

第3章 模拟通信系统

3.1 引言

3.2 模拟基带传输系统

3.3 模拟频带传输系统

3.4 幅度调制系统

3.5 角度调制系统

3.6 调频系统性能改进

3.1 引言

模拟通信系统可分为模拟基带传输、模拟频带传输以及模拟信号的数字化传输三种系统。模拟信号的数字化传输将在以后的章节中给出，本章将简单介绍模拟基带传输系统，详细介绍模拟频带传输系统。

3.2 模拟基带传输系统

3.2.1 系统框图

3.2.2 失真与改善

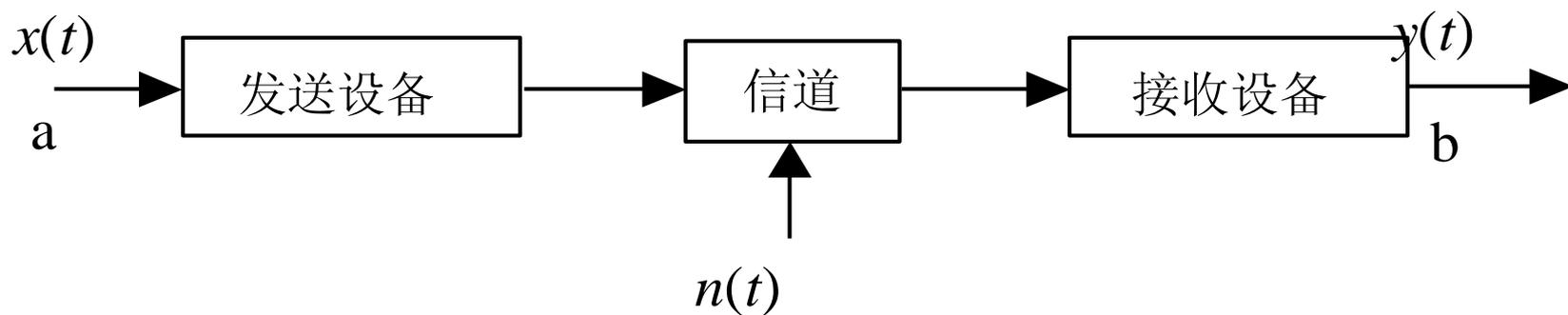
3.2.3 噪声及信噪比

3.2.1 系统框图

模拟基带信号传输系统框图如 [图3.1](#)所示。

- (1) $x(t)$ 是模拟基带信号。
- (2) 发送设备和接收设备一般为对基带信号放大和滤波的部件，可能是音频功率放大器和低通滤波器
- (3) 信道一般是有线信道。
- (4) $y(t)$ 是输出信号。

图3.1 模拟基带通信系统框图

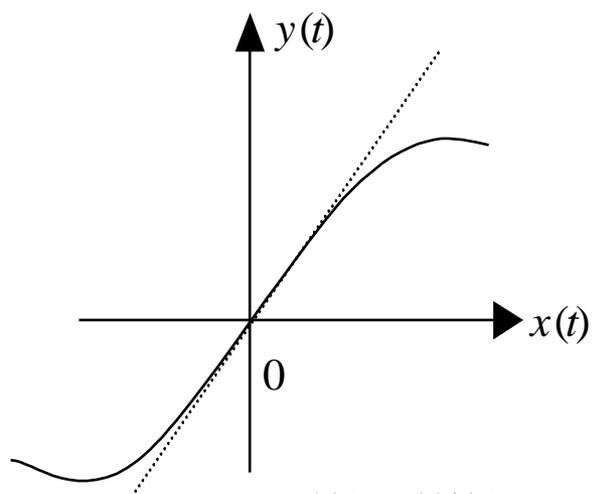


3.2.2 失真与改善

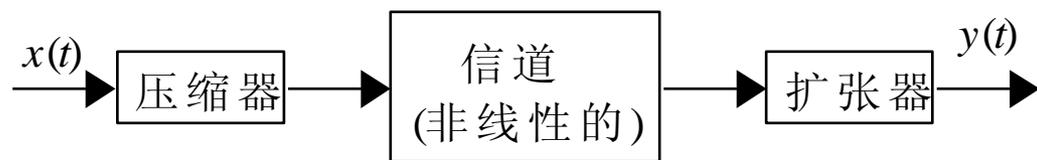
1. 线性失真及均衡
2. 非线性失真和压扩

图3.2 非线性传输特性及有压缩器的基带传输系统

图3.2 非线性传输特性及有压缩器的基带传输系统



(a) 非线性传输特性



(b) 有压缩器的基带传输系统

3.2.3 噪声及信噪比

噪声叠加在信号上，会使信号波形发生畸变。衡量噪声对信号的影响，即衡量模拟信号质量的指标，是输出信号功率与噪声功率的比值，简称输出信噪比，符号为 S_o/N_o 。

对于语音信号的传输， S_o/N_o 的比值为10dB时，仅可理解，到30dB时达到一般电话质量的要求，而对于高保真的电话，需要高达60dB的输出信噪比。

3.3 模拟频带传输系统

3.3.1 调制的功用

3.3.2 调制的分类

3.3.3 调制系统中讨论的主要问题与参数

3.3.1 调制的功用

1. 频带变换
2. 实现信道复用
3. 提高抗干扰性能

3.3.2 调制的分类

1. 根据 $x(t)$ 的不同分类
2. 根据 $c(t)$ 的不同分类
3. 根据调制器功能不同分类
4. 根据调制器频谱搬移特性的不同分类

3.3.3 调制系统中讨论的主要问题与参数

1. 主要问题

- 工作原理：调制的物理过程 $x_c(t)$ 与 $c(t)$ 和 $x(t)$ 时域、频域表示式及图形关系。
- $x_c(t)$ 的带宽。
- 功率关系。
- 噪声对调制系统性能影响。

2. 主要参数

- 发送功率。
- 系统传输带宽。
- 系统抗噪声性能。
- 设备复杂性。

3.4 幅度调制系统

3.4.1 标准幅度调制(AM)

3.4.2 双边带调制(DSB)

3.4.3 单边带调制(SSB)

3.4.4 残留边带调制 (VSB)

3.4.5 各种幅度调制系统的比较

3.4.1 标准幅度调制(AM)

1. AM的时间表示式及信号波形

图3.4 AM信号时间波形

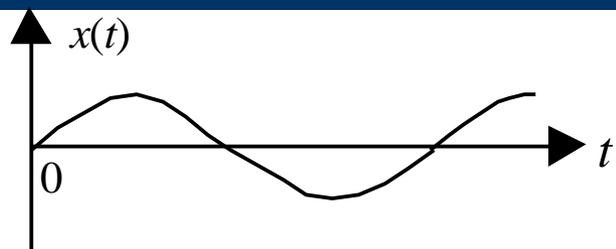
2. AM的频域表示式及频谱特点

3. AM信号的功率分配及效率

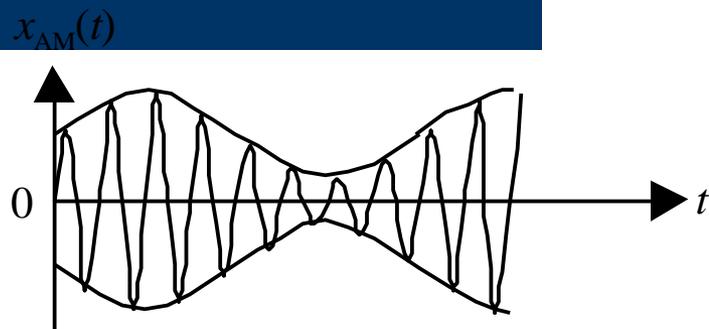
4. AM调制解调

5. AM系统的抗噪声性能

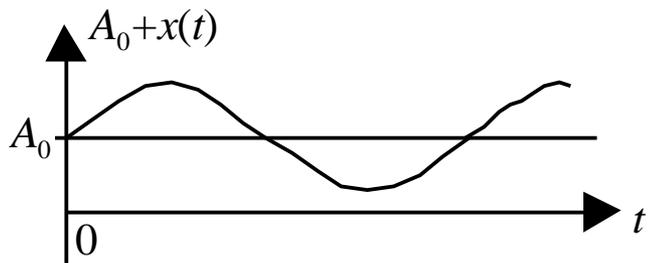
图3.4 AM信号时间波形



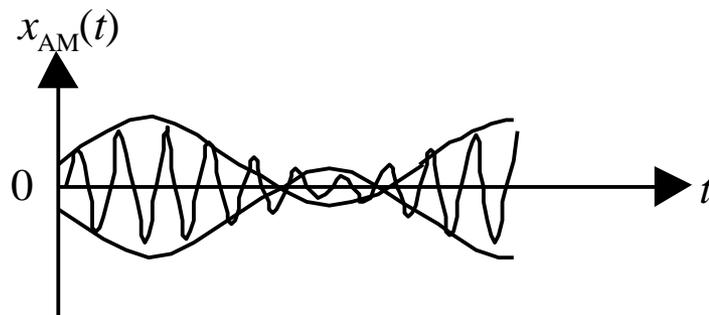
(a) 调制信号波形



(c) $A_0 + x(t) \geq 0$, 即正常调制



(b) 加入直流分量



(d) $A_0 + x(t) < 0$, 发生过调制

3.4.2 双边带调制(DSB)

1. DSB的时间表示式及信号波形

图3.8 DSB信号时间波形图

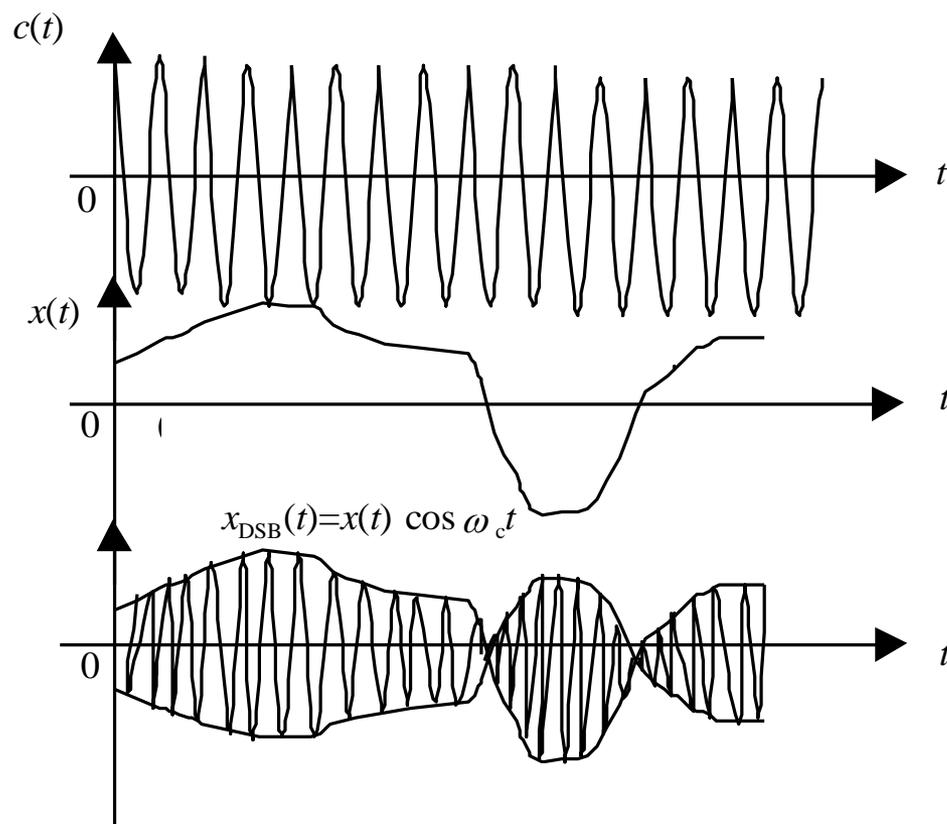
2. DSB信号频域表示式及特点

3. DSB信号的功率分配及效率

4. DSB调制解调方框图

5. DSB系统的抗噪声性能

图3.8 DSB信号时间波形图



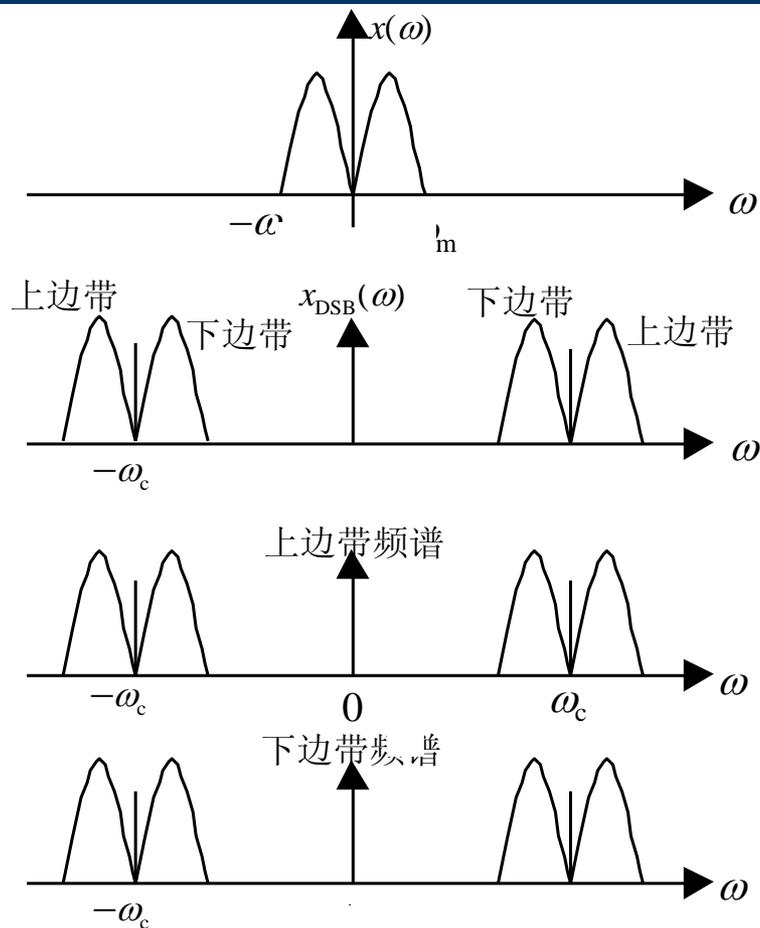
3.4.3 单边带调制(SSB)

1. 单边带信号及单边带调制系统
2. 单边带信号的频域表示及特点

图3.12 SSB信号频谱图

3. 单边带调制解调框图
4. 单边带信号的抗噪声性能

图3.12 SSB信号频谱图



3.4.4 残留边带调制 (VSB)

1. 什么是残留边带调制

图3.18 残留边带信号频谱

2. 残留边带调制系统及残留边带滤波器

3. VSB信号的带宽及抗噪声性能

4. 图像信号的残留边带调制

图3.18 残留边带信号频谱

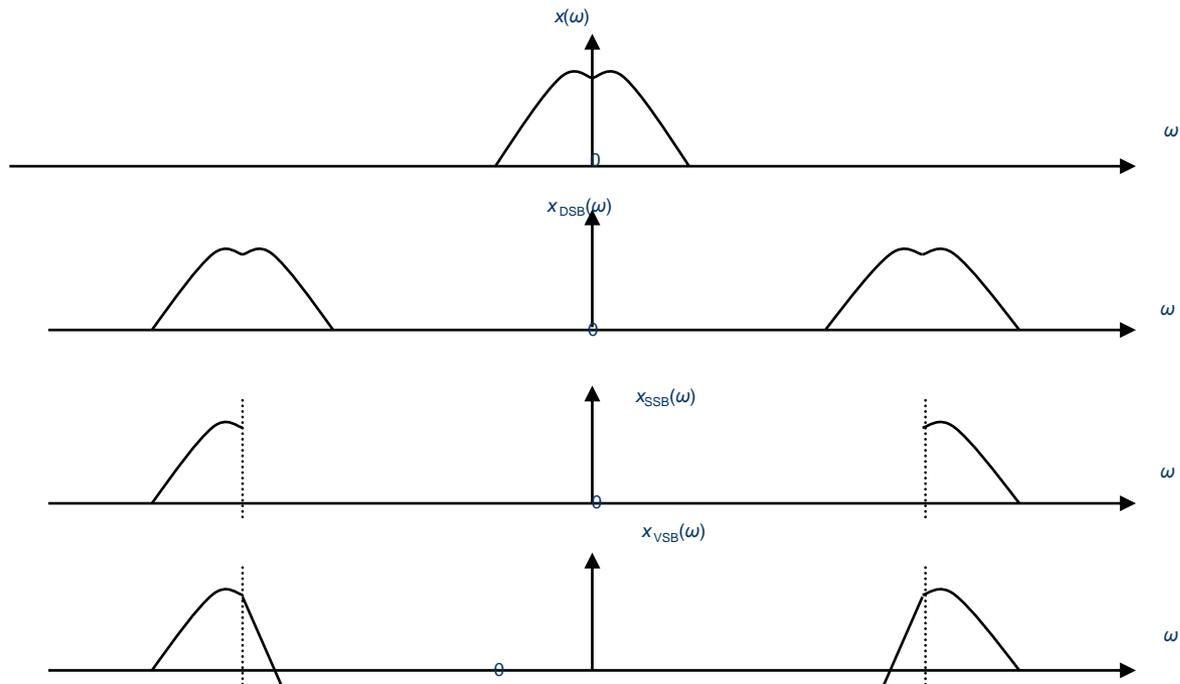


图3.18 残留边带信号频谱

3.4.5 各种幅度调制系统的比较

以上所讲各种幅度调制信号都属于线性调制，调制器的非线性及信道噪声都会使信号波形发生畸变，其系统特性比较见 表3.1。

表3.1 各种幅度调制系统比较

调制方式 特点	AM	DSB	SSB	VSB
表达式	$[A_0+x(t)]\cos \omega_c t$ $A_0 \geq x(t) _{\max}$	$x(t)\cos \omega_c t$	$x(t)\cos \omega_c t \pm x(t)\sin \omega_c t$	
带宽	$2f_m$	$2f_m$	f_m	$f_m \sim 2f_m$
调制效率	$\frac{x^2(t)/[A_0 + x^2(t)]}{x^2(t)/2f_m n_0}$	$\frac{1}{x^2(t)/2f_m n_0}$	$\frac{1}{x^2(t)/f_m n_0}$	$\frac{1}{\approx (S_o / N_o)_{SSB}}$
输出信噪比	$x^2(t)/2f_m n_0$	$x^2(t)/2f_m n_0$	$x^2(t)/f_m n_0$	$\approx (S_o / N_o)_{SSB}$
调制制度增益	$G_{\max}=2/3$	2	1	
调制方式			滤波法、相移法、混合法	滤波法、相移法
解调方式	相干解调、非相干解调	相干解调	相干解调、插入大载波非相干	同SSB
适用范围	民用无线电广播	点对点通信	军用民用长途	电视机数据传输

3.5 角度调制系统

3.5.1 角度调制的一般概念

3.5.2 窄带调频(NBFM)

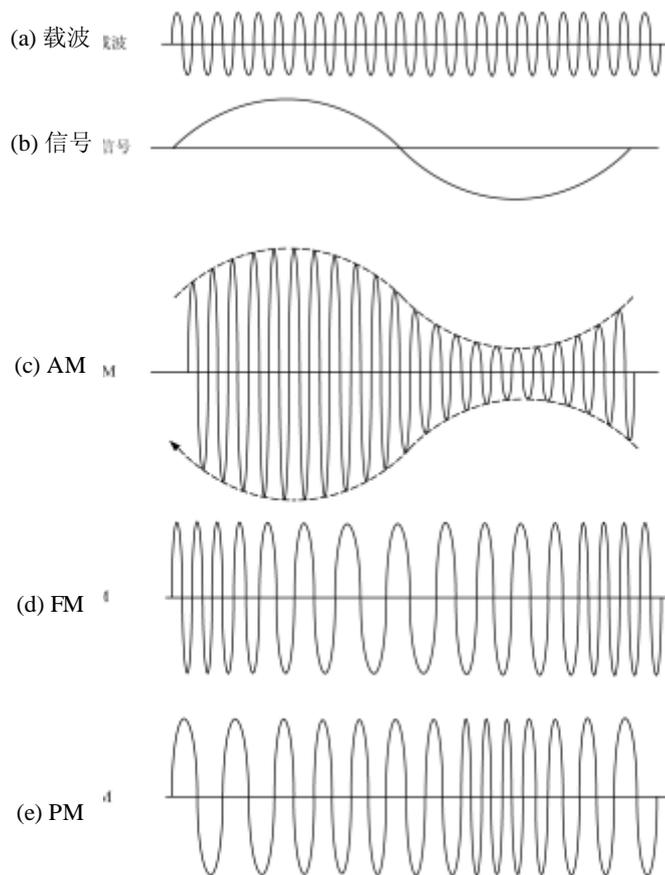
3.5.3 宽带调频(WBFM)

3.5.1 角度调制的一般概念

1. 调相、调频的一般表示式
2. 单音频调制的调相波和调频波表示式
3. AM、FM、PM在调制信号为单音频时波形比较

图3.22 单音频信号产生的AM、FM、PM波形

图3.22 单音频信号产生的AM、FM、PM波形

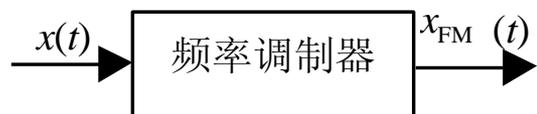


3.5.2 窄带调频(NBFM)

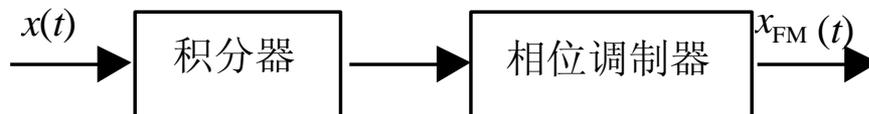
1. NBFM信号的域表示式
2. NBFM信号的频域表示式
3. 结论

图3.23 FM与PM之间的关系

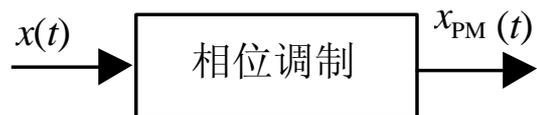
图3.23 FM与PM之间的关系



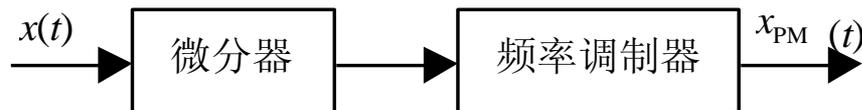
(a)直接调频



(b)间接调频



(c)直接调相



(d)间接调相

图 3.23 FM 与 PM 之间的关系

3.5.3 宽带调频(WBFM)

1. 调频信号带宽、功率
2. 调频信号的产生和解调
3. 调频系统的抗噪声性能

3.6 调频系统性能改进

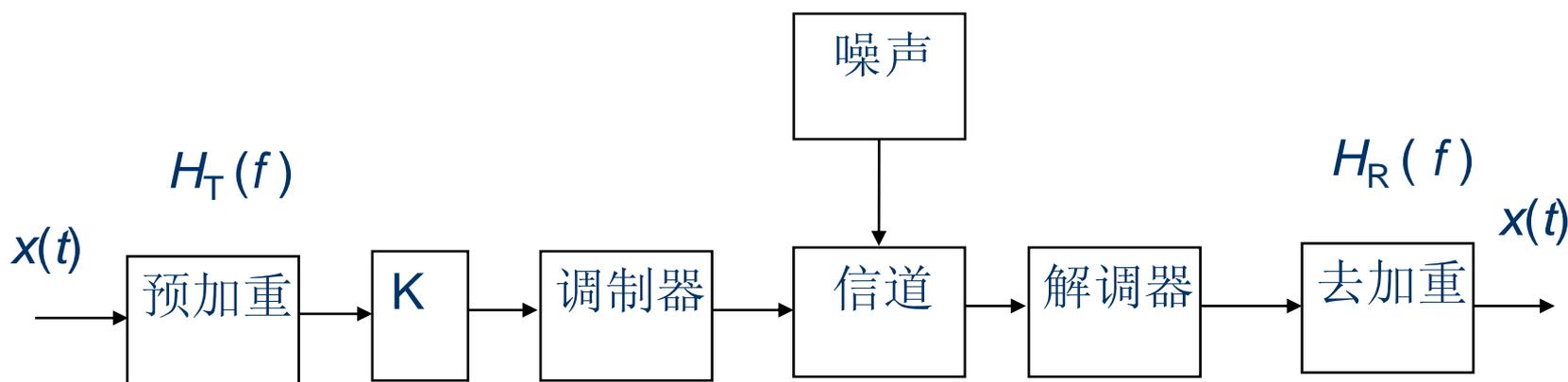
3.6.1 调频系统的加重技术

3.6.2 调频门限效应改善

3.6.1 调频系统的加重技术

改进系统性能可从减少输出噪声功率 N_o ，而又不使信号失真的角度加以考虑。这就是调频系统的预加重/去加重技术。在有预加重/去加重的通信系统中，发信机输入端接预加重滤波器(f)，接收机输出端接去加重滤波器(f)，如图3.32所示。

图3.32 有预加重和去加重滤波器的通信系统



3.6.2 调频门限效应改善

1. 反馈解调器

图3.34 调频负反馈解调器

2. 锁相环

图3.34 调频负反馈解调器

