数字通信系统模型：

信息源——信源编码——加密——信道编码——数字调制——信道（——噪声源）——数字解调——信道译码——解密——信源译码——受信者

信源编码与译码目的：

提高信息传输的有效性，完成模数转换

信道编码与译码目的：

增强抗干扰能力，提高可靠性

数字通信的特点：

优点：

抗干扰能力强，且噪声不积累

传输差错可控

便于用现代数字信号处理技术对数字信息进行处理、变换、存储。（便于将来自不同信源的信号综合到一起传输）

易于集成，使通信设备微型化，重量轻

易于加密处理，且保密性好

缺点：需要较大的传输带宽

对同步要求高

有效性：指传输一定信息量时所占用的信道资源（频带宽度和时间间隔），或者说是传输的“速度”问题

可靠性：指接收信息的准确程度，也就是传输的“质量”问题

信号的能量计算：

信号的平均功率计算：

窄带高斯白噪声的表达式与统计特性：

视线传播：频率>30MHz

距离：和天线高度有关，

多径效应：信号经过几条路径到达接收端，而且每条路径的长度（时延）和衰减都随时间而变，即存在多径传播现象。多径传播对信号的影响称为多径效应。

多径效应引起的快衰落和频率相关，故称其为频率选择性衰落，将(1/τ)Hz称为两条路径的相关带宽。若信号带宽大于相关带宽，则信号频谱中不同频率分量的幅度之间必然出现强烈的差异。

为使信号基本不受多径传播的影响，要求信号的带宽小于多径信道的相关带宽(1/τm)。（τm为多径中最大的相对时延差）

多径效应会使数字信号的码间串扰增大。为了减小码间串扰的影响，通常要降低码元传输速率，使信号带宽减小。（注：对于非归零矩形脉冲序列，有带宽）

连续信道容量：

式中Ct——信道的容量，S——信号平均功率，N——噪声功率，B——信道带宽

设噪声单边功率谱密度为n0，则N=n0B。

调制的目的：

提高无线通信时的天线辐射效率。

把多个基带信号分别搬移到不同的载频处，以实现信道的多路复用，提高信道利用率。

扩展信号带宽，提高系统抗干扰、抗衰落能力，还可实现 传输带宽与信噪比之间的互换。

在频谱结构上，幅度调制的频谱完全是基带信号频谱在频域内的简单搬移。由于这种搬移是线性的，因此，幅度调制通常又称为线性调制。

调幅AM时域表达式

调幅AM信号的频谱

如果AM信号不满足，则会出现“过调幅”现象，这时用包络检波将会发生失真。

AM信号的调制频率为。在100%调制（）条件下，调制效率的最大值也仅为1/3。

双边带调制时域表达式

频谱

滤波法产生SSB信号的难点在于难以制作具有陡峭截止特性的边带滤波器。

相移法产生单边带调制时域表达式

框图：

相移法的技术难点是对调制信号的所有频率分量都要精确相移π/2

残留边带VSB滤波器的特性：H(ω)在ωc处必须具有互补对称（奇对称）特性，相干解调时才能无失真地从残留边带信号中恢复所需的调制信号，即

DSB调制系统的抗噪声性能分析：，，，，。

SSB调制系统的抗噪声性能分析：，，，，。

当低于一定数值时，解调器的输出信噪比急剧恶化，这种现象称为解调器的门限效应。

门限值——出现门限效应时所对应的输入信噪比值称为门限值。

角度调制信号的一般表达式：

信号的瞬时相位

瞬时相位偏移

瞬时角频率

瞬时频偏

FM信号表达式：

FM单音调制表达式：

式中调频指数，表示最大的相位偏移

最大角频偏

最大频偏

调频波有效带宽：卡森公式

为了解决倍频器带来的载频和最大频偏同步提高与实际系统需求不匹配的矛盾，需要利用阿姆斯特朗法解决：

m(t)——NBFM（窄带调频）调制器（——）——（n1次倍频器）——相乘器（——）——BPF（带通滤波器）——（n2次倍频器）——

载频

最大频偏

根据调频信号的一般表达式，对其进行微分，然后提取包络，即可解调出原始信号。

鉴频器原理框图：

——BPF（带通）及限幅—【—微分电路——包络检波—】（鉴频器）—LPF（低通）——

FM信号的非相干解调和AM信号的非相干解调一样，都存在门限效应。

AM：优点是接收设备简单；缺点是功率利用率低，抗干扰能力差。

DSB调制：优点是功率利用率高，且带宽与AM相同，但设备较复杂。

SSB调制：优点是功率利用率和频带利用率都较高，抗干扰能力和抗选择性衰落能力均优于AM，而带宽只有AM的一半；缺点是发送和接收设备都复杂。

VSB调制：抗噪声性能和频带利用率与SSB相当。

FM： FM的抗干扰能力强，广泛应用于长距离高质量的通信系统中。缺点是频带利用率低，存在门限效应。

不论单极性还是双极性波形，NRZ基带信号的带宽都为，半占空RZ基带信号的带宽都为，占空比越小，占用频带越宽。而，因此基带信号带宽其实取决于码元速率，若要较小的信号带宽，则可适当降低码元速率。

基带传输码型选择原则：

不含直流，且低频分量尽量少；

应含有丰富的定时信息，以便于从接收码流中提取定时信号；

功率谱主瓣宽度窄，以节省传输频带；

不受信息源统计特性的影响，即能适应于信息源的变化；

具有内在的检错能力，即码型应具有一定规律性，以便利用这一规律性进行宏观检测。

编译码简单，以降低通信延时和成本。

AMI码：传号交替反转码

编码规则：将消息码的“1”(传号)交替地变换为“+1”和“-1”，而“0”(空号)保持不变。

HDB3码：3阶高密度双极性码

编码规则：遇到连续的4个0就改为B00V，其中V为+1和-1，相邻的V码极性交替，V码与前一个非0码相同，以此来决定B。

数字基带信号传输系统：

基带脉冲输入——信道信号形成器（发送滤波器）——信道（——噪声）——接收滤波器——（同步提取——）抽样判决器——基带脉冲输出

信道信号形成器：压缩输入信号频带，把传输码变换成适宜于信道传输的基带信号波形。

接收滤波器： 它用来接收信号，滤除信道噪声和其他干扰，对信道特性进行均衡，使输出的基带波形有利于抽样判决。

两种误码原因：码间串扰、信道加性噪声

码间串扰原因：系统传输总特性不理想，导致前后码元的波形畸变、展宽并使前面波形出现很长的拖尾，蔓延到当前码元的抽样时刻上，从而对当前码元的判决造成干扰。

无码间串扰的时域条件 若h(t)的抽样值除了在t = 0时不为零外，在其他所有抽样点上均为零，就不存在码间串扰。

频域条件（奈奎斯特第一准则）

=

一个实际的H()特性若能等效成一个理想（矩形）低通滤波器，则可实现无码间串扰。由理想低通特性还可以看出，对于带宽为的理想低通传输特性：若输入数据以 (n=1,2,3...)波特的速率进行传输，则在抽样时刻上不存在码间串扰。若以高于1/Ts波特的码元速率传送时，将存在码间串扰。

通常将此带宽B称为奈奎斯特带宽，将RB称为奈奎斯特速率。

此基带系统所能提供的最高频带利用率为

余弦滚降特性：滚降系数定义为为，系统带宽为。

发送等概且在最佳门限电平下，二进制双极性基带系统的误码率为erfc()，二进制单极性基带系统的误码率为erfc()。可见双极性基带系统的误码率比单极性的低，即意味着抗噪声性能更好。

2FSK调制：先反相，分别由不同的频率（f1,f2）振荡器加入选通开关，再相加

2FSK非相干解调：输入进两个带通滤波器，分别包络检波，同时输入抽样判决器，输出

2FSK相干解调：输入进两个带通滤波器，分别与频率相同的本地载波相乘，低通滤波，同时输入抽样判决器，输出

2PSK调制（模拟法）：输入s(t)，码元变换为双极性非归零差分码，与载波相乘，输出

2PSK调制（键控法）：本地载波进行180°移相，进入由输入s(t)操控的开关电路，输出

2PSK解调（只有相干）：输入，带通滤波，与本地载波相乘，低通滤波，抽样判决器（输入定时脉冲），输出

2DPSK调制：本地载波进行180°移相，进入由输入s(t)码的差分码操控的开关电路，输出

传号差分：，差分译码

2DPSK相干解调：输入，带通滤波，与本地载波相乘，低通滤波，抽判（输入定时脉冲），码反变换器，输出

2DPSK非相干解调：输入，带通滤波，延时Ts，与原信号相乘，低通滤波，抽判（输入定时脉冲），输出

误码率：相干解调 非相干解调

2ASK：

2FSK：

2PSK： 无非相干

2DPSK：

：解调器的输入信噪比，为一个码元信号的功率，为噪声功率

对同一解调方式，采用相干解调方式的误码率低于非相干解调方式。

在抗加性高斯白噪声方面，相干2PSK性能最好，2FSK次之，2ASK最差。

2DPSK相干解调的误码率约为2PSK的2倍。

频带宽度：2ASK,APSK,2DPSK均为2fs=2/Ts

2FSK为|f2-f1|+2fs

对信道特性变化的敏感性：

在2FSK系统中，判决器是根据上下两个支路解调输出样值的大小来作出判决，不需要人为地设置判决门限，因而对信道的变化不敏感。

在2PSK系统中，判决器的最佳判决门限为0，与接收机输入信号的幅度无关。因此，接收机总能保持工作在最佳判决门限状态。

对于2ASK系统，判决器的最佳判决门限与接收机输入信号的幅度有关，对信道特性变化敏感，性能最差。

多进制数字调制：优点是频带利用率提高，缺点是抗噪声能力减弱。

对于多进制PSK信号，不能简单地采用一个相干载波进行相干解调。例如，若用cos2πf0t作为相干载波时，因为cosθk = cos(2π-θk)，使解调存在模糊。这时需要用两个正交的相干载波解调。

正交相移键控(QPSK)调制方法：输入A(t)先串并变换，把四进制转变为两路二进制，再分别于相干载波、相干载波相移π/2的信号相乘，再相加。

格雷(Gray)码：好处在于相邻相位所代表的两个比特只有一位不同。由于因相位误差造成错判至相邻相位上的概率最大，故这样编码使之仅造成一个比特误码的概率最大。

正交振幅调制QAM：

16QAM信号产生方法：正交振幅法：用两路独立的正交4ASK信号叠加形成

最小频移键控（MSK）信号是一种包络恒定、相位连续、带宽最小并且严格正交的2FSK信号。

f0=fc-fs/4，f1=fc+fs/4

正交频分复用OFDM：一类多载波并行调制体制

OFDM特点：

为了提高频率利用率和增大传输速率，各路子载波的已调信号频谱有部分重叠

各路已调信号是严格正交的，以便接收端能完全地分离各路信号

每路子载波的调制是多进制调制

每路子载波的调制制度可以不同，根据各个子载波处信道特性的优劣不同采用不同的体制。并且可以自适应地改变调制体制以适应信道特性的变化

OFDM缺点：

对信号产生的频率偏移和相位噪声很敏感

信号峰值功率和平均功率的比值比较大，这将会降低射频功率放大器的效率

OFDM的相邻子载波间隔为：1/Ts

OFDM调制原理框图：二进制输入信号，分帧分组串并变换，编码映射，N点IDFT，并串变换，分两路数模转换D/A，与两路正交载波相乘，再相加，输出OFDM信号