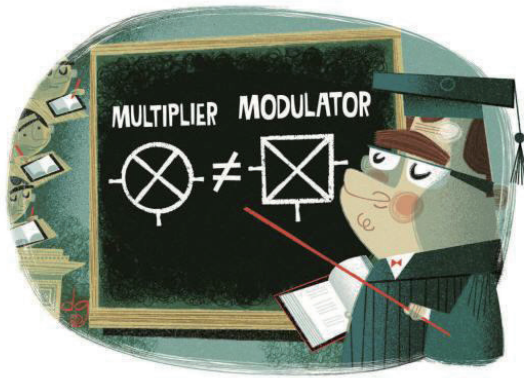


乘法器和调制器

问：为什么我不能将乘法器用作调制器或混频器？它们不是一回事吗？



答：并非如此，了解它们之间的区别十分重要。

乘法器有两个模拟输入，输出与两个输入幅度的乘积成比例¹。

$$V_{OUT} = K \times V_{IN1} \times V_{IN2}$$

其中，K是维数为1/V的常数。理论上，一个信号可以输入任一输入端，输出不受影响。

调制器（或混频器）也有两个输入，但信号输入是线性的，而载波输入包含一个限幅放大器，或利用受它限制的足够大信号驱动。无论何种情况，载波信号都会变成一个方波，因此其幅度相对不重要——只要足够大，而且其噪声或幅度变化不会出现在输出端。公式变成：

$$V_{OUT} = K \times V_{SIGNAL} \times \text{sgn}(V_{CARRIER})$$

乘法器用于模拟计算。一个例子是计算电路中的功率。与瞬时电压和电流成比例的信号施加于乘法器的输入端，其输出与瞬时功率成比例。

像调制器一样，乘法器将信号输入的幅度编码到载波输入的信号，但与调制器不同，载波信号幅度的变化也会出现在其输出端。在采用调制器的通信应用中，不希望看到这一变化。假设将两个正弦²波输入一个乘法器，则其简化³公式为：

$$V_{OUT}(t) = K/2 \times V_{SIGNAL} \times V_{CARRIER} [\cos(\omega_{SIGNAL} + \omega_{CARRIER})t + \cos(\omega_{SIGNAL} - \omega_{CARRIER})t]$$

调制器的简单描述常常使用上述公式，但载波信号削波为方波意味着它包含奇数谐波。方波的简化公式为奇数谐波傅里叶级数：

$$V(t) = K[\cos(\omega t) - 1/3\cos(3\omega t) + 1/5\cos(5\omega t) - 1/7\cos(7\omega t) + \dots]$$

这些奇数谐波也会通过载波调制，因此调制器输出不仅包含期望的基波产物，而且包含奇数谐波的产物：

$$V(t) = K[\cos(\omega_{\text{SIGNAL}} + \omega_{\text{CARRIER}})t + \cos(\omega_{\text{SIGNAL}} - \omega_{\text{CARRIER}})t \\ - 1/3\{\cos(\omega_{\text{SIGNAL}} + 3\omega_{\text{CARRIER}})t + \cos(\omega_{\text{SIGNAL}} - 3\omega_{\text{CARRIER}})t\} \\ + 1/5\{\cos(\omega_{\text{SIGNAL}} + 5\omega_{\text{CARRIER}})t + \cos(\omega_{\text{SIGNAL}} - 5\omega_{\text{CARRIER}})t\} \\ - 1/7\{\cos(\omega_{\text{SIGNAL}} + 7\omega_{\text{CARRIER}})t + \cos(\omega_{\text{SIGNAL}} - 7\omega_{\text{CARRIER}})t\} + \dots]$$

许多应用中，这些谐波产物会被滤除和忽略，但正确的调制器功能描述必须将其包括在内。有时候它们有作用，有时候则与基波产物重叠，导致意想不到的结果。

因此，选择乘法器、调制器或混频器之前，应当考虑清楚您的目的是什么，哪一种器件产生的误差最小。

参考文献：

模拟对话：

Barrie Gilbert，[考虑倍频器](#)（第1部分），《模拟对话》第42卷第4期，2008年；

David Brandon，[利用多通道DDS实现相位相干FSK调制](#)，《模拟对话》，第44卷第4期，2010年

产品

[混频器](#)

[模拟乘法器和除法器](#)

[I/Q调制器和解调器](#)

指南

[MT-079：模拟乘法器](#)

[MT-080：混频器和调制器](#)

¹ 输入和输出可以是电压或电流，具体取决于器件。本例使用电压。

² 为简明起见，输入和输出幅度被归一化。

³ 公式使用更容易处理的余弦函数。最终结果相同。

