时域，频谱。

自相关函数

功率谱密度，与自相关函数互为傅里叶变换，

均方值

输入频谱，输出频谱，功率谱密度的关系：

如果输入的是平稳白噪声，双边功率谱密度，则

# 带通系统的等效基带分析：

带通信号的等效基带信号：把频带信号移到基带上，去掉载波提取包络。

带通系统的等效低通特性：提取包络，除以二。

两个基带信号进行卷积，得到输出信号复包络，最终结果再叠加上载波。

# 调幅AM：

时域表达式：

频域表达式：

调制指数：

带宽：

功率：

输入信噪比：

输出信噪比：

制度增益：

系统增益：

# 抑制载波双边带调幅DSB-SC：

时域表达式：

频域表达式：

带宽：

功率：

输入信噪比：

输出信噪比：

制度增益：

系统增益：

# 单边带调幅SSB：

时域表达式：

频域：减/加对应上/下边带

带宽：

功率：

输入信噪比：

输出信噪比：

制度增益：

系统增益：

# 调相PM：

时域表达式：

相位：

最大相偏：，最大频偏：

调相指数：

系统增益：

# 调频FM：

时域表达式：

相位：

最大相偏：，最大频偏：

调频指数：

带宽：

系统增益：

波特率（符号速率）：(baud)

比特率（信息速率）：(bps)

传号差分码NRZ(M)：1变0不变

空号差分码NRZ(S)：0变1不变

传号交替反转码AMI：“1”交替变为“+10”和“-10”，“0”仍为“00”

传号反转码CMI：“1”交替变为“11”与“00”，“0”变为“01”

数字双相码/曼彻斯特码：“1”变为“10”，“0”变为“01”

HDB3码：出现4个连续的0，就将其改为“000V”或“B00V”

将1交替变为“+1”和“-1”，V也交替变为“+1”和“-1”

如果需要补充B，则将B与V改为相同。

例如：11110000变为+1,-1,+1,-1,0,0,0,-1

110100000000变为+1,-1,0,+1,0,0,0,+1,-1,0,0,-1

格雷码：镜像补0、1，相邻只有1位不同

带宽：功率谱第一零点带宽

NRZ、MPAM：

QPSK、16QAM、2ASK：

ASK信号表达式：

功率谱：

：均值，：方差

矩形波：

误比特率 双极性 单极性

低通滤波器

匹配滤波器

双极性比单极性好3dB，匹配滤波器比低通滤波器好3dB

奈奎斯特准则：时域上只在处非零，在别的的整数倍处均为0

频域上满足，即频谱具有互补特性

应用：。

带宽为W的基带信道最多传输波特率2W的信息，波特率的基带信息至少需要带宽的信道。

升余弦滚降滤波器：之间的过渡带用余弦曲线平滑过渡。归一化为。

为滚降因子，时为低通滤波器。

符合无码间串扰的波特率：，k为整数，。

基带带宽：，最大频带利用率。

数字均衡器：补偿信道不平坦问题，消除或降低码间串扰。迫零算法，均方误差算法，自适应均衡算法。

带限采样：频带，带宽

采样频率范围：，

最小采样频率：

# 二进制频移键控2ASK：

时域表达式：

带宽：

功率：

# 二进制相移检控2PSK：

时域表达式：

带宽：

功率：

# 二进制差分相移键控2DPSK：

先差分编码，再通过2PSK调制解调，最后差分解码或直接差分相干解调

功率、带宽与2PSK相同

# 二进制频移键控2FSK：

时域表达式：

与互补，即

解调方法：带通滤波，包络检波

带宽：，B为信号带宽

# 四相移键控QPSK：

时域表达式：，

比特对采用格雷码，即

A方式：取，即

B方式：取即

或（调制）

调制：串并变换、分别基带脉冲成型，乘以载波，加法器

解调：相干解调，分别乘以cos和sin正交载波，两路抽样判决，并串变换

带宽：

# 四差分相移键控DQPSK：

先差分编码，再QPSK，最后差分解码

# 正交幅度调制QAM：

时域表达式：

带宽：

MASK的误码率：，误比特率（格雷编码）

MQAM的误码率：（是元MASK的误码率）

误比特率

MPSK的误码率：

误比特率 相干解调 非相干解调

2ASK

2FSK

2PSK/QPSK -

2DPSK

信号比特能量

计算：，，

带宽 矩形NRZ带宽W 理论最小 频带 载波 离散谱 正交

带宽W 利用率 复用

2ASK 1 单 有 -

2PSK 1 单 - -

QPSK 2 单 - 是

2FSK 多 有 -

.

（矩形最小带宽：）

# 抽样定理：

低通：

带通：，

抽样：

冲激串：

频域分析：

# 量化：

均匀量化：量化范围，量化成n位二进制，量化间隔

量化误差：量化器输入和输出的差值，均匀量化时

量化信噪比：不考虑误码率时

，归一化有效值：

或，模拟信号功率：S

峰值信噪比：（，理论极限）

平均信噪比：（均匀分布）

考虑误码率，设误信率为

信噪比

量化为n位二进制，。

（基带信号带宽），（信道带宽）

n由确定

# A律13折线对数量化：

将一个模拟信号量化成8位数字信号

1.确定符号位：

2.归一化，将输入的模拟信号除以量化范围，再乘以2048，去除小数部分

3.将该数字用11位二进制表示出来

4.找到中第一个“1”的位置，确定段码

5.确定段内码：取第一个“1”后面的4个bit，若第一个“1”后边不足4个bit，则取最后4个bit。

时分复用：不同信源占用不同时隙，在同一信道中传输。

帧同步码：用匹配滤波器检测出帧头。

# 希尔伯特变换：

，

解析信号/预包络：，只保留正频率

复包络：，是基带信号，搬移成频带信号

# 最小频移键控MSK：连续相位FSK（CPFSK）

，两个载频正交。

时域表达式：，其中，传输1的波形比传输0的波形多周期的波形

每传输一个1，相位增加，每传输一个0，相位减少

带宽：

MSK的OQPSK调制过程：

1.并串变换，产生两路基带双极性NRZ信号，宽度为2T。

2.用成形（零点间隔2T），波峰波谷对齐基带NRZ信号。

3.两路正交调制，再合并。得到表示差分码的OQPSK。

时域波形：

# 信号星座图：用坐标表示信号

2ASK：(0,0)，(1,0)

2PSK：(-1,0)，(1,0)

4ASK：(-3,0)，(-1,0)，(1,0)，(3,0)

2FSK：(0,1)，(1,0)

QPSK：(0,1)，(1,0)，(0,-1)，(-1,0)

MASK：......，(-3,0)，(-1,0)，(1,0)，(3,0)，......

MPSK：，，

矩形QAM：矩形

# 连续相位频移键控CPFSK：

相位轨迹：折线，每个相差调制指数

最小频移键控MSK：包络恒定，频带集中，GSM采用了GMSK（高斯滤波MSK）

MSK的主瓣宽度：

正交频分复用OFDM：把信道划分为多个小区域，，，

，取2的整数幂，传输K路信号，相互正交。带宽。

每个小区域的的频带很窄，发送脉冲就很长，减弱了码间串扰ISI。

每个小区域的信道可以视为平坦，避免了频率选择性衰落。

OFDM信号产生：

其中是的复包络。

假设每间隔对进行一次采样，，记，。

又，代入得。可知是的K点DFT。

可通过IFFT进行快速傅里叶变换，避免分别进行正交调制的庞杂。

序列——串并变换——星座映射——K点IFFT得，实部虚部分别脉冲调制数模转换，实部用调制，虚部用，叠加得。

循环前缀：在每个码元前预留一段长于信道展宽的保护间隔，由本码元的尾部复制而成，可以保证正交性且消除ISI。

信道估计 、自适应：充分利用各个频段，多用好信道，少用差信道

OFDM的优点：

1.依靠正交性高效率地使用信道频带

2.采用宽码元与循环前缀巧妙地化解码间干扰问题

3.通过各子带的自适应调制以灵活应对各种不平坦与多变的信道条件

4.借助快速傅里叶变换技术高效地完成庞杂的并行处理

应用于DAB、DVB、有线ADSL、无线WiFi网络、WiMax、3G/4G与LTE无线通信网络系统等。

# 扩展频谱技术：

直接序列扩频，直扩：DSSS

将信号与一段伪随机双极性码相乘，接收时再次相乘进行还原。

跳频扩频，调频，跳扩：FHSS

使用许多载频进行FSK，让信号在很宽的范围内伪随机跳跃。

使用相关系数尽量小、尽量正交的不同扩频码，使多址干扰MAI足够小，实现码分复用或码分多址。

扩频的优点：屏蔽性，保密性，抗干扰。码分多址，多径分离，信号精确匹配。

用途：军用，数字蜂窝电话，无线蓝牙，无线数据通信，遥测，GPS、IS-95。

# 复用和多址技术

相同点：都是共享通信系统的技术。

不同点：

复用技术：用户集中在收发两个局部区域，通信需求固定或缓慢变化，通信资源可以预先静态分配。

多址技术：用户分布于多个地点，通信需求是暂时的，不易于预先固定，通信资源必须动态分配。

复用：FDM，TDM，CDM，多址：FDMA，TDMA，CDMA

频分复用FDM：在频域中划分出不重叠的子带，分别用于不同信号。

时分复用TDM：在时域中把时隙划分为多个子时隙，分别用于不同信号。

码分复用CDM：借助一组正交编码，分别作用于不同信号，使它们之间的码特性彼此正交。

跳频扩频：各信号的时隙与频带跳着使用，不会重合。

分集技术：通过多个信道得到同一信号，所有信号分量都衰落的可能性不大。接收端进行合并处理，降低多径衰落的影响，改善通信性能。

时间分集，频率分集，空间分集：在不同的时隙/载频/天线进行传输和接收。

Rake接收技术：由于多径效应，到达接收端的信号是多条信道的合成信号。如果这些多径信号之间的时延超过一个码片T，接收机可以分别进行解调，再加以合并，然后进行判决。组成：搜索器，解调器，合并器。

信息量：

熵：，是信源X所蕴含的不确定性的度量。

信道容量：信道传输信息的能力。(bps)

信源编码：将信源数据进行压缩编码，去除冗余，增加信源熵，目的是提高传输的有效性。举例：哈夫曼编码，算术编码。

信道编码：在数据中加入冗余，便于差错检测，降低误码率，提高传输的可靠性。举例：海明编码，卷积码。

差错控制方法：

前向纠错FEC：在发送端加入冗余码，接收端进行解码，根据接收到的码流确定误码的位置，并进行纠错。

自动重传请求ARQ：接收端请求发送端重新发送数据报文，以恢复错误的报文。

信息重传请求IRQ