



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

# 在线开放课程

测试信号的调理与记录

调制与解调

主讲：牛江川

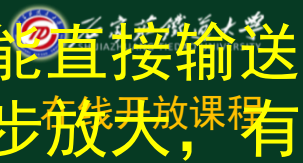
## 调制与解调

# 信号调理的目的

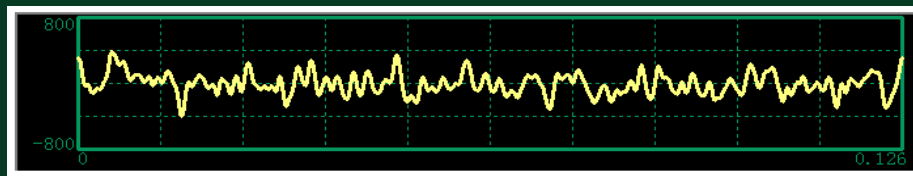
便于信号的传输与处理。



1. 传感器输出的电信号很微弱，大多数不能直接输送到显示、记录或分析仪器中去，需要进一步放大，有的还要进行阻抗变换。



2. 有些传感器输出的是电信号中混杂有干扰噪声，需要去掉噪声，提高信噪比。

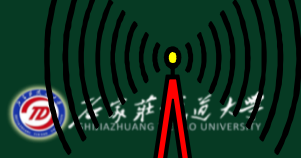


3. 某些场合，为便于信号的远距离传输，需要对传感器测量信号进行调制解调处理。

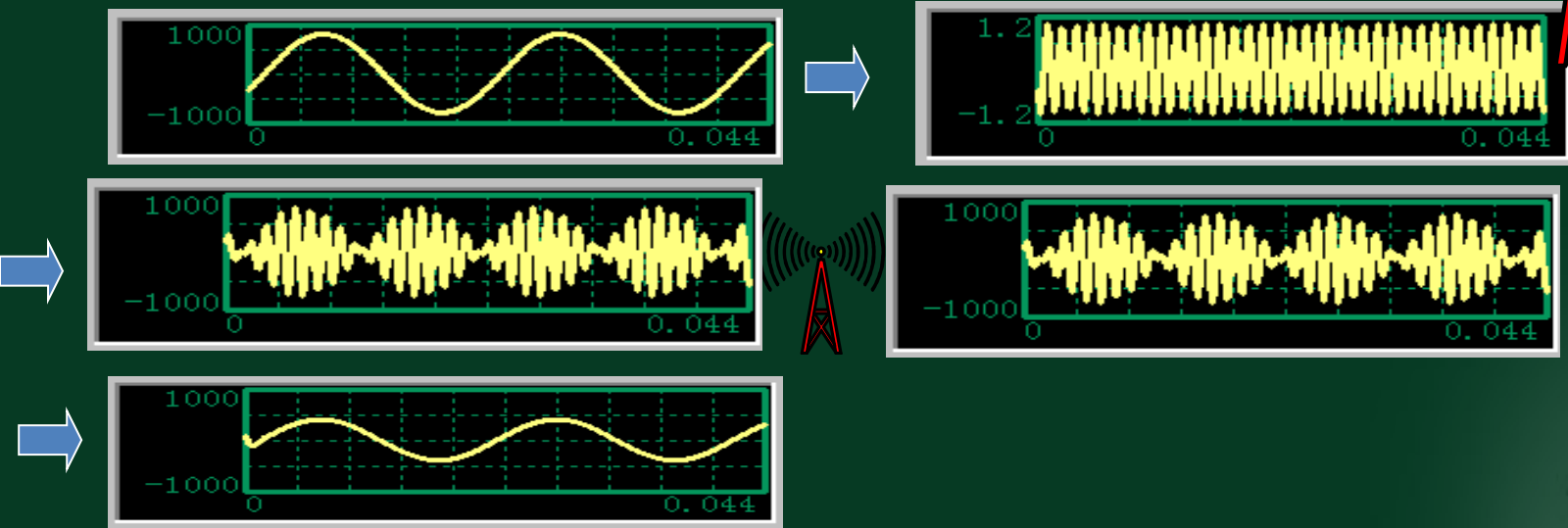


# 调制与解调

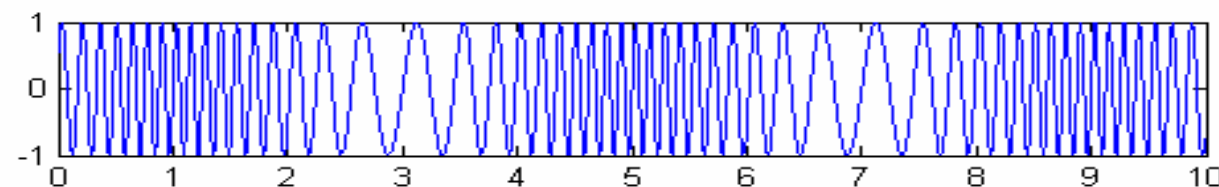
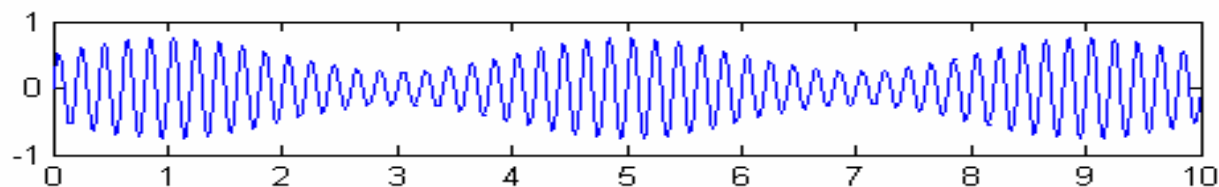
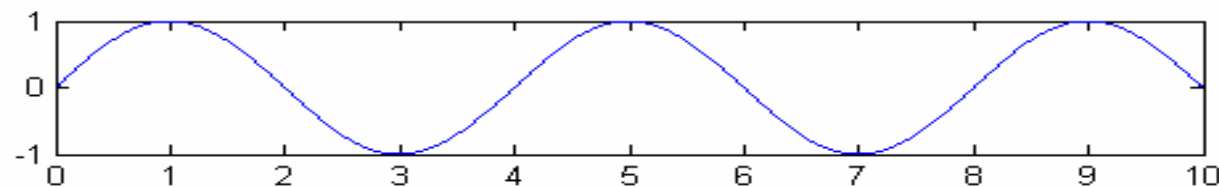
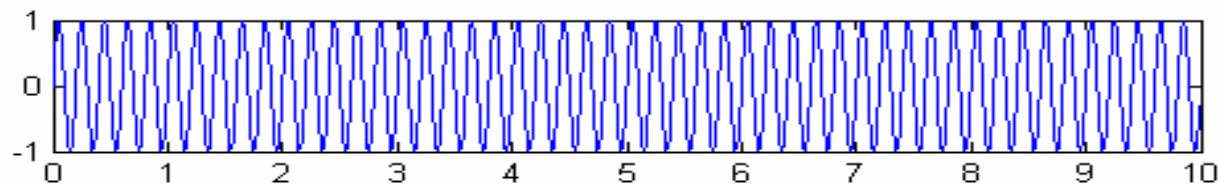
解决微弱缓变信号的放大以及信号的传输问题。



在线开放课程



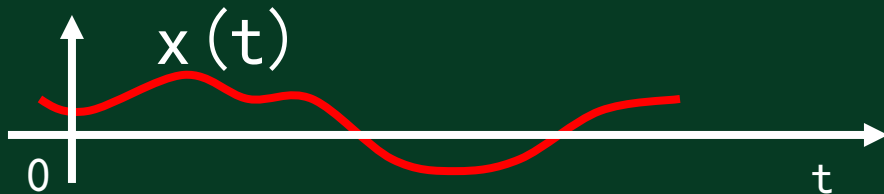
先将微弱的缓变信号加载到高频交流信号中去，然后利用交流放大器进行放大，最后再从放大器的输出信号中取出放大的缓变信号。



载波、调制信号及调幅、调频波形

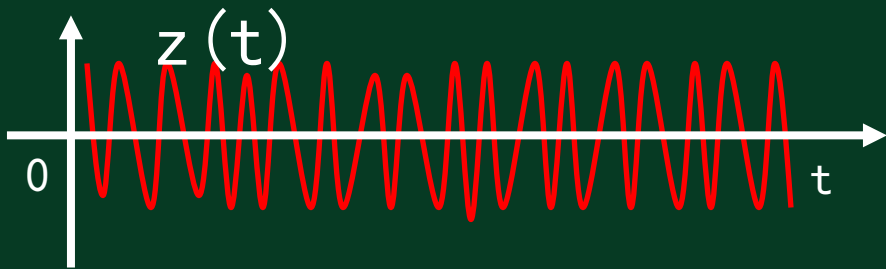
a) 载波信号 b) 调制信号 c) 调幅波形 d) 调频波形

调制信号



载波信号

$$z(t) = A \cos(2\pi f t + \phi)$$



# 调制的种类 (信号的三要素)

## a) 幅度调制 (AM)

$$y(t) = [A * x(t)] \cos(2\pi f t + \phi)$$

## b) 频率调制 (FM)

$$y(t) = A \cos(2\pi [f_0 + x(t)] * t + \phi)$$

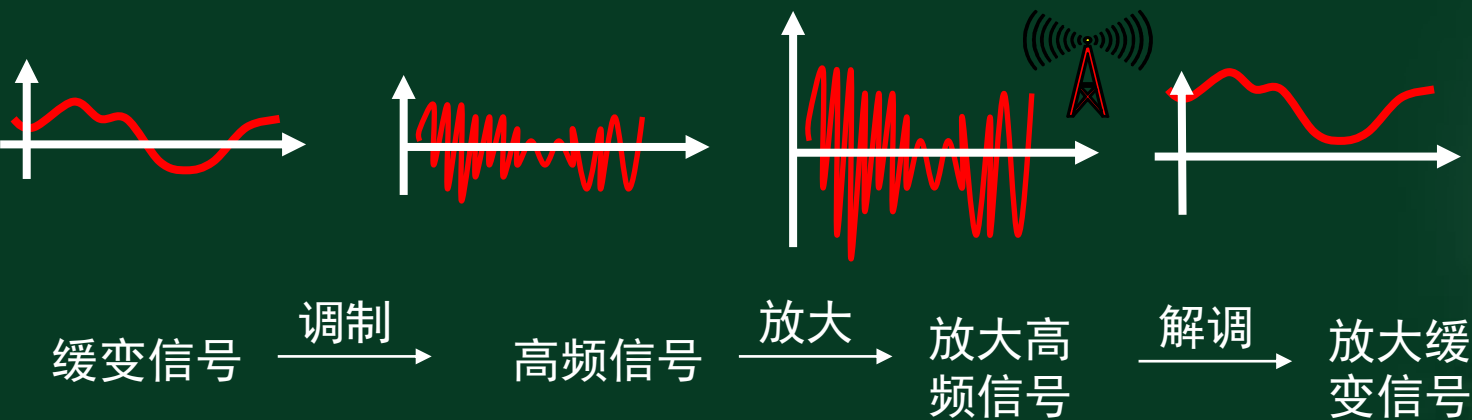
## c) 相位调制 (PM)

$$y(t) = A \cos(2\pi f t + [\phi_0 + x(t)])$$

# 幅值调制

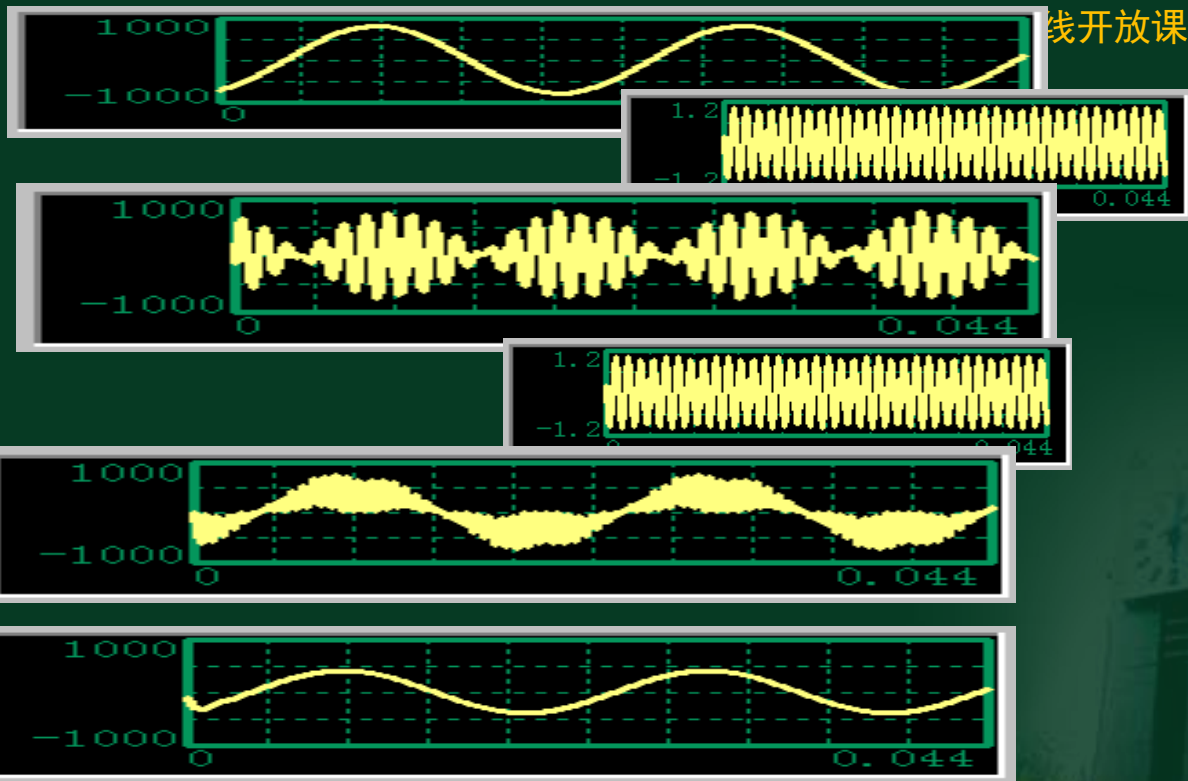
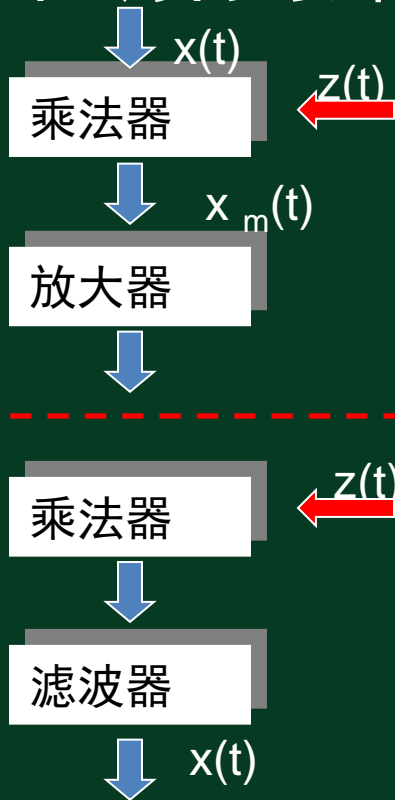
调幅是将一个高频简谐信号（或称载波）与测试信号相乘，使载波信号幅值随测试信号的变化而变化。

$$y(t) = [A_0 * x(t)] \cos(2\pi f t + \phi)$$

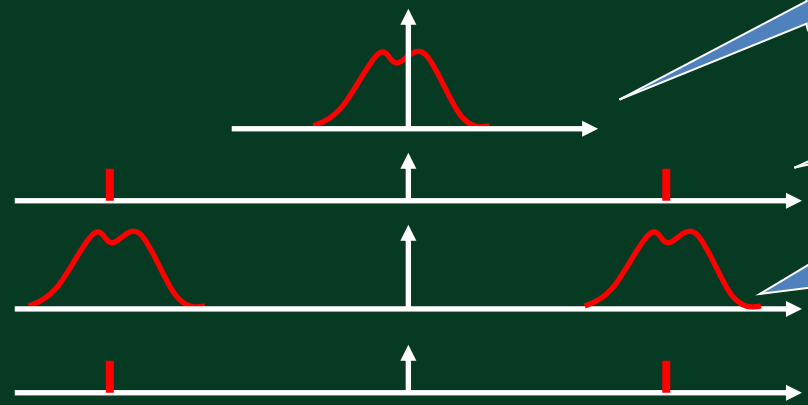
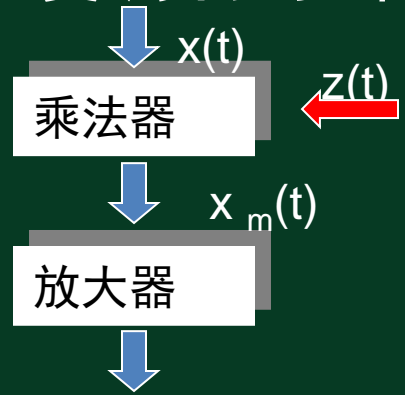




# 幅值调制与解调过程（波形分析）



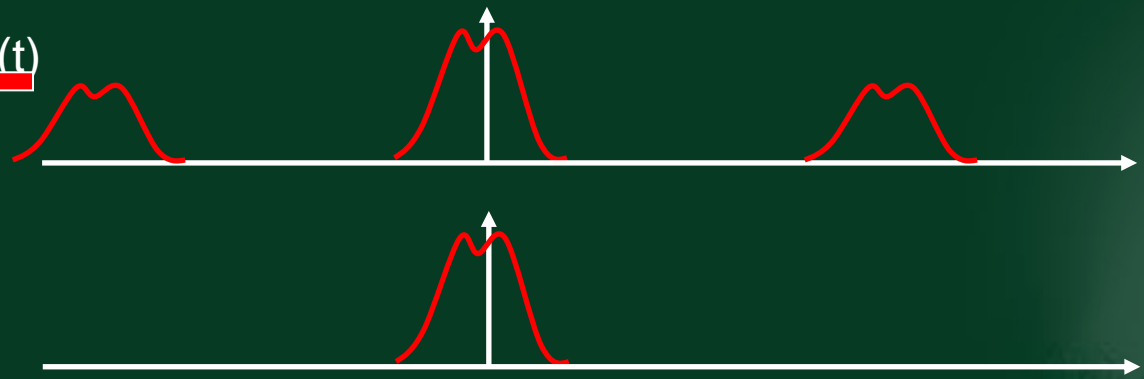
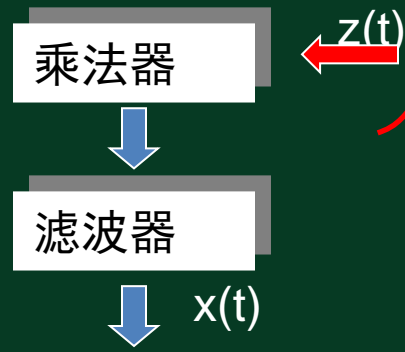
# 幅度调制与解调过程 (频谱分析)



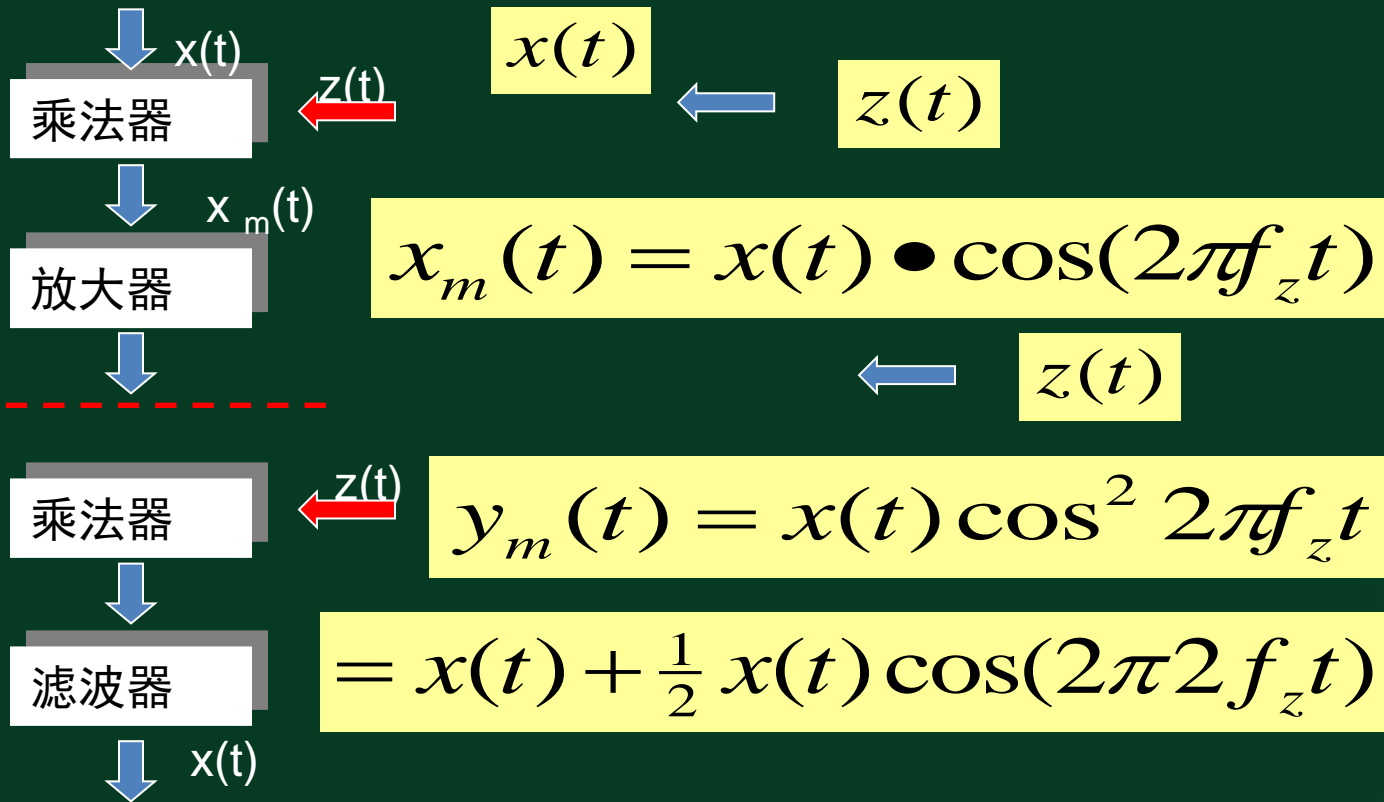
调制波

载波

调幅波与载波时域乘积, 频域卷积

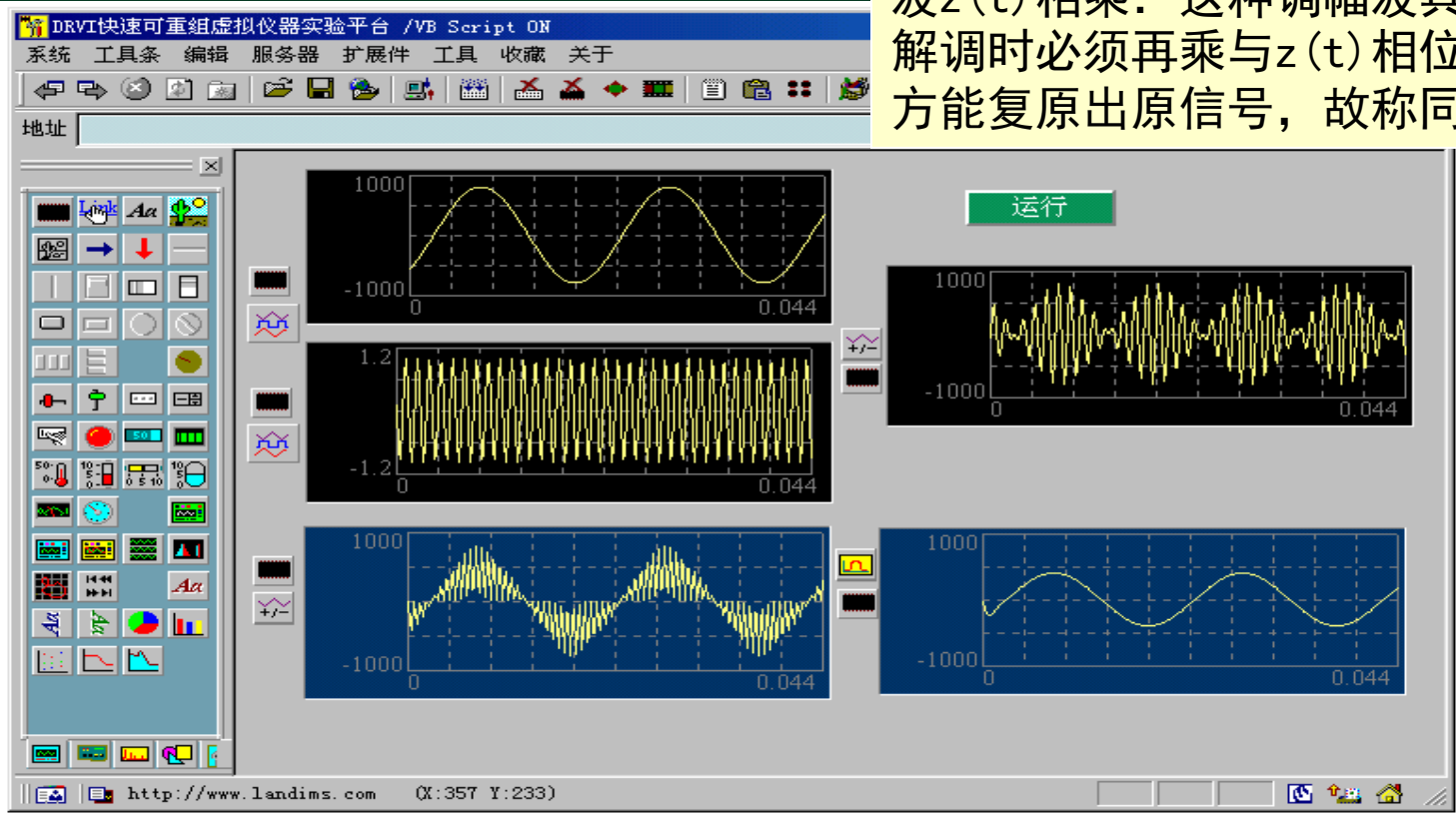


# 幅度调制与解调过程（数学分析）



# 实验：同步调制与解调实验

上述调制方法，将信号 $x(t)$ 直接与载波 $z(t)$ 相乘。这种调幅波具有极性变化，解调时必须再乘与 $z(t)$ 相位相同的 $z'(t)$ 方能复原出原信号，故称同步解调。



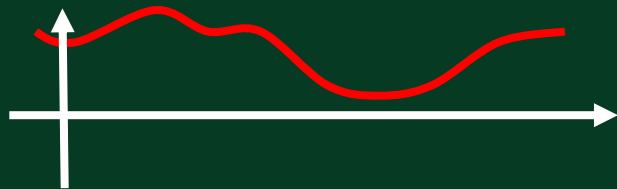
## 整流检波解调

若对信号 $x(t)$ 进行偏置，叠加一个直流分量 $D$ ，使偏置后的信号都具有正电压。

$x(t)$

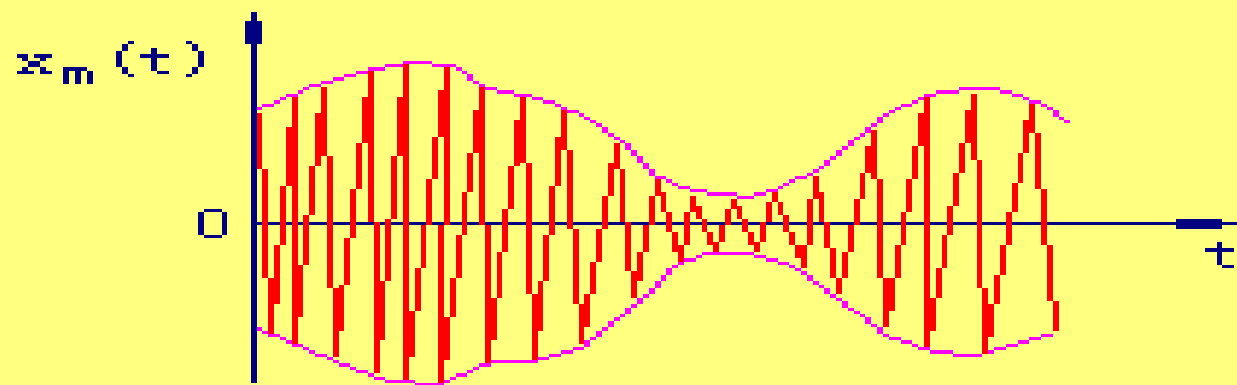
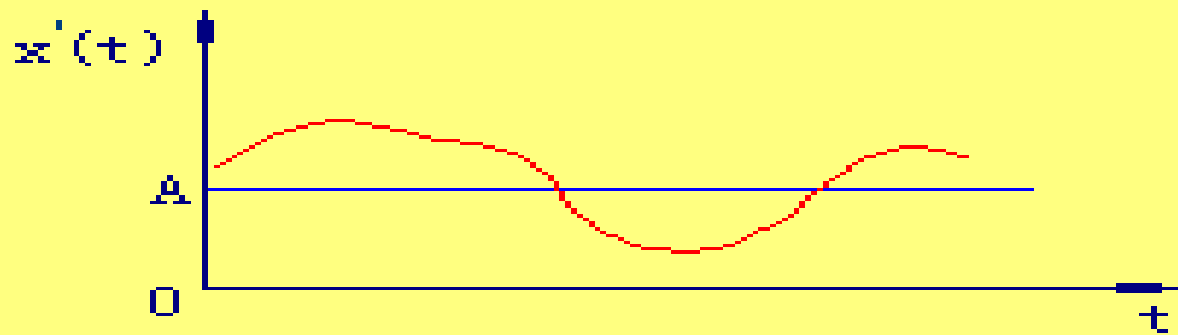


$x'(t) = D + x(t)$

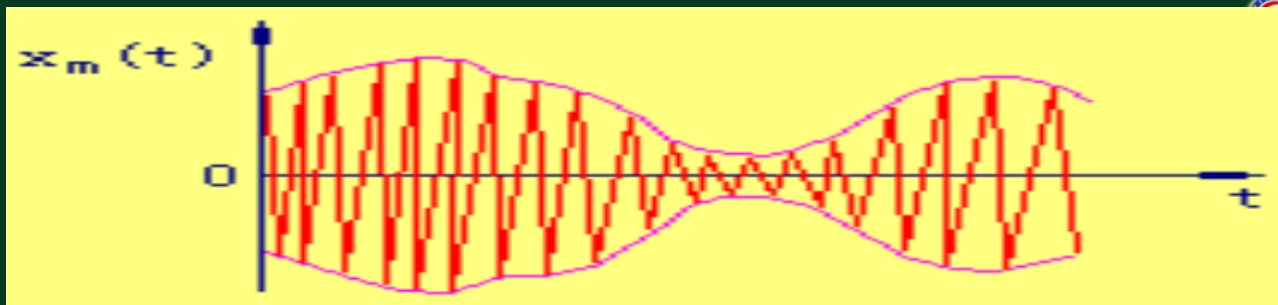


$$x_m(t) = [D + x(t)] \cos(2\pi f t)$$

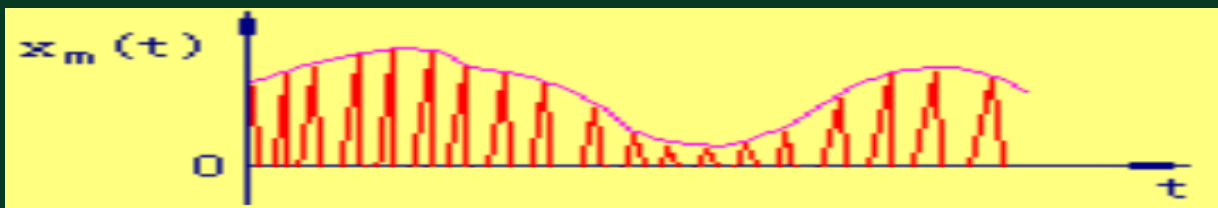
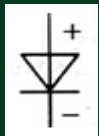
# 调幅



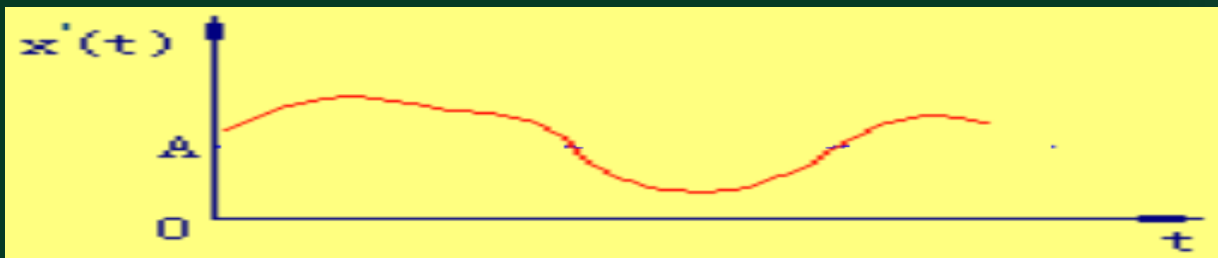
# 解调



二极管检波

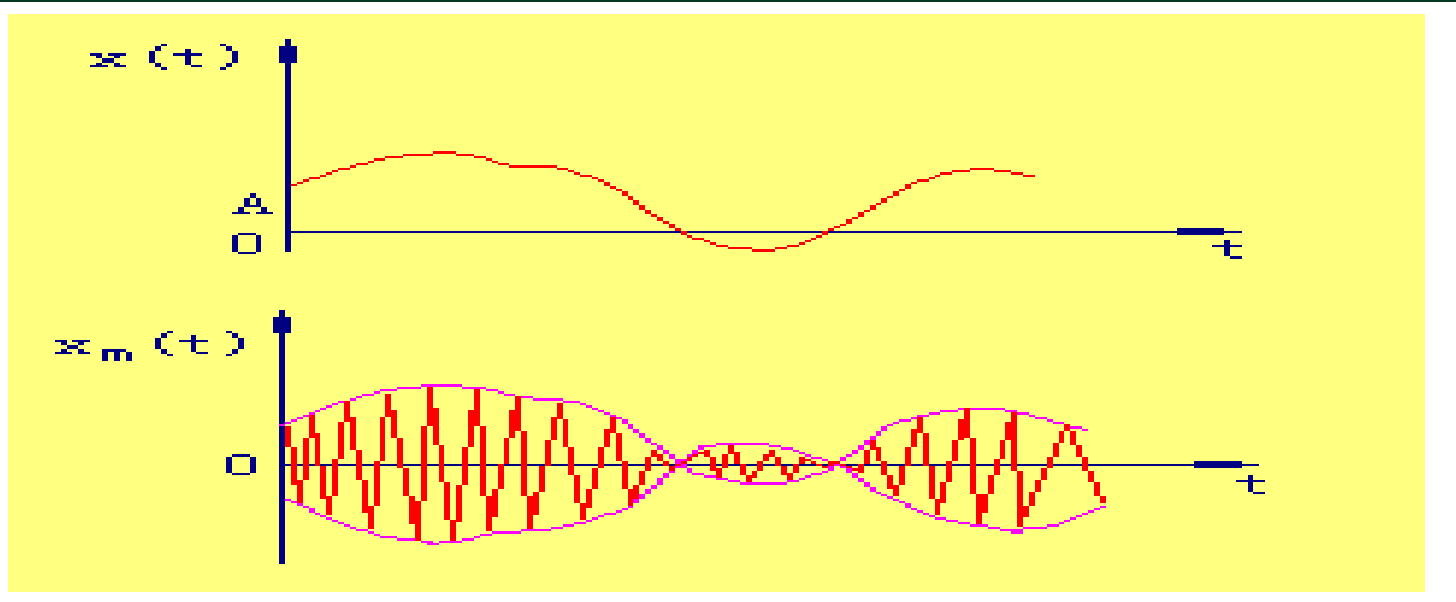


低通滤波



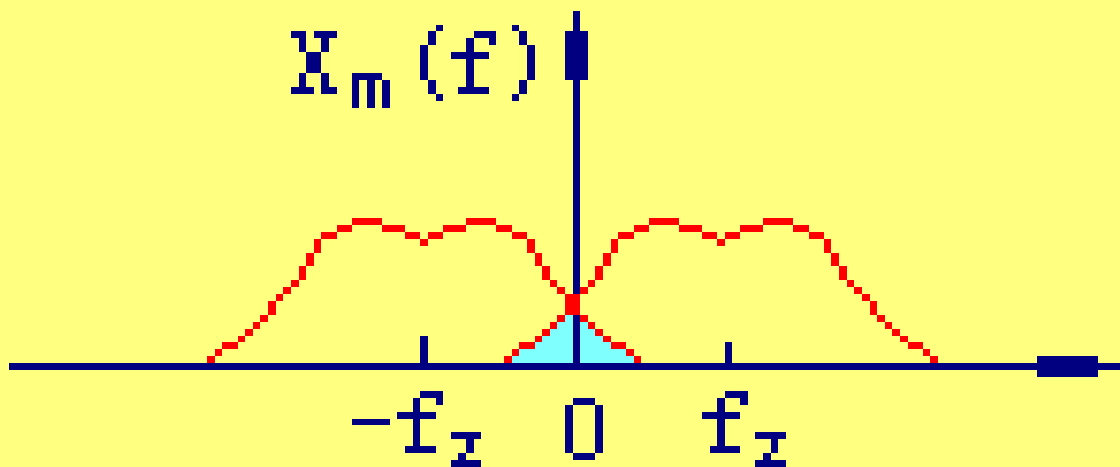
# 调幅波的波形失真

a) 过调失真：对于非抑制调幅，要求其直流偏置必须足够大，否则 $x(t)$ 的相位将发生180跳变。





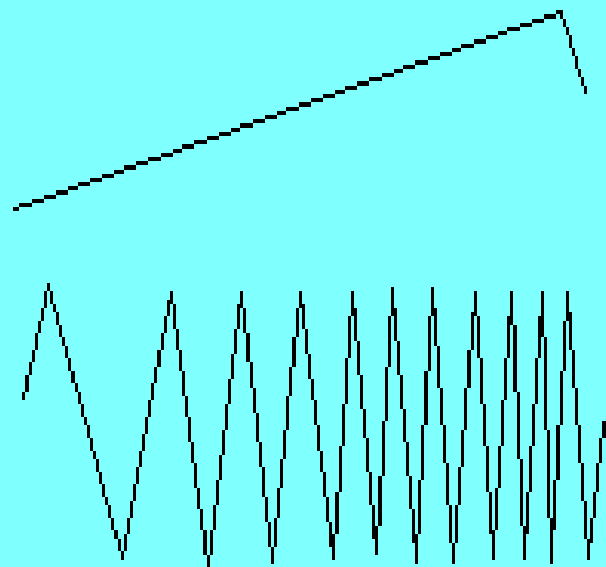
b) **重叠失真**：调幅波是由一对每边为 $f_m$ 的双边带信号组成。当载波频率 $f_c$ 较低时，正频端的下边带将与负频端的下边带相重叠。要求： $f_c > f_m$



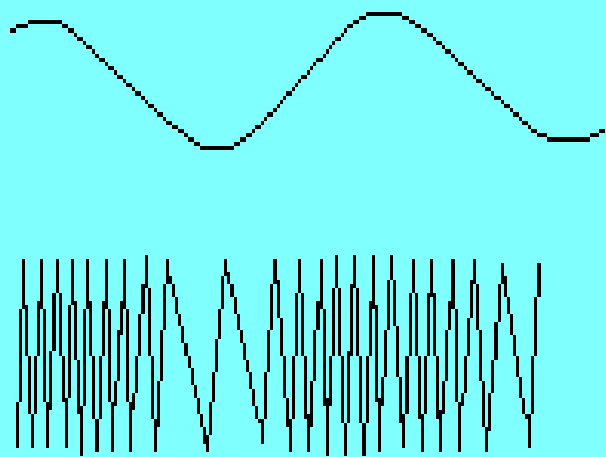
# 频率调制

调频是利用信号 $x(t)$ 的幅值调制载波的频率，或者说，调频波是一种随信号 $x(t)$ 的电压幅值而变化的疏密度不同的等幅波。

$$y(t) = A \cos(\underline{2\pi[f_0 + x(t)]} * t + \phi)$$



(a) 锯齿波调频

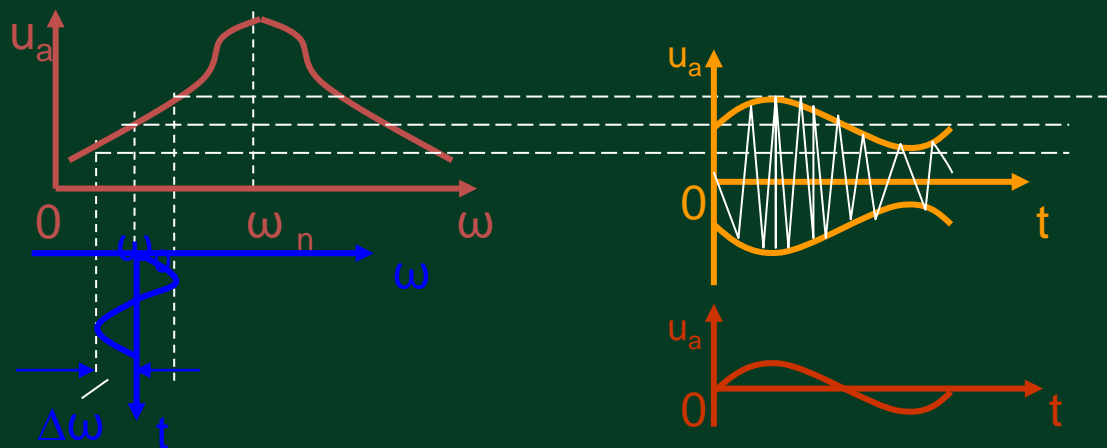
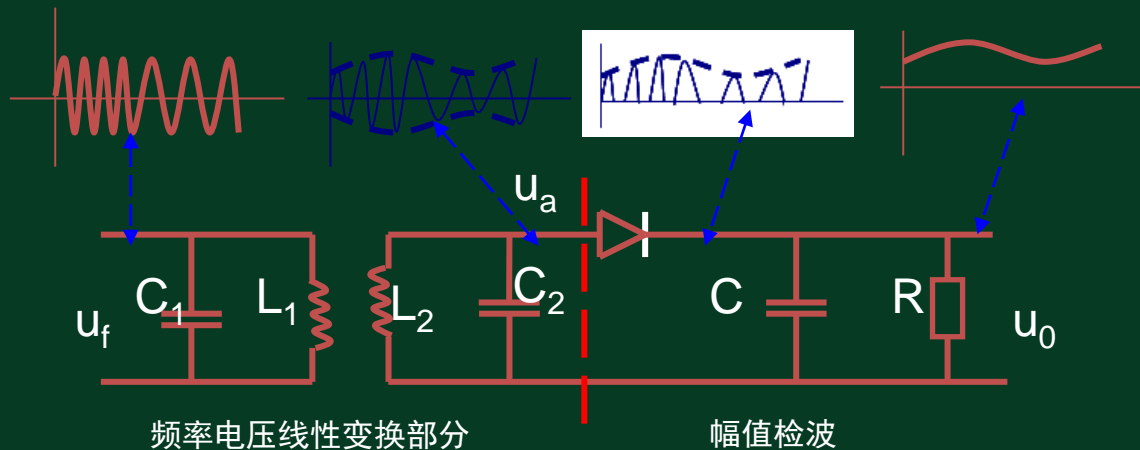


(b) 正弦波调频

## 调频波的解调

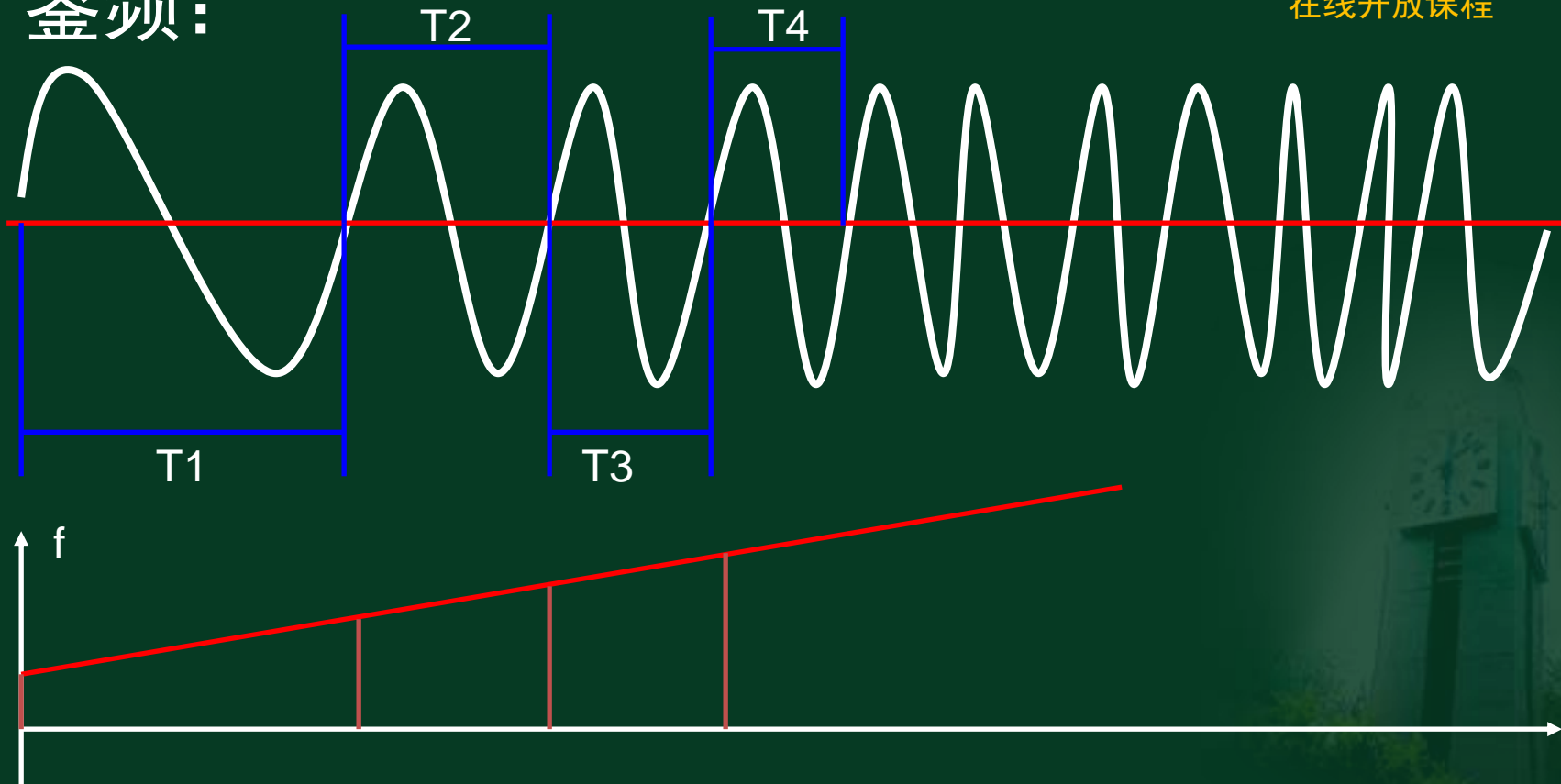
- 调频波是以正弦波频率的变化来反映被测信号的幅值变化。
- 调频波的解调是先将调频波变换成调频调幅波，然后进行幅值检波。

调频波的解调由鉴频器完成。鉴频器通常由线性变换电路与幅值检波电路组成，如图所示。



b) 频率-电压特性曲线

鉴频：



# 频率调制的优缺点

**优点：抗干扰能力强。**

因为调频信号所携带的信息包含在频率变化之中，并非振幅之中，而干扰波的干扰作用则主要表现在振幅之中。

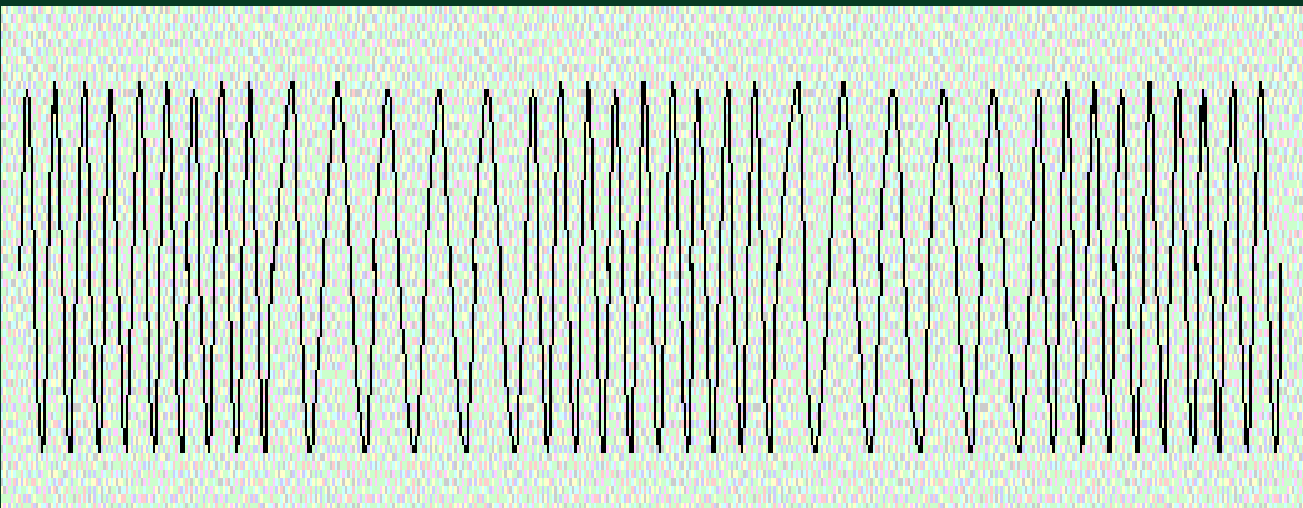
**缺点：占频带宽度大，复杂**

调频波通常要求很宽的频带，甚至为调幅所要求带宽的20倍；调频系统较之调幅系统复杂，因为频率调制是一种非线性调制。

# 案例：铁路机车调度 信号检测

调制频率8.5Hz，绿灯

调制频率23.5Hz，红灯





# 小结



在线开放课程

- 调制与解调

