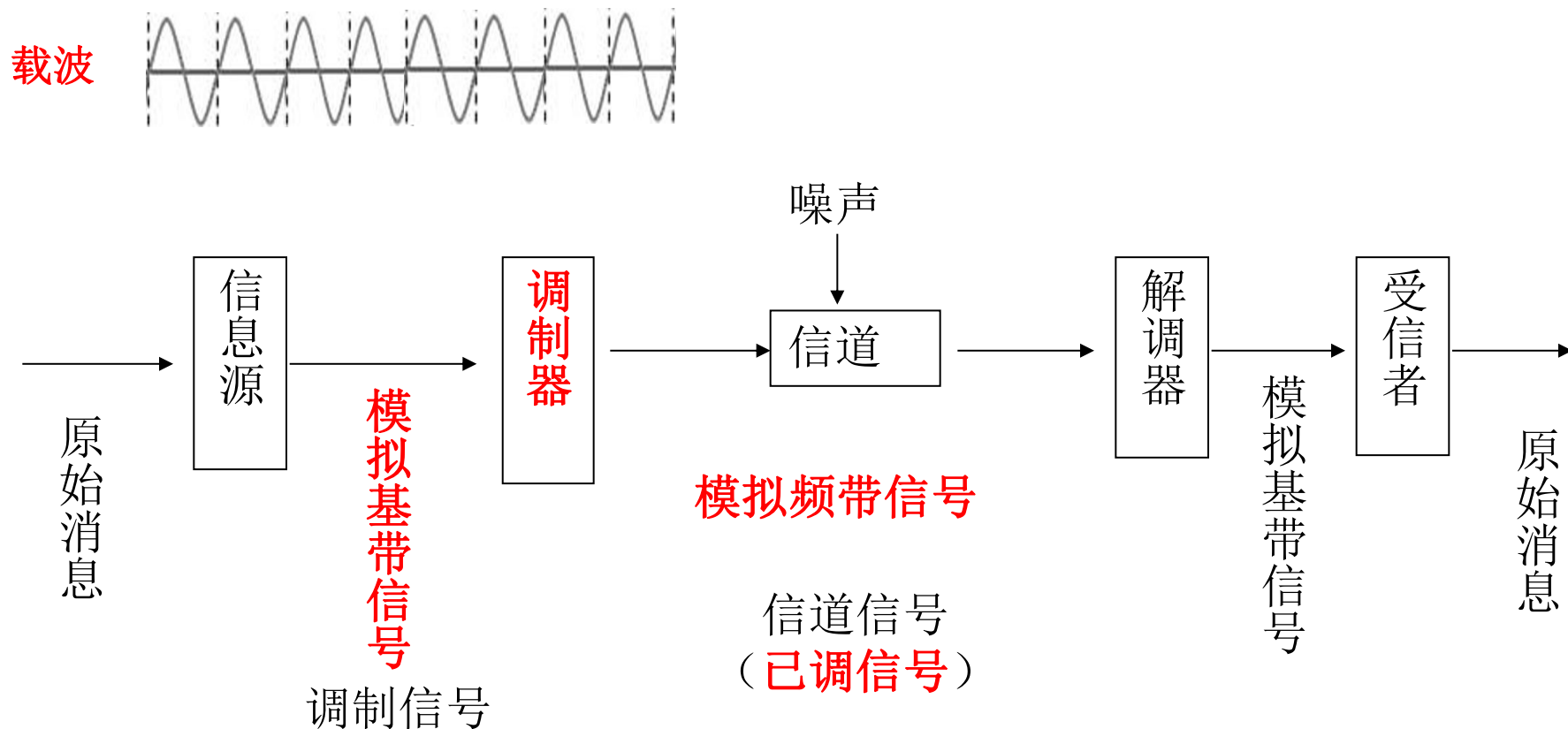


表 2-1

常用的调制方式

调 制 方 式			用 途
连续波 调 制	线性调制	常规双边带调幅 AM	广播
		抑制载波双边带调制 DSB	立体声广播
		单边带调制 SSB	载波通信、无线电台、数据传输
		残留边带调制 VSB	电视广播、数据传输、传真
	非线性调制	频率调制 FM	微波中继、卫星通信、广播
		相位调制 PM	中间调制方式
	数字调制	幅度键控 ASK	数据传输
		频移键控 FSK	数据传输
相位键控 PSK、DPSK QPSK 等		数据传输、数字微波、空间通信	
其他高效数字调制 QAM、MSK		数字微波、空间通信	
脉冲 调制	脉冲模拟调制	脉幅调制 PAM	中间调制方式、遥测
		脉宽调制 PDM (PWM)	中间调制方式
		脉位调制 PPM	遥测、光纤传输
	脉冲数字调制	脉码调制 PCM	市话、卫星、空间通信
		增量调制 DM	军用、民用电话
		差分脉码调制 DPCM	电视电话、图像编码
		ADPCM、APC、LPC	中低速数字电话

声音的频率和强度

射频（RF）是Radio Frequency的缩写，表示可以辐射到空间的电磁频率，频率范围从300kHz~300GHz之间。

人的听觉范围在20Hz到20000Hz。

人们唱歌时运用肌肉拉动声带，基音频率范围是：

童声高音频率范围为260-880Hz，低音频率范围为196-700Hz，

女声高音频率范围为220-1.1KHz，低音频率范围为200-700KHz

男声高音频率范围为160-523KHz，低音频率范围为80-358Hz

1分贝	刚能听到的声音
15 分贝	感觉安静
30 分贝	耳语的音量大小
40 分贝	冰箱的嗡嗡声
60分贝	正常交谈的声音
70分贝	相当于走在闹市区
85分贝	汽车穿梭的马路上
95分贝	摩托车启动声音
100分贝	装修电钻的声音
110分贝	卡拉OK、大声播放MP3 的声音
120分贝	飞机起飞时的声音
150分贝	燃放烟花爆竹的声音

按工作频率分

长波通信
中波通信
短波通信
微波通信（卫星通信）
光波通信

分贝（decibel）是量度两个相同单位数量之比的计量单位，可用于度量声音强度，常用dB表示。

常用检错码——奇偶校验码

奇偶校验编码可分为奇校验编码和奇偶校验编码两种，两者原理相同。

如：奇偶校验编码只需在信息码后加一位校验位（或称监督位），使得码组中“1”的个数为奇数或偶数即可。

优点：奇偶校验码是编码最简单、最常用和费用最低的差错检错码。
监督码元只有一位，插入的冗余度低，效率高。

缺点：奇偶校验码只能发现奇数个错，对于偶数个错无能为力。

以偶校验为例：假设通信双方规定是8位信息位和一位偶校验位。

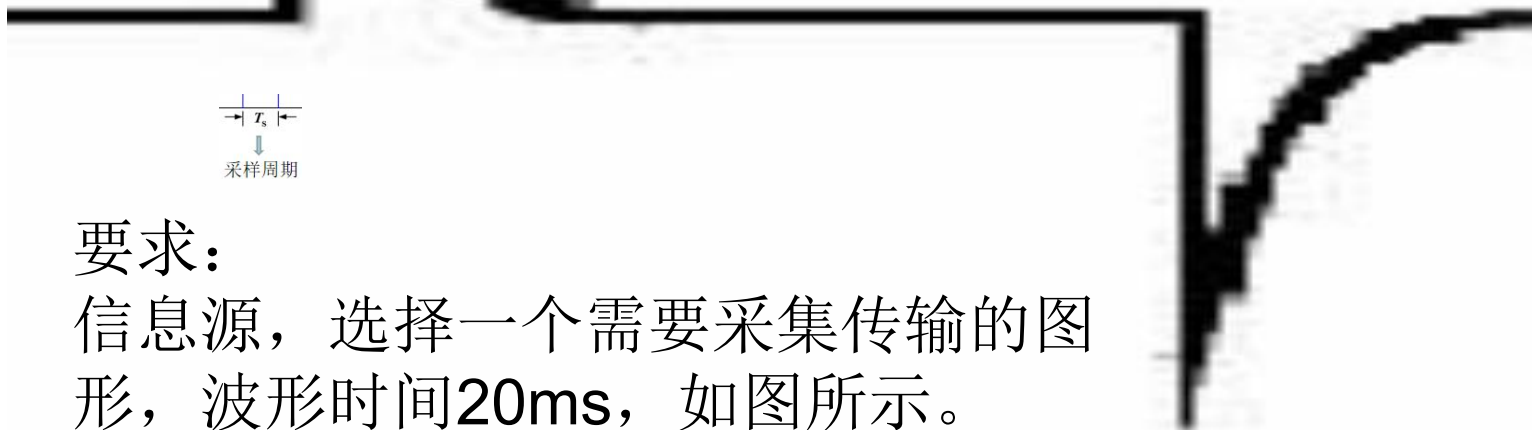
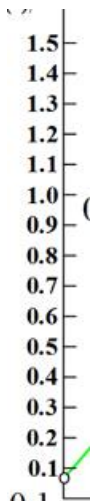
当8位信息位中1的个数为偶数时，偶校验位需要填0，如100100110

当8位信息位中1的个数为奇数时，偶校验位需要填1，如100110111

设计任务书

绘制数字通信系统模型的详细原理图。

信源编码



要求：
信息源，选择一个需要采集传输的图形，波形时间20ms，如图所示。
设定采集周期 $t=2\text{ms}$ ，一个采样值用4位二进制表示。
对图形进行采样、量化和编码，即信源编码。编码顺序按照时间采集的顺序。

数字	二进制码
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

信道编码

要求：对信源编码进行信道编码，通信双方约定，**数据位8位**（按照顺序进行信道编码，4位二进制位是一个采样值的信源编码），采用1位校验位，**奇校验**方式。

写出采集信息的信道编码（包含信息码元和监督码元）。

调制

调制要求，按照调频的调制方式，对信道编码进行调制，根据给出的载波信号和编好的频带信号（已调信号），画出基带信号波形和已调信号波形（频带信号）。

载波1



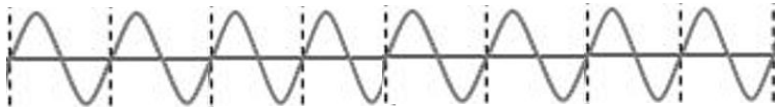
载波2



解调

解调要求，按照调频方式进行解调，解调出信道编码

载波1

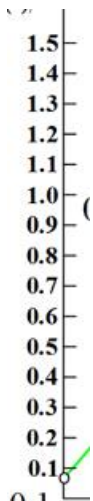


载波2



信道译码

信道译码要求，数据位8位，采用1位校验位，奇校验，对信道编码进行译码，得出信源编码（没有了监督码元，全是信息码元）。



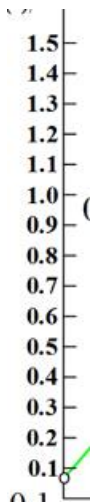
信源译码

信源译码要求：根据信源编码绘制出采集传输的波形。和信源端波形比较。



数字	二进制码
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

信源编码，还原波形，和信息源波形比较



数字	二进制码
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

