

# 第3讲 系统

郝莉

Email: [lhao@home.swjtu.edu.cn](mailto:lhao@home.swjtu.edu.cn)

2023 秋

# 目录

---

3.1 乘法运算

3.2 卷积运算

3.3 两个重要模块：乘法器与滤波器

(1) 卷积定理

(2) 确定信号通过乘法器

(3) 确定信号通过滤波器

3.2 线性调制解调原理

# 3.1 乘法运算

## 乘法运算

$$y(x) = g_1(x)g_2(x)$$

## 对于冲激函数

$$y(x) = g(x)\delta(x) = g(0)\delta(x)$$

$$y(x) = g(x)\delta(x - x_0) = g(x_0)\delta(x - x_0)$$

### ✿ 时域

$$y(t) = g(t)\delta(t - t_0) = g(t_0)\delta(t - t_0)$$

### ✿ 频域

$$Y(f) = G(f)\delta(f - f_0) = G(f_0)\delta(f - f_0)$$

## 3.2 卷积运算

### 卷积运算

$$y(x) = g_1(x) * g_2(x) \triangleq \int_{-\infty}^{\infty} g_1(\lambda) g_2(x - \lambda) d\lambda$$

### 对于冲激函数

$$y(x) = g(x) * \delta(x) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) \delta(x - \lambda) d\lambda = g(x)$$

$$y(x) = g(x) * \delta(x - x_0) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\lambda) \delta(x - x_0 - \lambda) d\lambda = g(x - x_0)$$

$$y(t) = g(t) * \delta(t - t_0) = g(t - t_0)$$

$$Y(f) = G(f) * \delta(f - f_0) = G(f - f_0)$$

## 3.3 两个重要模块：乘法器与滤波器

### (1) 卷积定理

若：  $g_1(t) \leftrightarrow G_1(f)$      $g_2(t) \leftrightarrow G_2(f)$

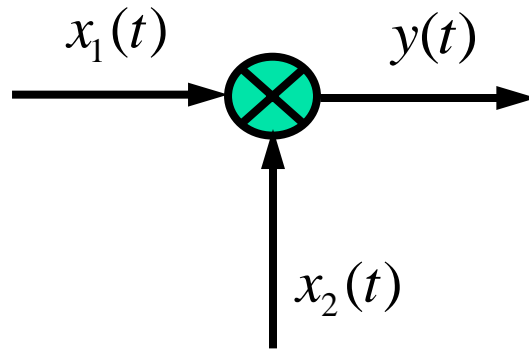
📌 时域卷积定理

$$g_1(t) * g_2(t) \leftrightarrow G_1(f)G_2(f)$$

📌 频域卷积定理

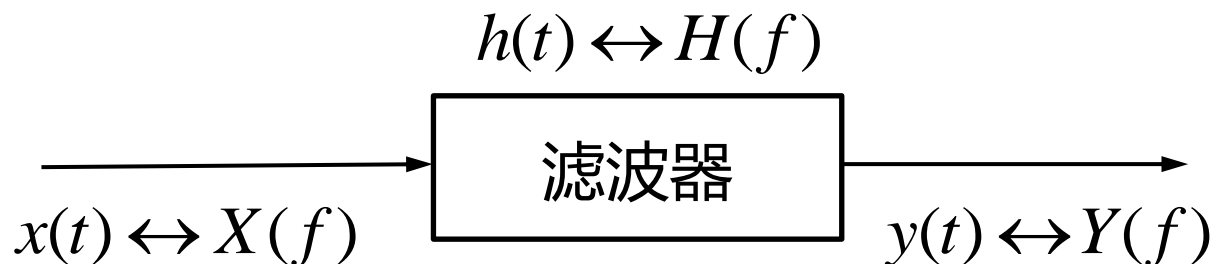
$$g_1(t)g_2(t) \leftrightarrow G_1(f) * G_2(f)$$

## (2) 确定信号通过乘法器



$$y(t) = x_1(t)x_2(t) \leftrightarrow Y(f) = X_1(f) * X_2(f)$$

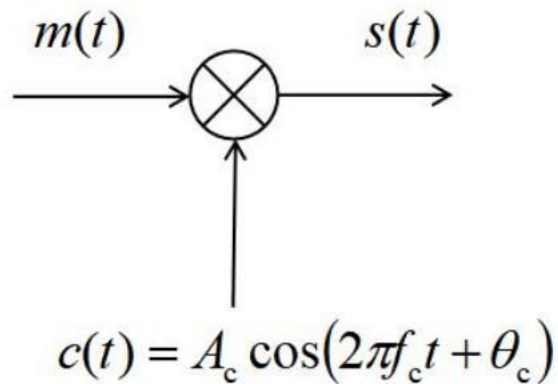
### (3) 确定信号通过滤波器



$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

$$Y(f) = X(f)H(f)$$

## 3.4 线性调制解调原理



(b)线性调制器模型图

图 3-10 乘法器与线性调制器模型图

$$s(t) = m(t)c(t) = A_c m(t) \cos(2\pi f_c t + \theta_c)$$

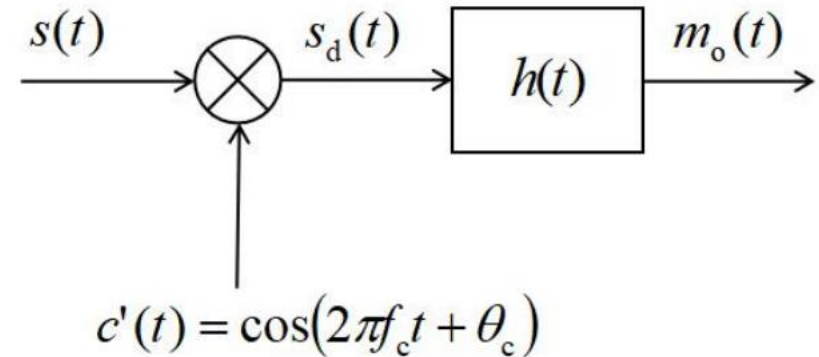


图 3-12 相干解调器模型图

$$\begin{aligned} s_d(t) &= s(t)\hat{c}(t) \\ &= A_c m(t) \cos^2(2\pi f_c t + \theta_c) \\ &= \frac{A_c}{2} m(t) + \frac{A_c}{2} m(t) \cos(4\pi f_c t + 2\theta_c) \end{aligned}$$



# 例：单音调制与相干解调器

DSB-SC调制解调器模型如图1所示。若 $m(t) = \cos(2\pi f_m t)$ ,  $f_m = 10\text{Hz}$ ,  
 $c(t) = \cos(2\pi f_c t)$ ,  $f_c = 100\text{Hz}$ 。

- (1) 写出 $s(t)$ 的波形以及频谱表达式 $S(f)$ , 分别画出 $s(t)$ 、 $S(f)$ 的示意图。
- (2) 写出 $s_d(t)$ 的波形以及频谱表达式 $S_d(f)$ , 分别画出 $s_d(t)$ 、 $S_d(f)$ 的示意图。
- (3) 若解调器中 $h(t)$ 为低通解调器, 其作用是使得 $m_o(t) = m(t)$ , 请设计理想低通滤波器 $h(t)$ , 写出 $h(t)$ 、 $H(f)$ 、 $m_o(t)$ 、 $M_o(f)$ 的表达式并画出示意图。(这里可以不用考虑幅度的改变)
- (4) 用Matlab或者Python实现(3)中低通滤波器 $h(t)$ 的设计, 给出滤波器的设计参数以及冲激响应和幅频特性。
- (5) 用Matlab仿真实现图中的调制器与解调器, 观察并记录 $m(t)$ 、 $|M(f)|$ 、 $s(t)$ 、 $|S(f)|$ 、 $s_d(t)$ 、 $|S_d(f)|$ 、 $m_o(t)$ 、 $|M_o(f)|$ 的图形。

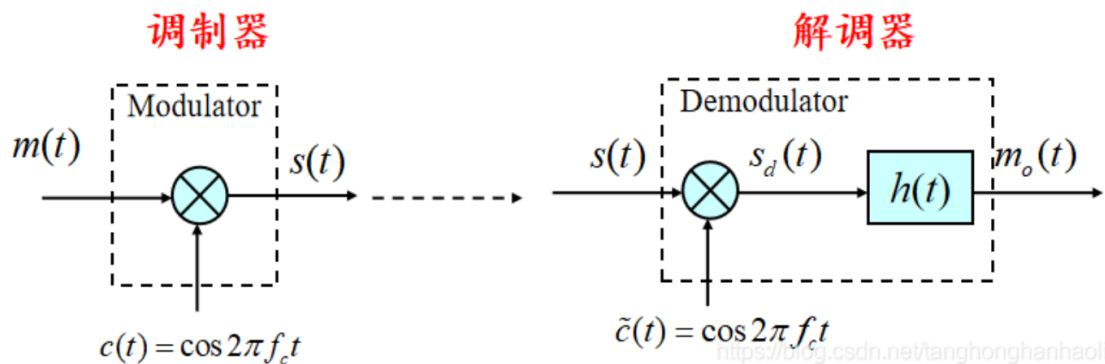


图1 DSB-SC调制解调器模型