



Chapter 5

模拟传输 (Analog Transmission)

5-1 DIGITAL-TO-ANALOG CONVERSION

将数字数据转换为带通模拟信号传统上称为数字到模拟转换。将低通模拟信号转换为带通信号传统上被称为模拟到模拟转换。

Topics discussed in this section:

数字到模拟转换的概念(Aspects of Digital-to-Analog Conversion)
幅移键控(Amplitude Shift Keying)
频移键控(Frequency Shift Keying)
相移键控(Phase Shift Keying)
正交振幅调制(Quadrature Amplitude Modulation)

Figure 5.1 *Digital-to-analog conversion*

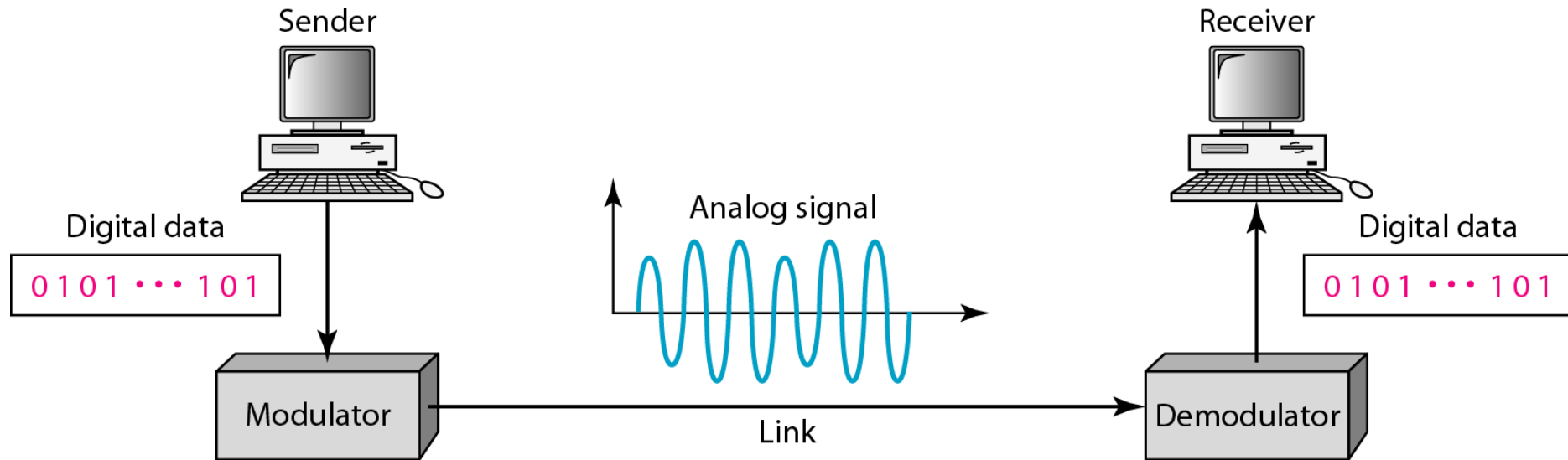
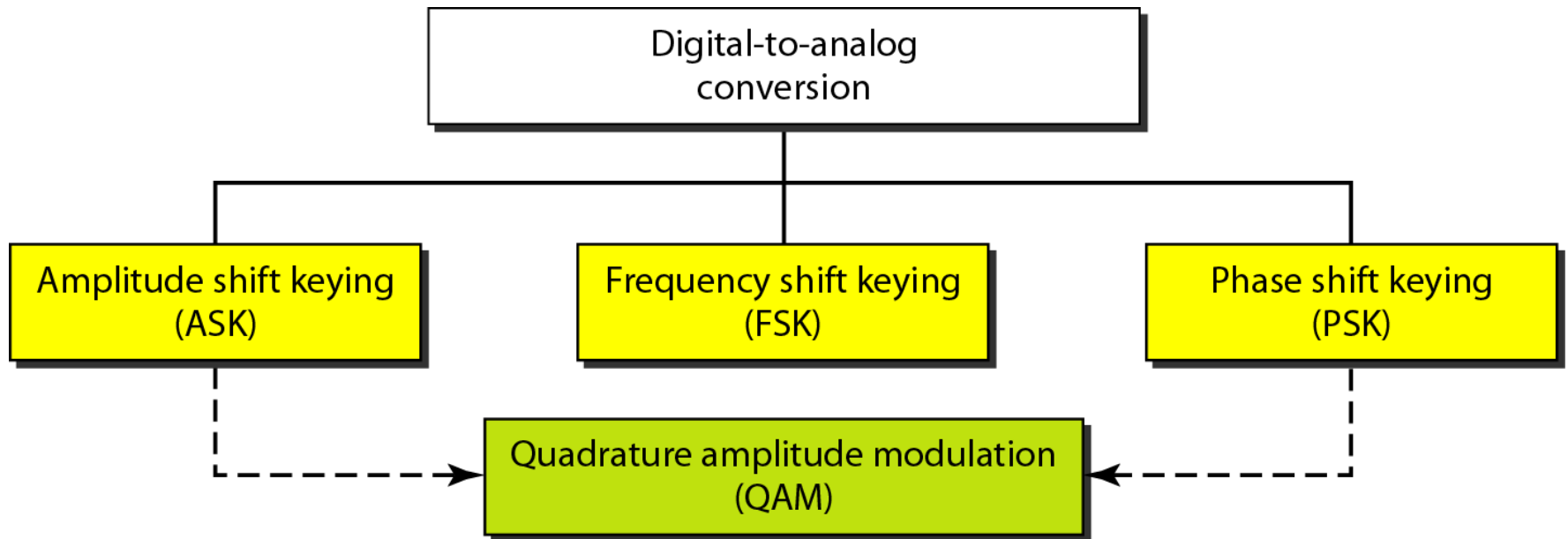


Figure 5.2 *Types of digital-to-analog conversion*





Note

比特率是每秒发送的位数，波特率是每秒发送的信号元素数。在数字数据模拟传输中，波特率小于等于比特率。

$$S = N \times \frac{1}{r} \text{ 波特}$$

N 是数据速率(bps)

r 是一个信号元素携带的数据元素个数

模拟传输中 $r = \log_2 L$ ， L 是信号元素类型，不是电平个数

Example 5.1

模拟信号的每个信号单元运送4位，如果每秒发送1000 个信号单元，试求比特率。

Solution

这里 $r = 4$, $S = 1000$, N 未知. 利用公式可以求得 N

$$S = N \times \frac{1}{r} \quad \text{or} \quad N = S \times r = 1000 \times 4 = 4000 \text{ bps}$$

Example 5.2

一个信号的比特率为8000 bps，波特率为1000 baud，问每个信号元素携带多少个数据元素？需要多少个信号元素？

Solution

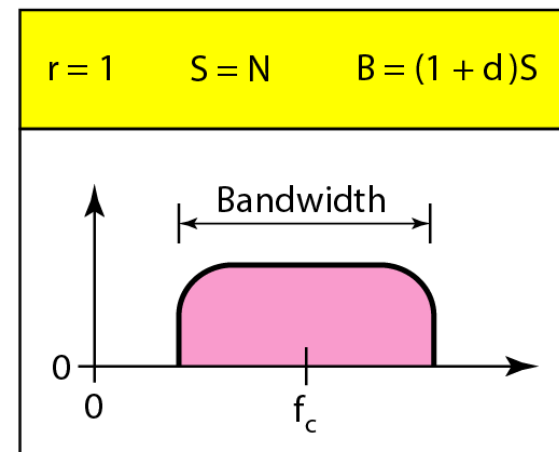
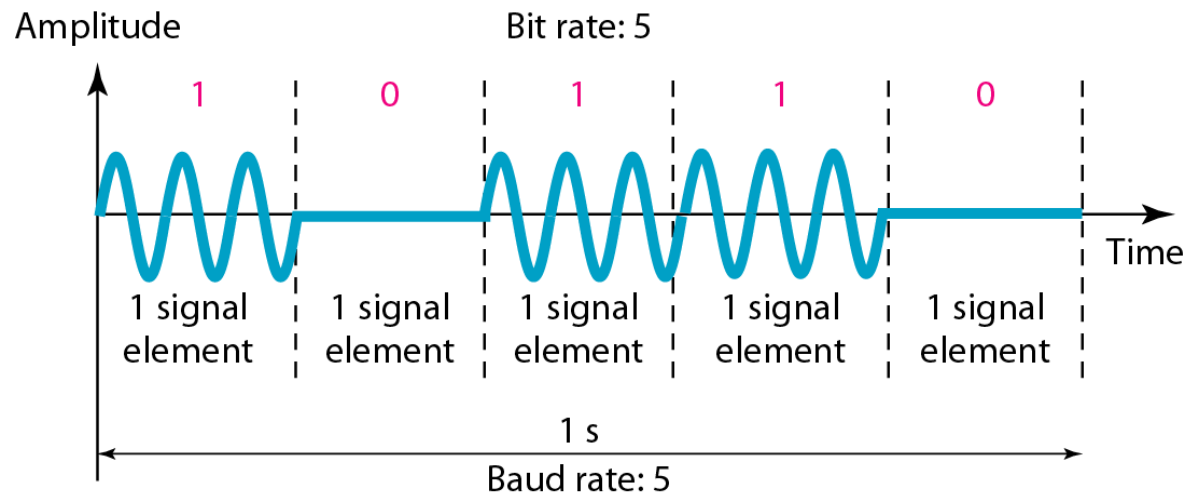
在这个例子中, $S = 1000$, $N = 8000$, r 和 L 位置. 先得到 r ，再得到 L .

$$S = N \times \frac{1}{r} \quad \longrightarrow \quad r = \frac{N}{S} = \frac{8000}{1000} = 8 \text{ bits/ baud}$$

$$r = \log_2 L \quad \longrightarrow \quad L = 2^r = 2^8 = 256$$

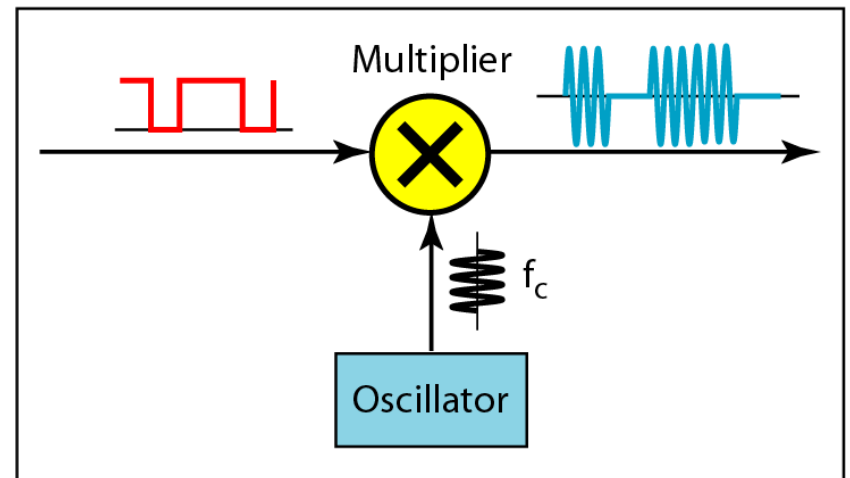
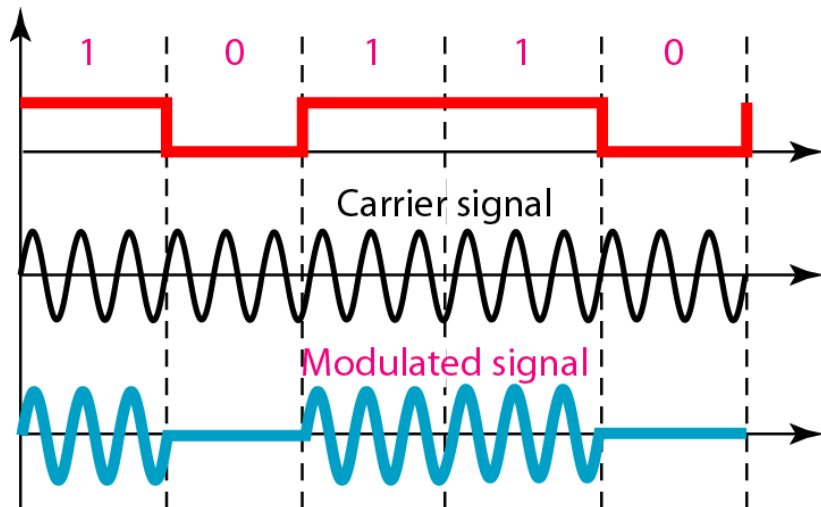
幅移键控

Figure 5.3 *Binary amplitude shift keying*



载波信号：在模拟传输中，发送设备产生一个高频信号作为基波来承载信息，被称为载波信号 (carrier signal) 或者载波频率。

Figure 5.4 *Implementation of binary ASK*



ASK带宽:

$B = (1 + d) \times S$, S 是信号速率而不是带宽

Example 5.3

有100 kHz的可用带宽，范围从 200 到 300 kHz. 如果通过使用 $d = 1$ 的ASK 调制数据，那么载波频率和比特率是多少？

Solution

带宽中点是250 kHz，这意味着载波频率可以是 $f_c = 250$ kHz，可以使用带宽的公式得到比特率. ($d = 1$ 和 $r = 1$).

$$B = (1 + d) \times S = 2 \times N \times \frac{1}{r} = 2 \times N = 100 \text{ kHz} \quad \rightarrow \quad N = 50 \text{ kbps}$$

Example 5.4

在数据通信中，通常使用双向通信的全双工链路，需要把带宽分成两部分，每部分有一个载波频率，如图5.5所示。图中给出了两个载波频率和带宽的位置。每个方向可用带宽现在是50 kHz，因此每个方向的数据速率为25 kbps。

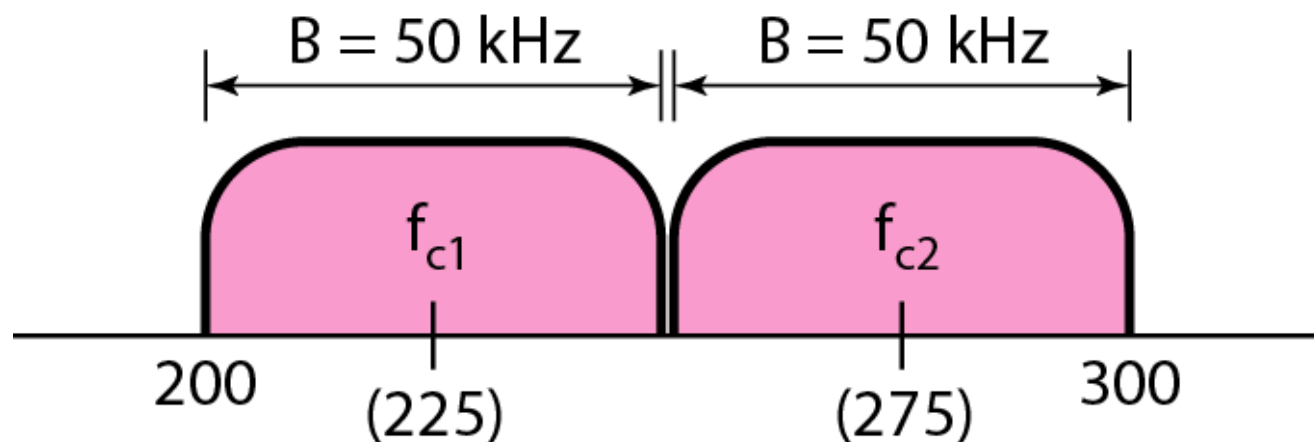
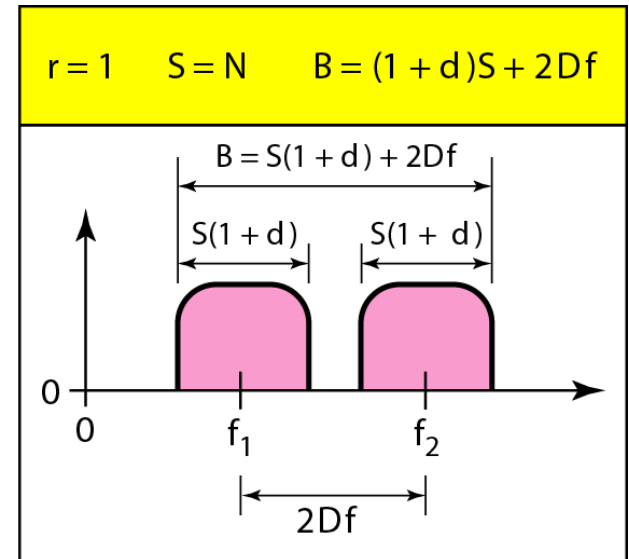
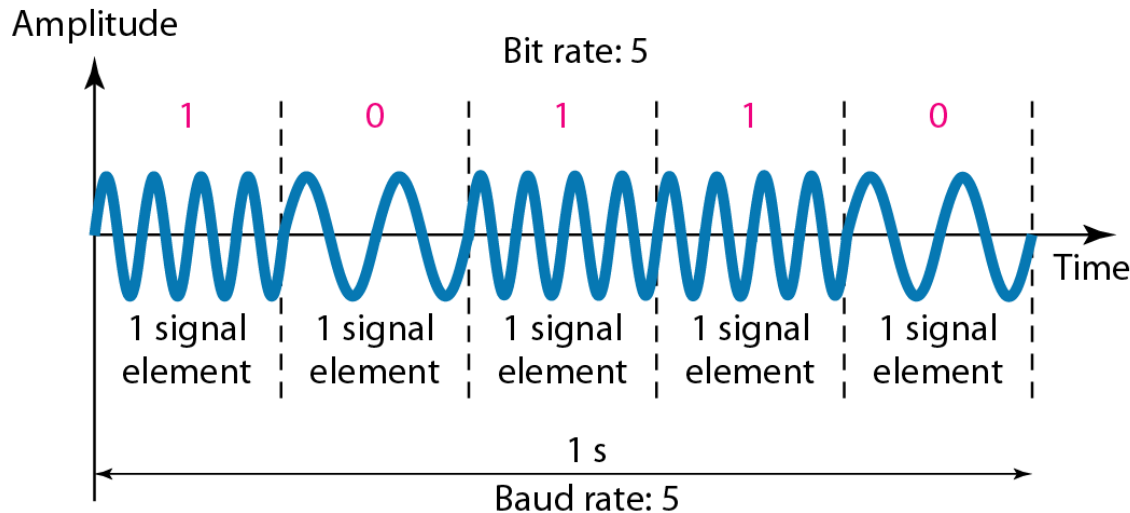


Figure 5.5 Bandwidth of full-duplex ASK used in Example 5.4

频移键控

Figure 5.6 *Binary frequency shift keying*



如果两个频率的差是 $2\Delta f$,那么BFSK要求的带宽是

$$B = (1 + d) \times S + 2\Delta f$$

Example 5.5

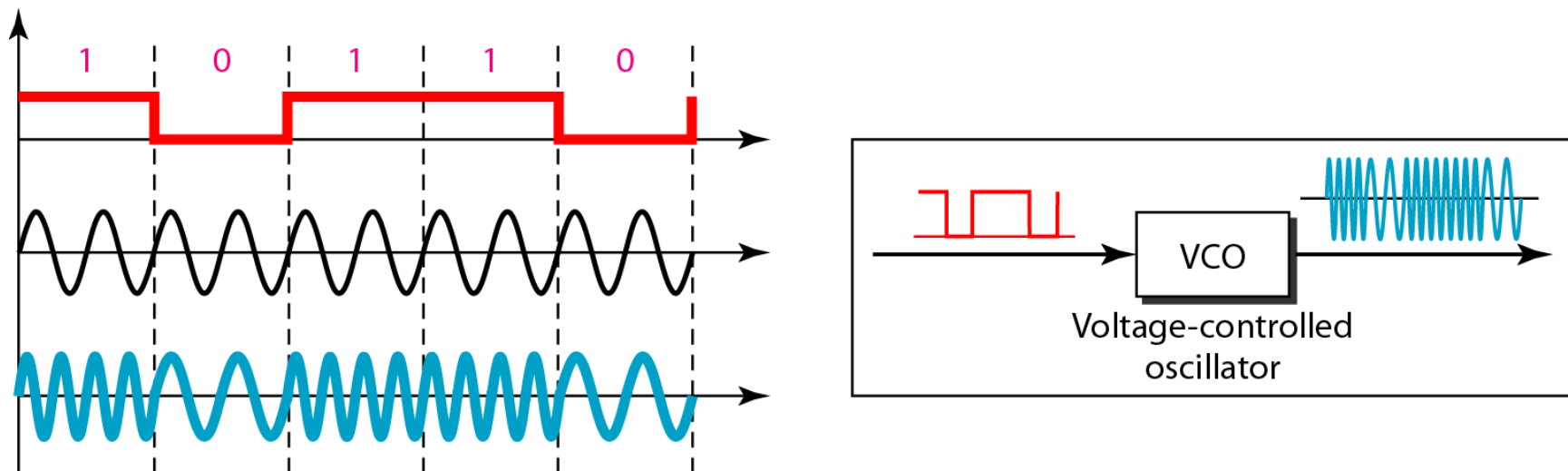
有一个100 kHz 的可用带宽，范围从 200 to 300 kHz.
如果使用 $d = 1$ 的 FSK 调制数据，那么载波频率和
比特率应该是多少？

Solution

这个问题类似于5.3，使用FSK进行调制。频带的中点是在250 kHz。选择 $2\Delta f$ 为 50 kHz，这以为着

$$B = (1 + d) \times S + 2\Delta f = 100 \quad \rightarrow \quad 2S = 50 \text{ kHz} \quad S = 25 \text{ kbaud} \quad N = 25 \text{ kbps}$$

Figure 5.7 *Bandwidth of MFSK used in Example 5.6*



- **BFSK**有两种实现方法：非相干(noncoherent)和相干(coherent)
- 在非相干**BFSK**中，当一个信号元素结束下一个信号元素开始时相位不连续。
- 在相干**BFSK**中，两个信号元素的边界处的相位是连续的。
- 相干**BFSK**中可以使用一个压控振荡器(VCO),根据输入电平改变频率。

Example 5.6

我们需要用3Mbps的比特率每次发送3位，载波频率是10 MHz，计算使用不同频率的个数、波特率和带宽。

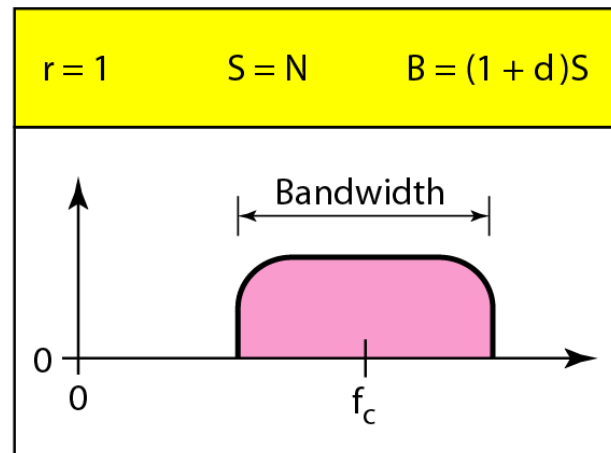
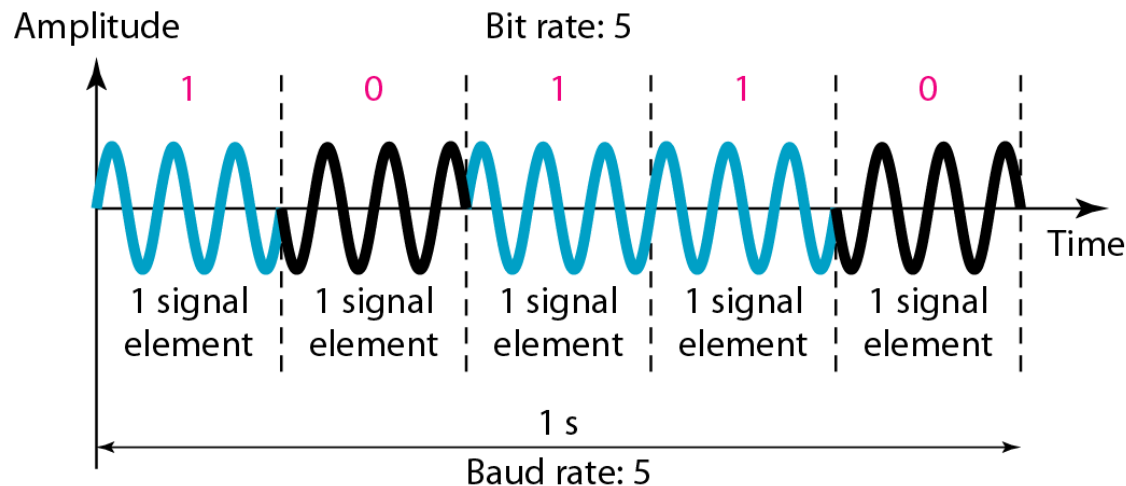
Solution

使用不同频率的个数 $L = 2^3 = 8$. 波特率 $S = 3 \text{ MHz}/3 = 1000 \text{ Mbaud}$. 这意味着载波频率必须是相隔 1 MHz ($2\Delta f = 1 \text{ MHz}$). 带宽是 $B = 8 \times 1000 = 8000 \text{ MHz}$. 图 5.8给出了频率和带宽的分配.

- 多电平FSK的带宽是
- $B = (1+d) \times S + (L-1)2\Delta f \Rightarrow B = L \times S$

二进制PSK(BPSK)

Figure 5.9 *Binary phase shift keying*



- BPSK只用2个信号元素，一个相位是 0° ，另外一个相位是 180°
- BPSK和BASK一样简单，但比BASK不易受噪声影响。

Figure 5.10 *Implementation of BASK*

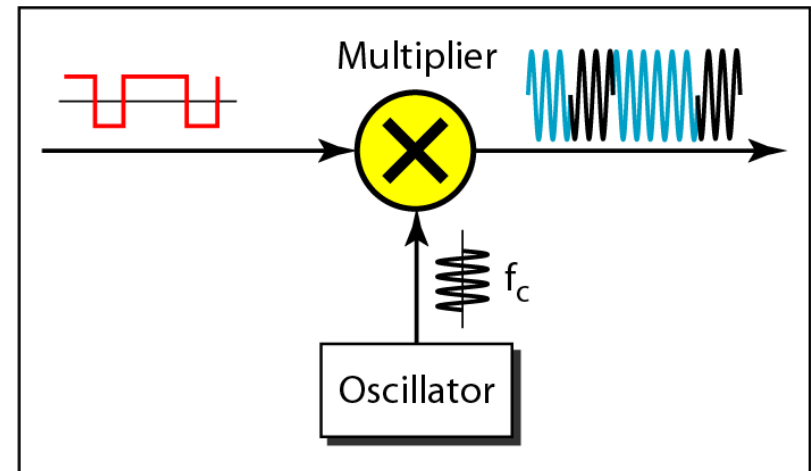
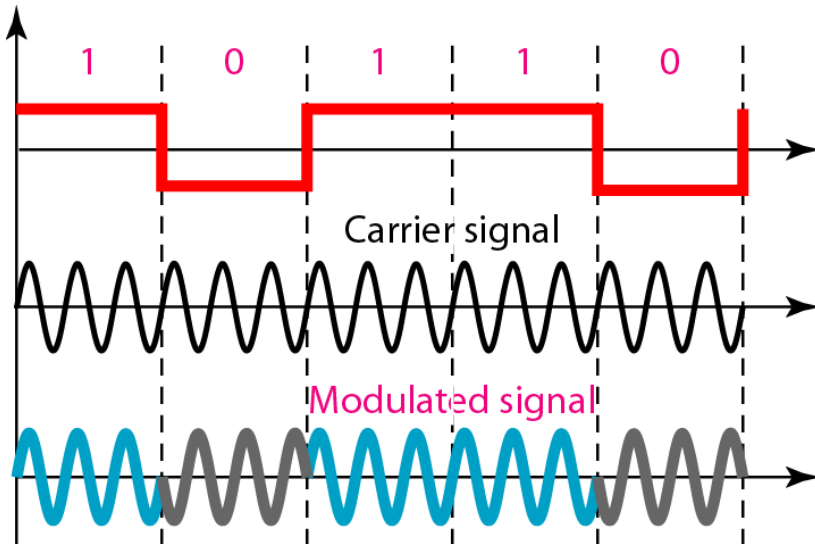
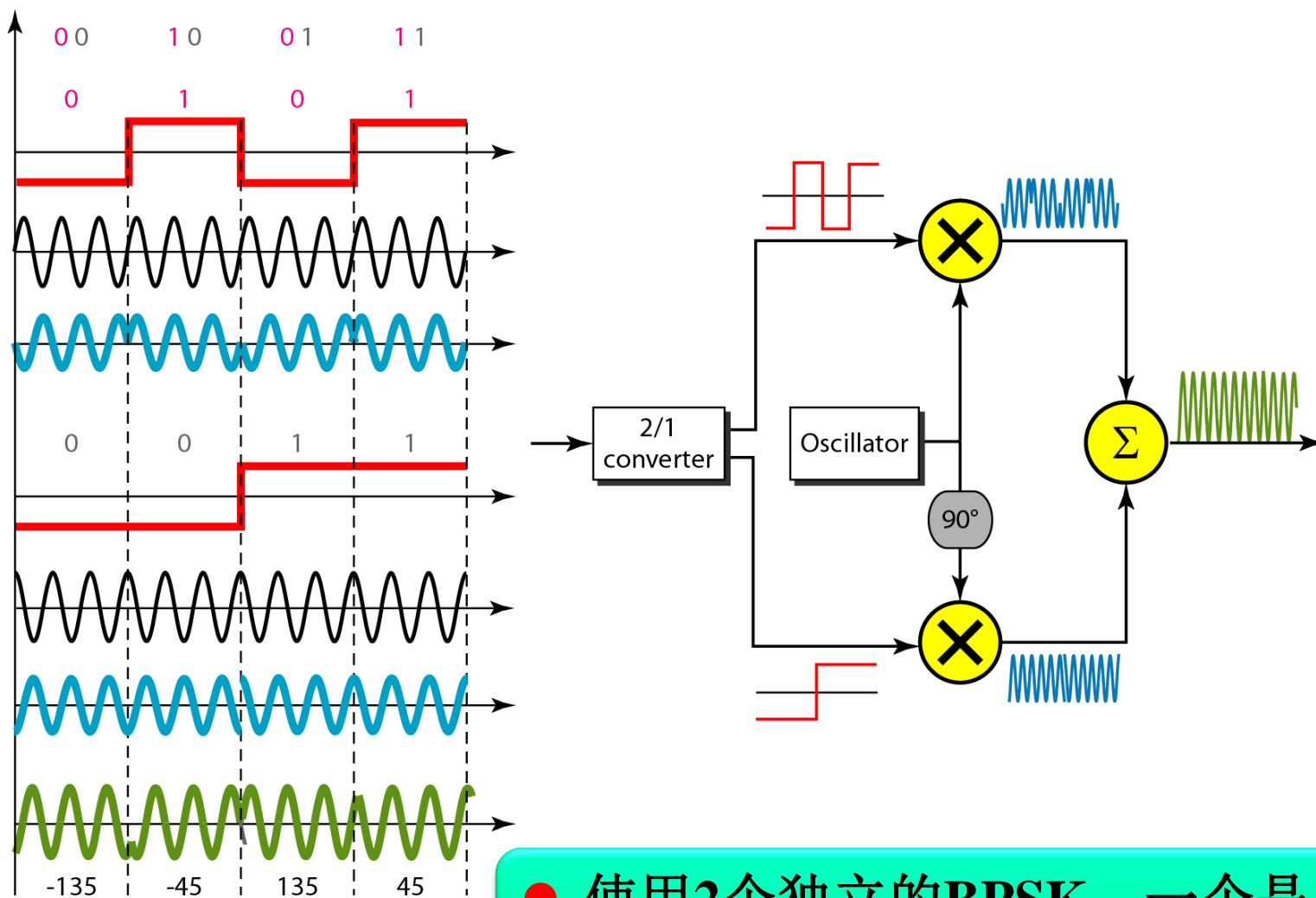


Figure 5.11 *QPSK and its implementation*

正交PSK(QPSK)



- 使用2个独立的BPSK，一个是同相的，另外一个为正交的（异相）



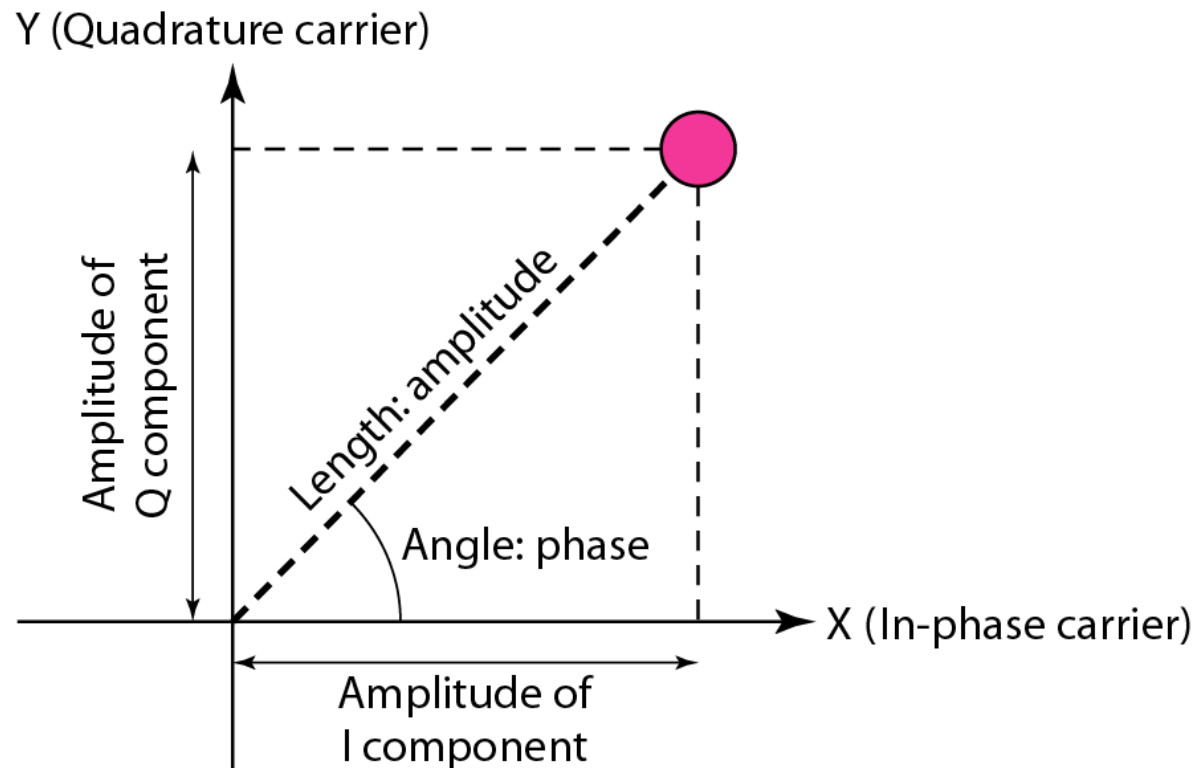
Example 5.7

试求使用QPSK 12 Mbps for. $d = 0$.

Solution

对 QPSK, 每个信号元素携带 2 bits, 即 $r = 2$. 因此, 信号速率(波特率) 是 $S = N \times (1/r) = 6 \text{ M baud}$. 已知 $d = 0$, 有 $B = S = 6 \text{ MHz}$.

Figure 5.12 *Concept of a constellation diagram*

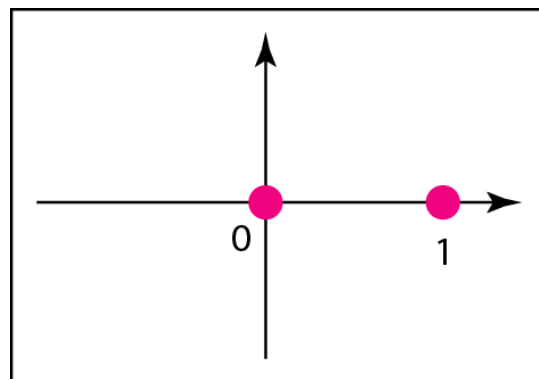


Example 5.8

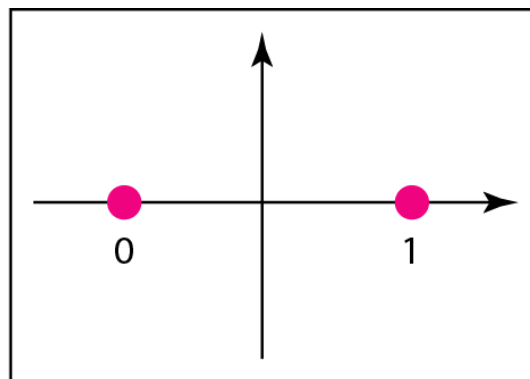
试分别画出ASK (OOK), BPSK, 和 QPSK 的星座图。

Solution

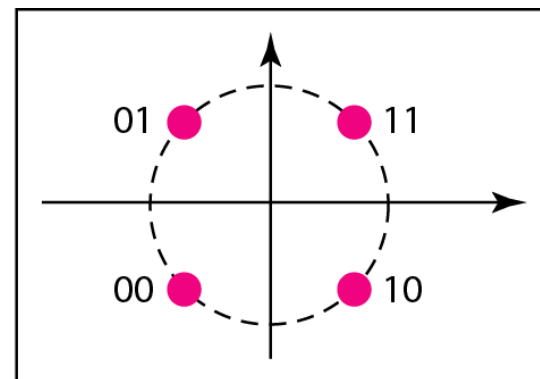
图 5.13 分别是这三个星座图。



a. ASK (OOK)



b. BPSK



c. QPSK

Figure 5.13 *Three constellation diagrams*

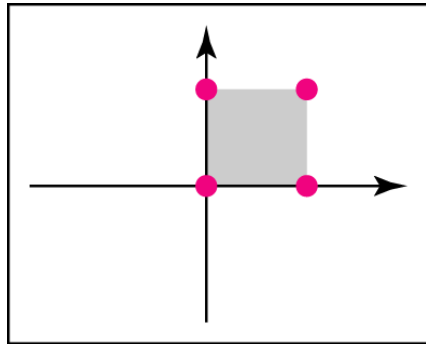


正交振幅调制

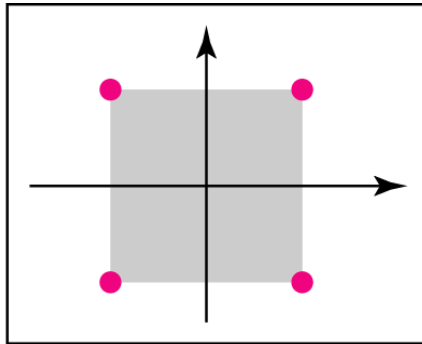
Note

正交振幅调制是 **ASK** 和**PSK**的结合.

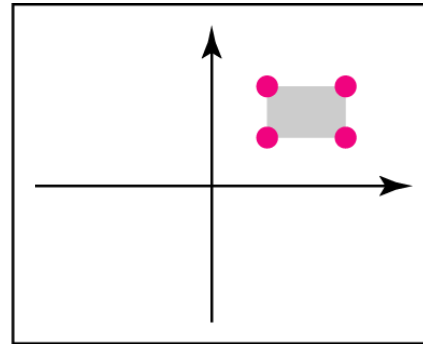
Figure 5.14 *Constellation diagrams for some QAMs*



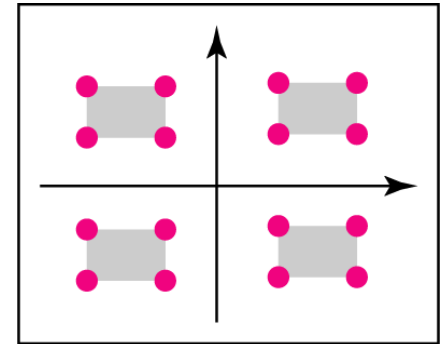
a. 4-QAM



b. 4-QAM



c. 4-QAM



d. 16-QAM

5-2 模拟信号调制(ANALOG AND DIGITAL)

模拟信号调控是通过模拟信号来表示模拟信息的. 人们可能会问, 既然信号已经是模拟了, 为什么还要调制模拟信号呢? ; 答案是, 如果介质具有带通特性或者只有带通带宽可用, 则模拟信号就需要调制。

Topics discussed in this section:

调幅(Amplitude Modulation)

调频(Frequency Modulation)

调相(Phase Modulation)

Figure 5.15 *Types of analog-to-analog modulation*

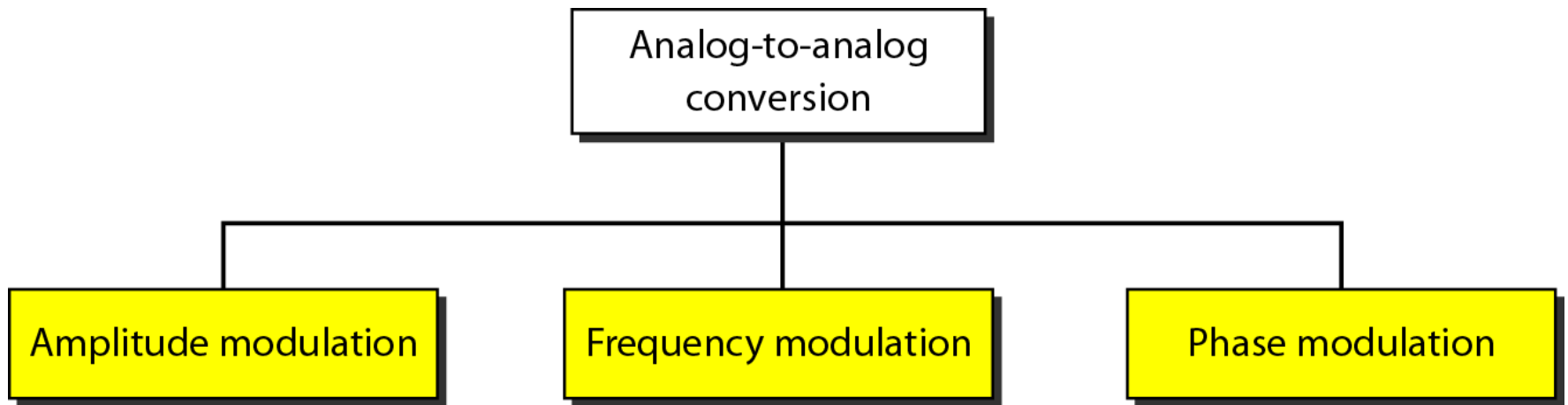
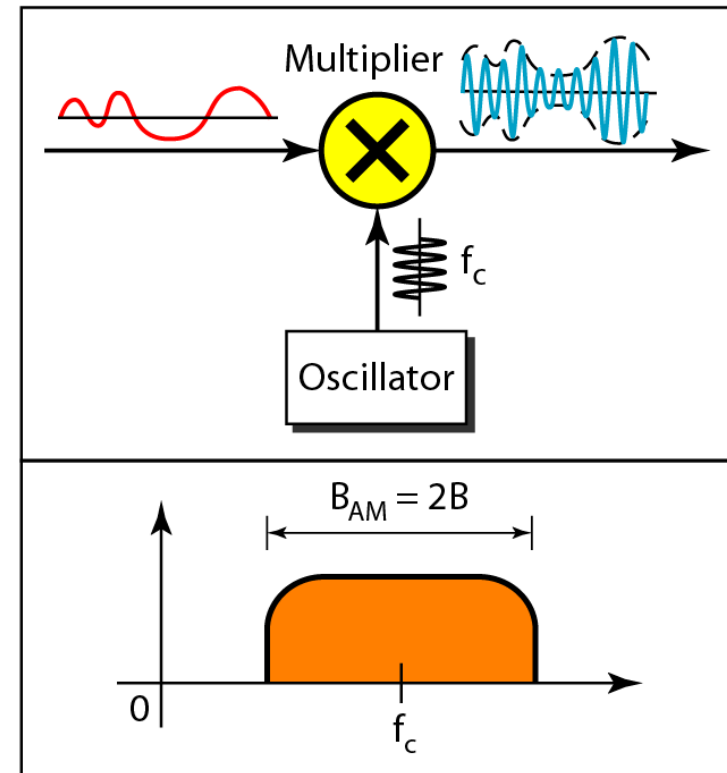
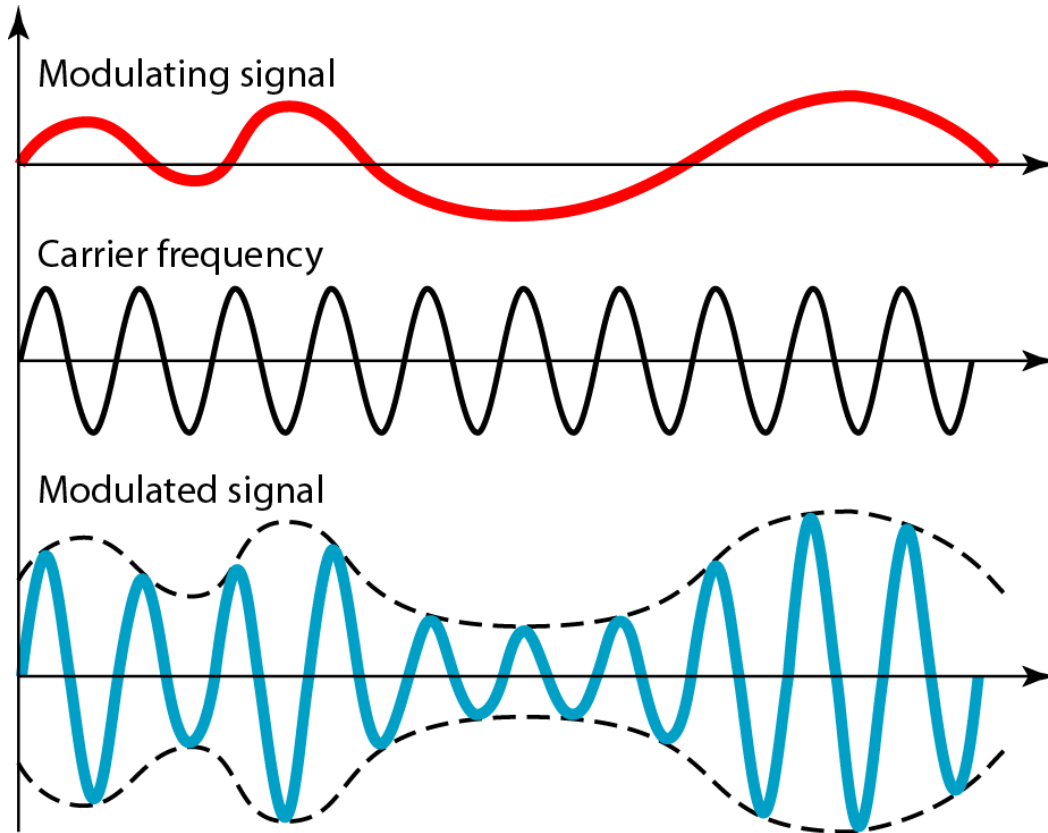


Figure 5.16 *Amplitude modulation*

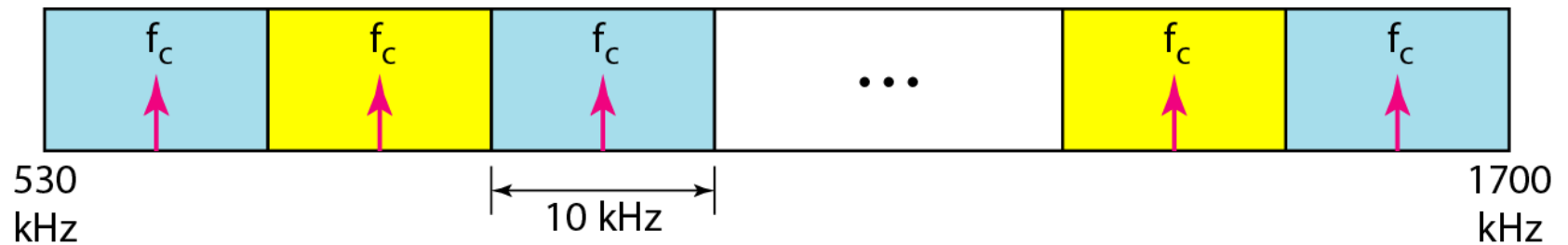




Note

AM所需的总带宽可以由音频信号的带宽确定： $B_{AM} = 2B$.

Figure 5.17 *AM band allocation*





Note

FM 所需的总带宽可以有音频信号的带宽确定: $B_{\text{FM}} = 2(1 + \beta)B$.

Figure 5.18 *Frequency modulation*

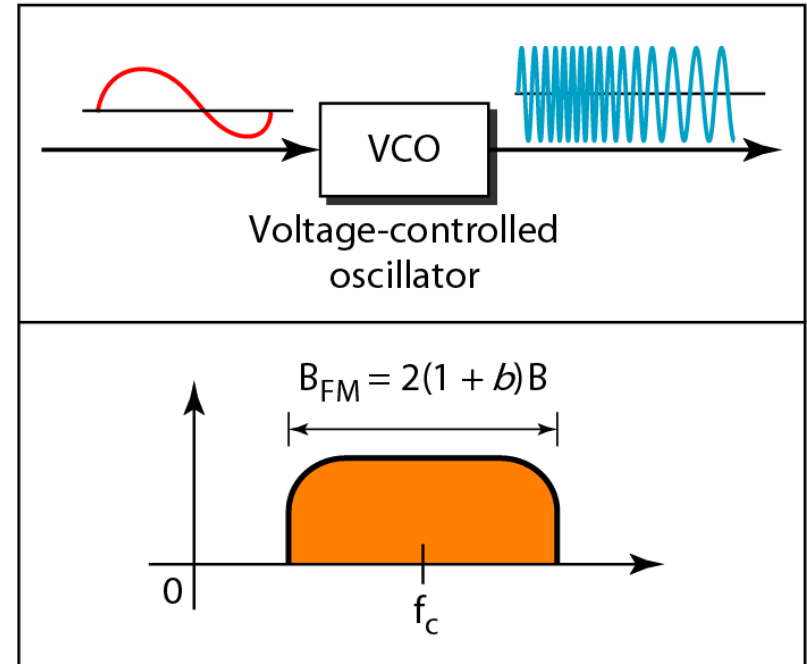
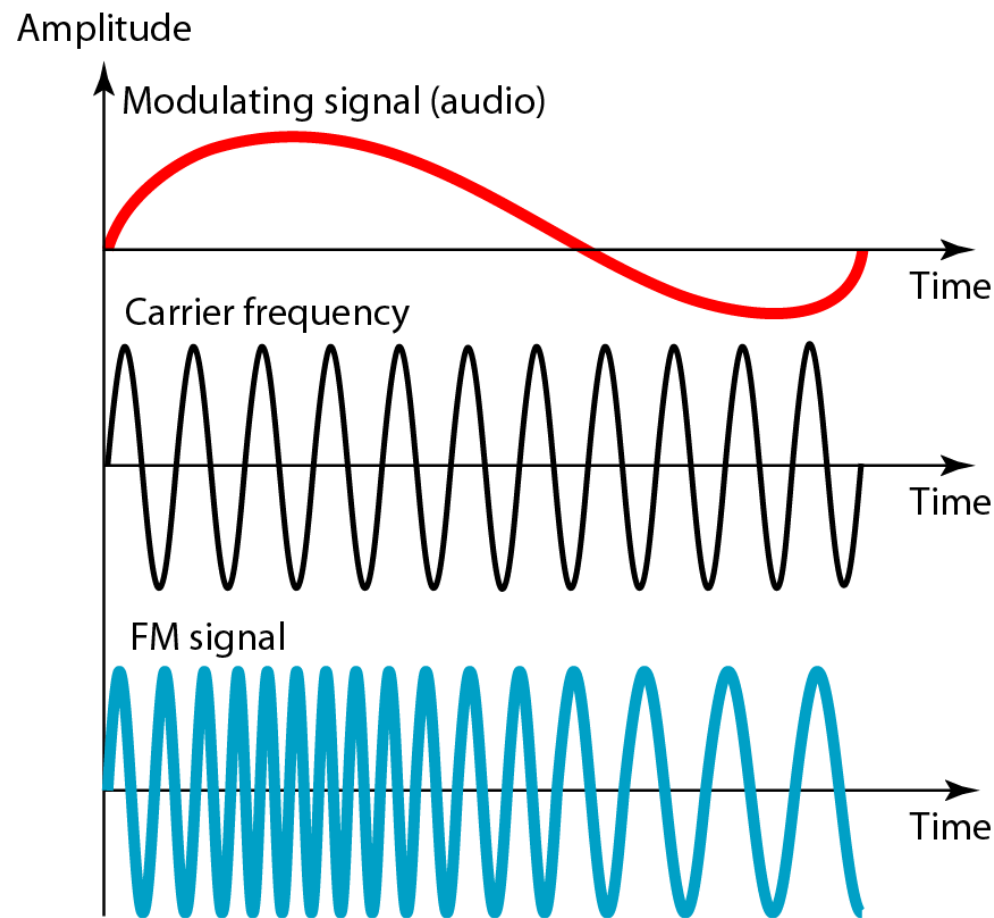


Figure 5.19 *FM band allocation*

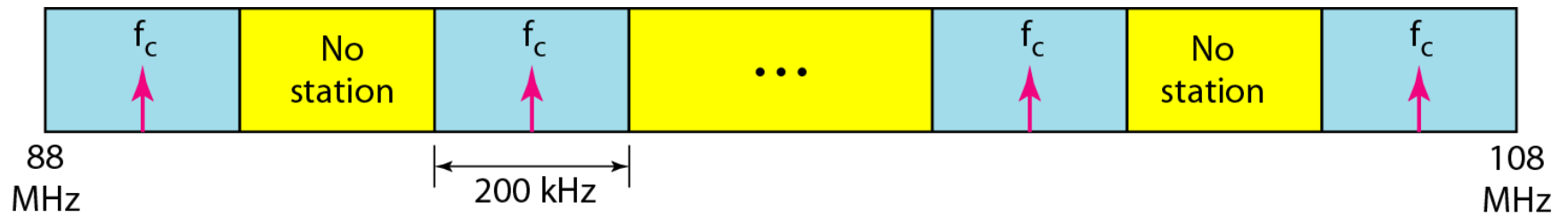
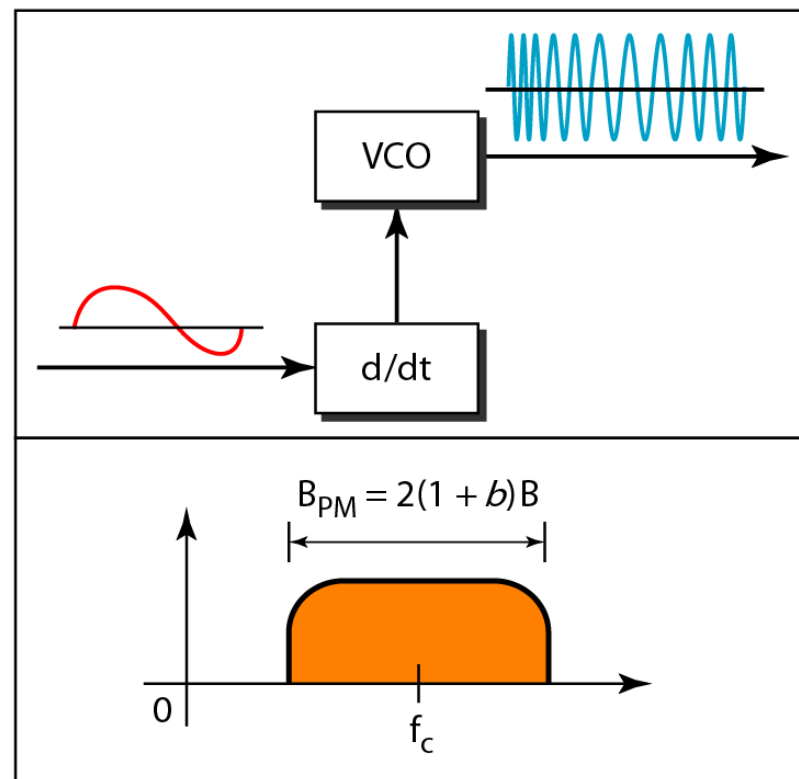
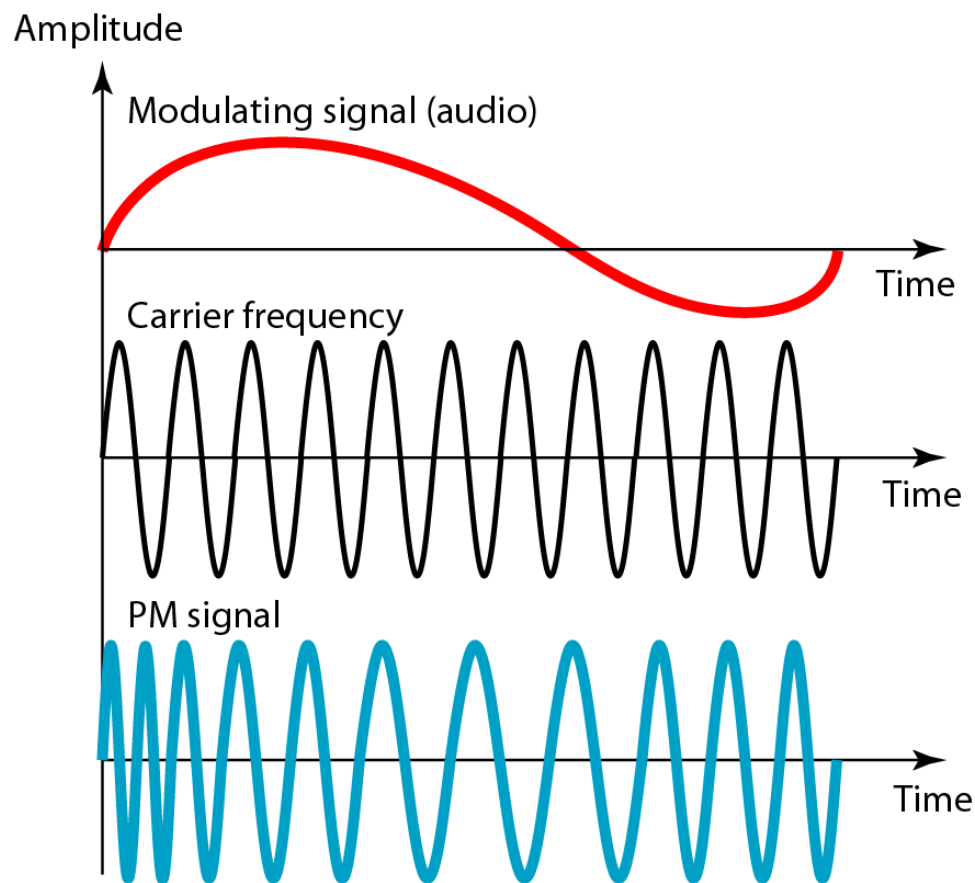


Figure 5.20 *Phase modulation*





Note

PM 所需的总带宽可以由调制信号的带宽和最大振幅确定:

$$B_{PM} = 2(1 + \beta)B.$$

作业：

- P103页
- 11、13、17、18