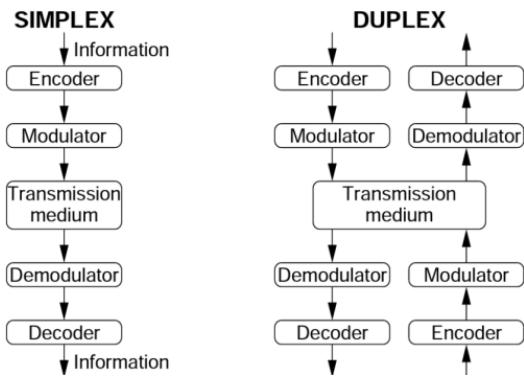


Communications system schematic



Efficiency The Source Coding Theorem allows quantification of just how complex a given message source is and allows us to exploit that complexity by source coding (compression). In analog communication, the only parameters of interest are message bandwidth and amplitude. We cannot exploit signal structure to achieve a more efficient communication system.

Performance Because of the Noisy Channel Coding Theorem, we have a specific criterion by which to formulate error-correcting codes that can bring us as close to error-free transmission as we might want. Even though we may send information by way of a noisy channel, digital schemes are capable of error-free transmission while analog ones cannot overcome channel disturbances.

Flexibility Digital communication systems can transmit real-valued discrete-time signals, which could be analog ones obtained by analog-to-digital conversion, and symbolic-valued ones (computer data, for example). Any signal that can be transmitted by analog means can be sent by digital means, with the only issue being the number of bits used in A/D conversion.

The general form of a modulated sinusoidal signal at a carrier frequency of ν_c can be written ($\omega_c = 2\pi\nu_c$),

$$\phi(t) = a(t) \cos[\omega_c t + \gamma(t)]$$

Amplitude modulation (AM) $a(t)$ carries the information, $\gamma(t)$ is held constant.

Angle modulation $\gamma(t)$ carries the information, $a(t)$ is held constant, e.g. frequency modulation (FM) or phase modulation (PM).

Quadrature Amplitude Modulation both amplitude $a(t)$ and angle $\gamma(t)$ are varied to carry the information.

The effect of modulation on the spectrum is to create sideband(s) on either side of the carrier frequency.

调制正弦信号在载波频率为 ν_c 时的一般形式可以写成($\omega_c=2\pi\nu_c$), $\phi(t)=a(t)\cos[\omega_c t+\gamma(t)]$ 。幅度调制(AM)中, $a(t)$ 携带信息, $\gamma(t)$ 保持不变。角度调制中, $\gamma(t)$ 携带信息, $a(t)$ 保持不变, 例如频率调制(FM)或相位调制(PM)。正交幅度调制中, 幅度 $a(t)$ 和角度 $\gamma(t)$ 都会变化以携带信息。调制对频谱的影响是在载波频率的两侧产生副带。

Source coding 与 Channel Coding的区别

源编码和信道编码是数字通信中的两个基本概念，它们有不同的作用。

源编码 (source coding) 通常被称为压缩编码。它的主要作用是通过编码过程减少数据传输的存储或带宽需求，以减少数据的冗余和重复。它的目标是最大限度地减少数据量而不丢失数据的关键信息。源编码主要是针对源数据本身进行编码。

信道编码 (channel coding) 是为了解决在传输过程中因信道噪声等问题引起的传输错误问题。信道编码的目标是使发送的信息能够经过信道传输，并能够在接收端正确地恢复。它通过在发送信息之前添加一些冗余数据来实现这个目标，这些数据允许在接收端进行纠错处理，从而使数据在传输过程中具有更强的鲁棒性。信道编码主要是针对信号传输的过程进行编码。

因此，源编码和信道编码的重点不同。源编码的重点在于数据压缩和减少数据冗余，而信道编码的重点在于提高数据传输的可靠性。两者通常需要结合使用来实现更高效、可靠的数字通信。

Baud rate

| bit数 | 可代表 |

| ----- | ----- |

| 1bit ||

| 0 | -1 |

| 1 | +1 |

| 2bit ||

| 00 | -3 |

| 01 | -1 |

| 10 | +1 |

| 11 | +3 |

$$T_{symbol} = 2T_{bit}$$

T 表示 duration 周期

$$1/T \text{ 表示波特率 : } \frac{1}{T_{symbol}} = \frac{1}{2T_{bit}}$$

如果有 k bits \rightarrow 能产生对应的 $2^k symbols$

On - off = Amplitude keying

On - off 是一种特殊的 Amplitude Keying

归一化频率

Normalised Frequency to sampling rate

“归一化频率到采样率”的意思是将信号的频率表示为采样率的比率，通常用来描述数字信号的频率特征。

在数字信号处理中，采样率是指每秒采集和记录的样本数，通常以赫兹 (Hz) 为单位表示。因此，如果将一个信号的频率表示为采样率的比率，则需要将该信号的频率除以采样率。这样的频率表示方式称为“归一化频率”。

例如，如果采样率为 10 kHz，那么信号的归一化频率为 0.2 表示该信号的频率是采样率的 1/5。同样，如果信号的归一化频率为 0.5，则表示该信号的频率等于采样率的一半。

因此，“归一化频率到采样率”通常是指将信号的频率表示为采样率的比率，以便更好地描述数字信号的频率特征。

f_c 表示归一化后的信号的频率 $f_c < 0.5$

奈奎斯特采样定理声明，采样频率要大于等于两倍的原信号频率

$$\cos(w_t + \phi(H)) = \cos w_c t * \cos \phi(t) - \sin w_c t * \sin \phi(t)$$
$$\phi = 0, \pi$$

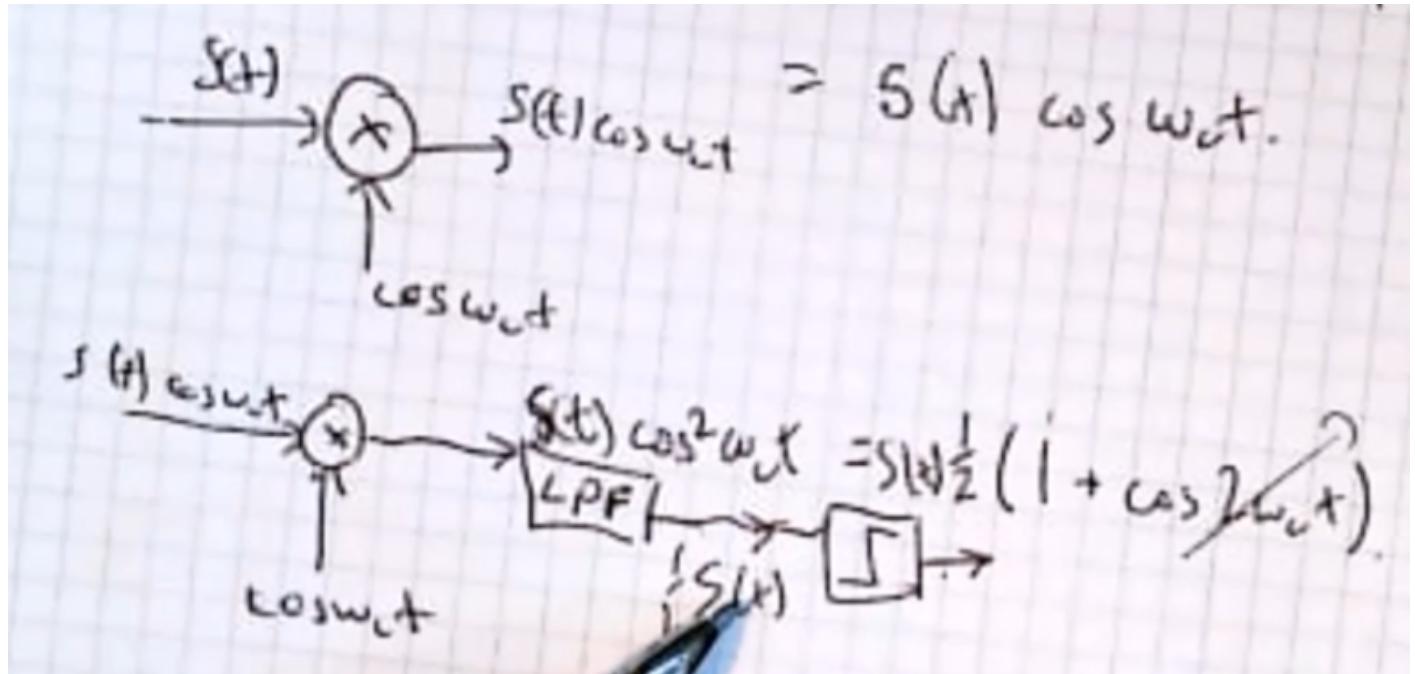
$$\cos(\omega_c t + \gamma(t)) = \cos \omega_c t \cos \gamma(t) - \sin \omega_c t \sin \gamma(t)$$

$\gamma = 0, \pi$

$\cos 0 = 1$	$\sin 0 = 0$
$\cos \pi = -1$	$\sin \pi = 0$

$$= s(t) \cos \omega_c t. \quad s(t) = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases} \quad \bar{s}(t) \sim 0.$$

Modulation and Demodulation



$\cos \omega_c t$ 就是载波信号

Quadrature Phase Keying

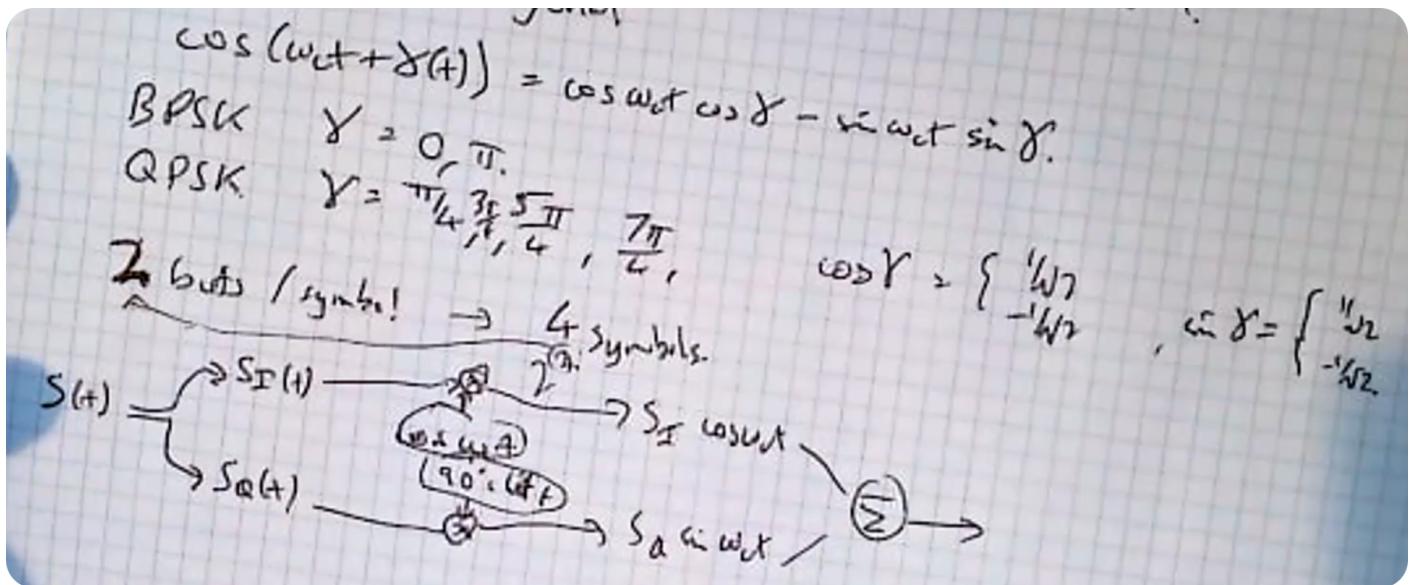
正交相移键控 (Quadrature Phase Keying, QPSK) 是一种数字调制技术，属于相位调制的一种。它通过改变载波信号的相位来传输数字信息。

在QPSK中，每个二进制数据位被映射到一个相位角度上，这个相位角度可以是0度、90度、180度或270度中的一个。每两个二进制数据位被映射到一个载波信号上，因此QPSK可以通过不同相位角度的组合来传输更多的数据。

在QPSK中，相位角度的变化通常由正弦函数和余弦函数组成的正交信号来实现。这些信号通常被称为“I”(in-phase) 和“Q”(quadrature) 信号，它们的相位差为90度，表示在正交的二维空间中的坐标系。通过改变I和Q信号的相位和幅度，可以实现不同的相位角度和载波信号的变化。

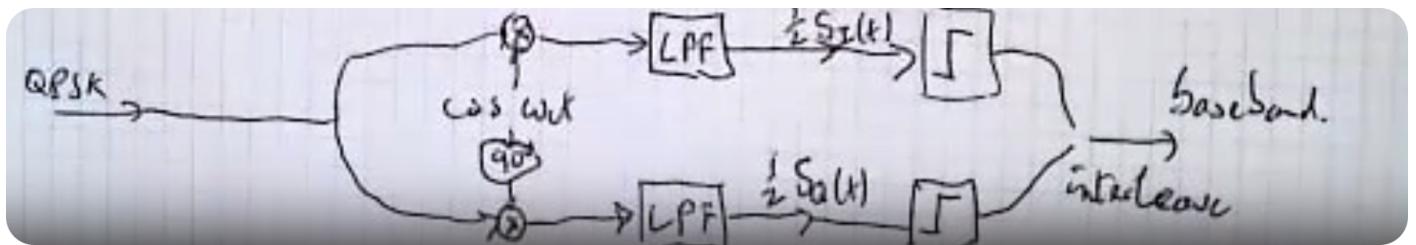
QPSK是一种高效的数字调制技术，它可以在给定的频谱带宽内传输更多的数据。在数字通信中，QPSK被广泛应用于无线通信、卫星通信、数字电视和调制解调等方面。

Modulation



$$S(t) = S_{I(t)} + S_{Q(t)} = \\ S_I \cos \omega_c t + S_Q \sin \omega_c t$$

Demodulation



Interleave 交错这些解调后的信号，得到了原始信号。

进过 $\cos \omega_c t$ 解调后的信号：

$$S(t) \cos^2 \omega_c t = S(t) \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega_c t)$$

可以看到里面的频率变为 $\cos 2\omega_c t$ 了，是原来的两倍，因此需要 LPF 来滤除高频部分。

BPSK

二进制相移键控 (Binary Phase Shift Keying, BPSK) 是一种数字调制技术，它属于相位调制的一种。BPSK 通过改变载波信号的相位来传输数字信息。

在 BPSK 中，每个二进制数据位被映射到一个相位角度上，这个相位角度可以是 0 度或 180 度中的一个。其中，0 度表示二进制数据位 0，180 度表示二进制数据位 1。

BPSK的原理很简单，它只需要在发送端对数字数据进行相位调制，并将调制后的信号发送到接收端。接收端通过检测信号的相位来恢复原始的数字数据。由于BPSK只使用了两个相位角度，因此它被认为是一种低复杂度的数字调制技术。

BPSK被广泛应用于数字通信领域，例如在无线通信、卫星通信、数字电视、调制解调等方面。

QPSK

$$I * \cos(\phi) + Q * \sin(\phi) = Output$$

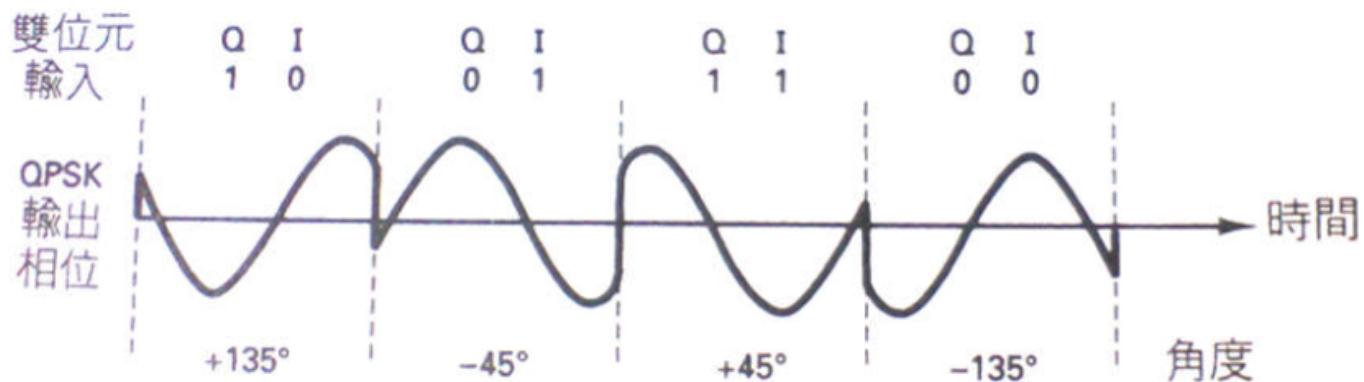
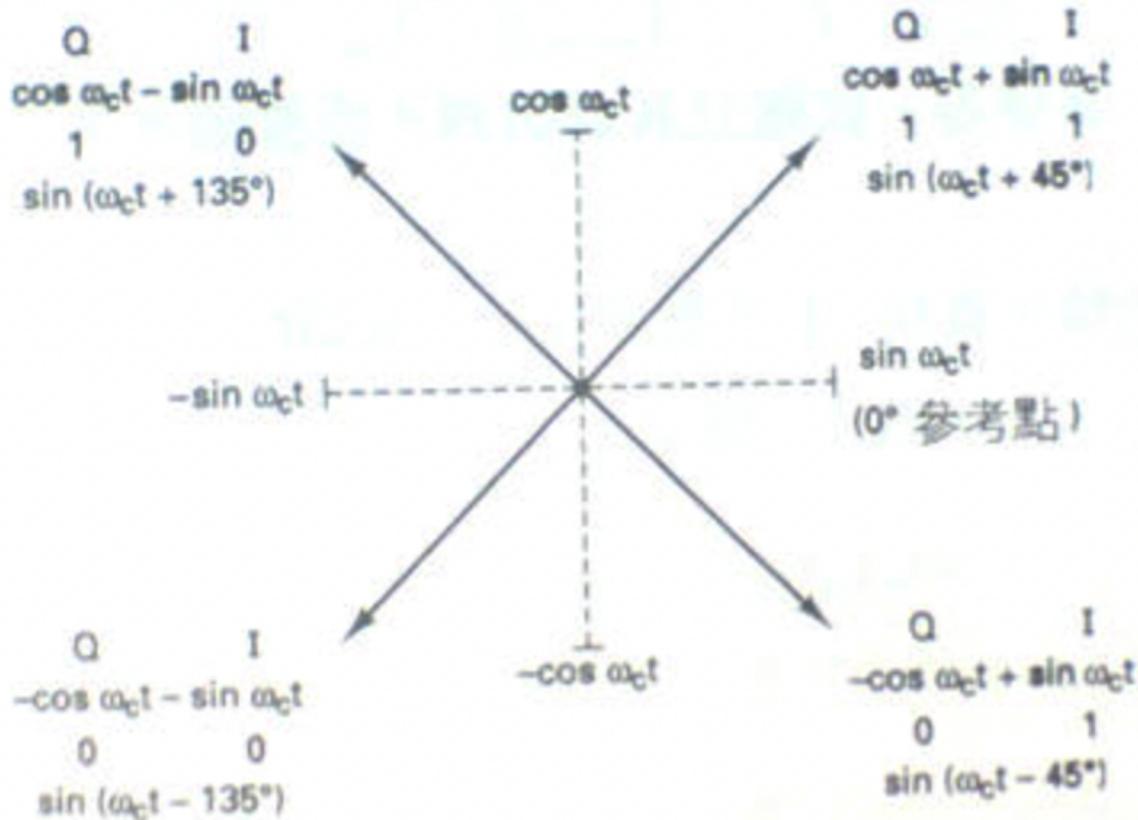
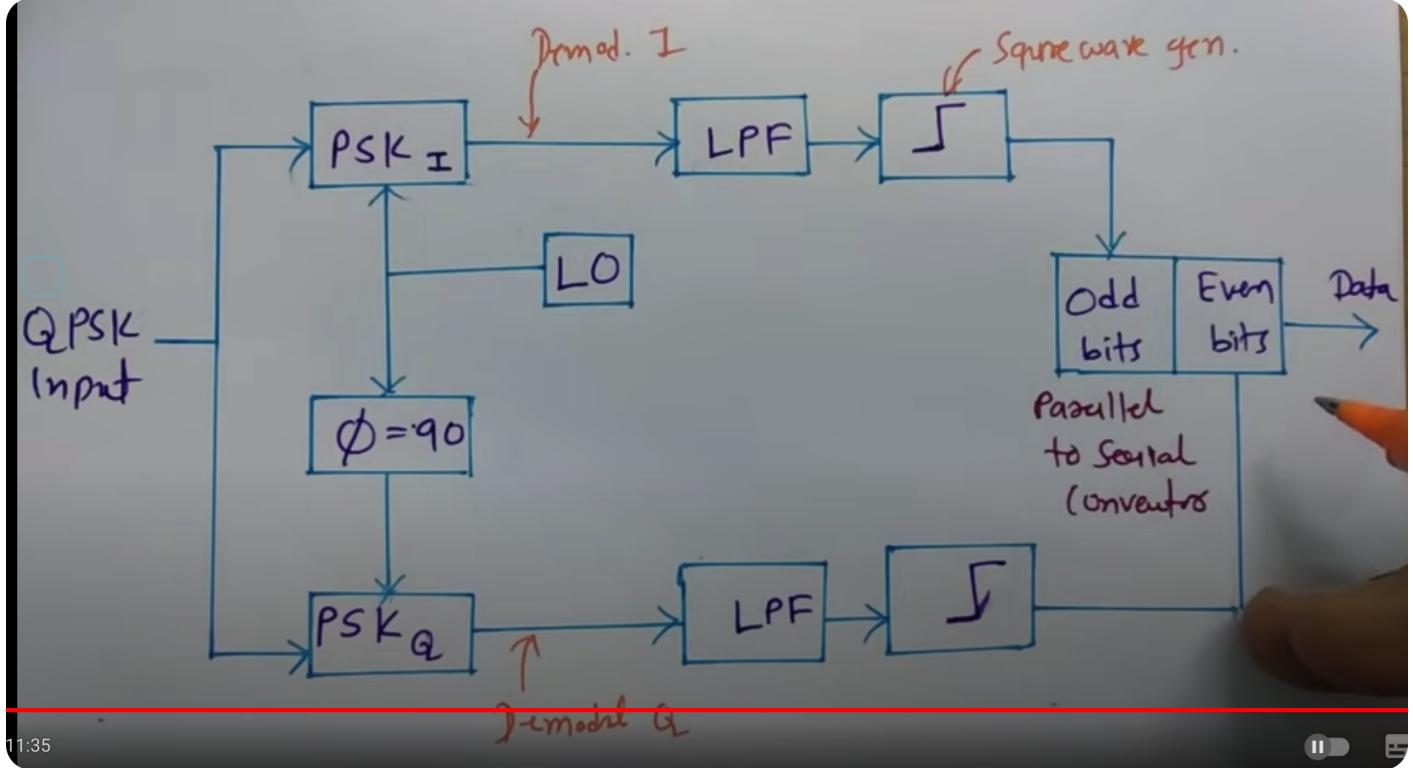


圖11.QPSK調變器輸出中相位對時間的關係圖

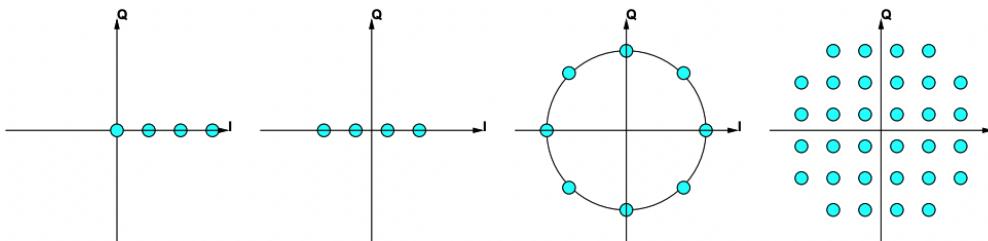


Tutorial

Class

Digital Communication 4

- For each of the digital modulation schemes shown in the constellation diagrams below: (a) describe the modulation scheme, (b) identify the number of bits per symbol, and (c) state the ratio of the bit rate to the symbol (baud) rate and (d) determine the baud rate required to achieve a bit rate of 24 Mbit s^{-1} .



- For the digital stream ...0101010101... determine the spectrum of the modulated waveform for (a) On-Off Keying (b) Binary Phase Shift Keying (c) both I and Q components of Gray-encoded Quadrature Phase Shift Keying. (d) determine the spectrum of the modulated waveform for both I and Q components of Gray-encoded Quadrature Phase Shift Keying for the digital stream ...001100110011...

BPSK/QPSK/PSK : 只改变相位不改变幅值

QAM : 即改变相位也改变幅值

ASK : 只改变幅值

对于下面的星座图所示的每种数字调制方案： (a) 描述调制方案， (b) 确定每个符号的比特数，
(c) 说明比特率与符号 (波特) 率的比率， (d) 确定需要的波特率以实现24 Mbit/s的比特率。

1. 4-ASK

2. 4QAM

3. 星座图为8PSK (8相移键控) 调制

- 调制方案：8PSK调制
- 每个符号的比特数：3比特 (可以将8种不同的相位组合视为3个二进制比特)
- 比特率与符号速率的比率：3/1
- 要实现24 Mbit/s的比特率，所需的符号速率：8 Msymbols/s

4. 星座图为16QAM (16进制振幅调制) 调制

- 调制方案：16QAM调制
- 每个符号的比特数：4比特
- 比特率与符号速率的比率：4/1
- 要实现24 Mbit/s的比特率，所需的符号速率：6 Msymbols/s

下面的只是解释不是答案：

1. BPSK

- (a) BPSK（二进制相移键控）是一种数字调制方案，它使用载波信号的两个相位来表示二进制数据。在BPSK中，“0”位由0度相移表示，“1”位由180度相移表示。
- (b) BPSK每个符号有一个比特。
- (c) 在BPSK中，比特率与符号速率的比率为1: 1。
- (d) 要实现24 Mbit/s的比特率，BPSK所需的符号速率为24 Mbaud/s。

2. QPSK

- (a) QPSK（四相位相移键控）是一种数字调制方案，它使用载波信号的四个相位来表示两位二进制数据。在QPSK中，两个比特由一个符号表示，该符号可以采用四个相位状态之一：0度、90度、180度或270度。
- (b) QPSK每个符号有两个比特。
- (c) 在QPSK中，比特率与符号速率的比率为2: 1。
- (d) 要实现24 Mbit/s的比特率，QPSK所需的符号速率为12 Mbaud/s。

3. 16-QAM

- (a) 16-QAM（16-正交振幅调制）是一种数字调制方案，它使用幅度和相位的组合来表示四个二进制数据比特。在16-QAM中，每个符号表示四个比特，这些比特被分成两组，每组有两个比特。每组比特用于调制载波信号的幅度和相位。
- (b) 16-QAM每个符号有四个比特。
- (c) 在16-QAM中，比特率与符号速率的比率为4: 1。
- (d) 要实现24 Mbit/s的比特率，16-QAM所需的符号速率为6 Mbaud/s。

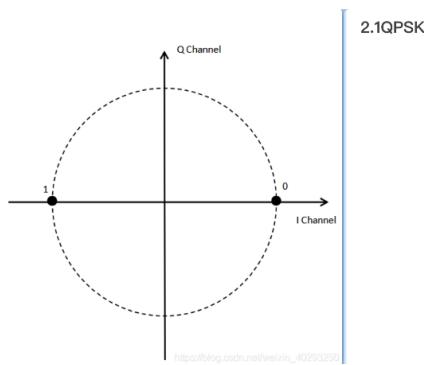
4. 64-QAM

- (a) 64-QAM（64-正交振幅调制）是一种数字调制方案，它使用幅度和相位的组合来表示六个二进制数据比特。在64-QAM中，每个符号表示六个比特，这些比特被分成三组，每组有两个比特。每组比特用于调制载波信号的幅度和相位。
- (b) 64-QAM每个符号有六个比特。
- (c) 在64-QAM中，比特率与符号速率的比率为6: 1。
- (d) 要实现24 Mbit/s的比特率，64-QAM所需的符号速率为4 Mbaud/s。

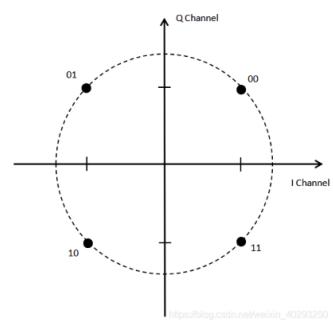
Bit rate : 每秒传输多少bit

Baud Rate : 每秒传输多少symbol

I.1 BPSK



2.1QPSK

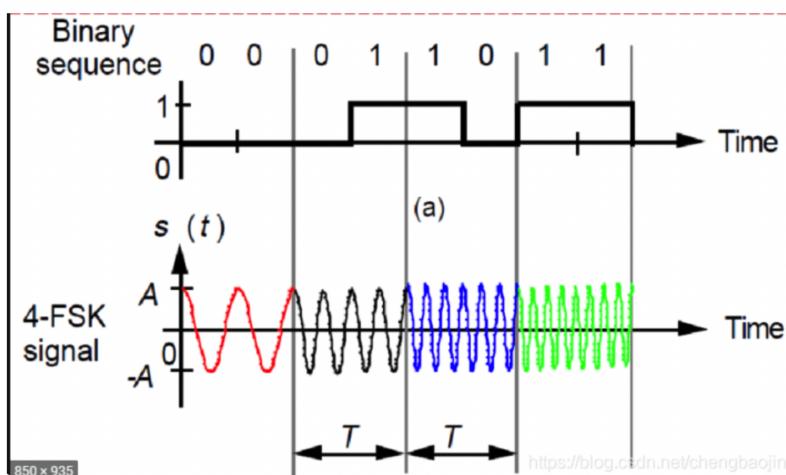


对于数字流010101010101..., 确定以下调制波形的频谱：

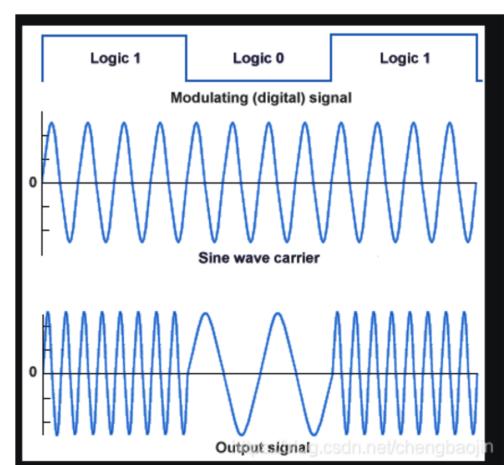
- (a) ~~开关键控 (On-Off Keying)~~
- ~~(b) 二进制相移键控 (Binary Phase Shift Keying)~~
- (c) 灰码编码正交相移键控的I和Q分量。
- (d) 对于数字流001100110011..., 确定灰码编码正交相移键控的I和Q分量的调制波形频谱。

频谱图

4-FSK

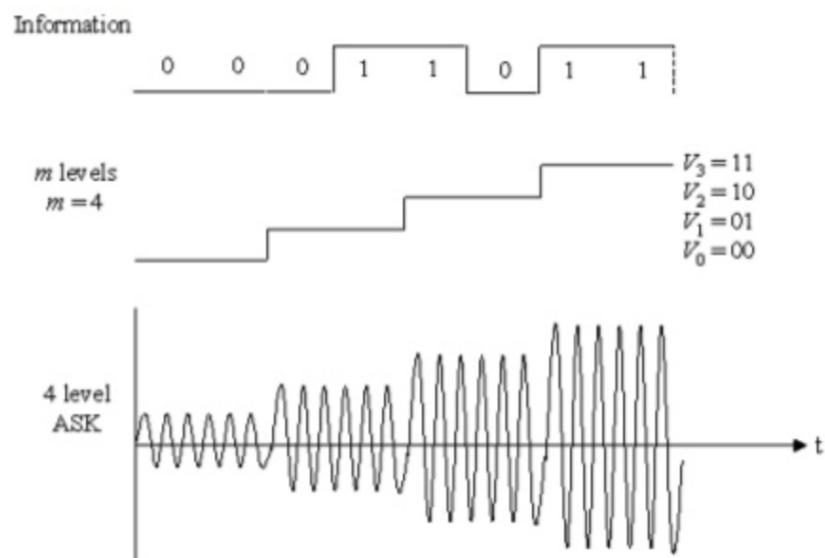


三 FSK



二 ASK

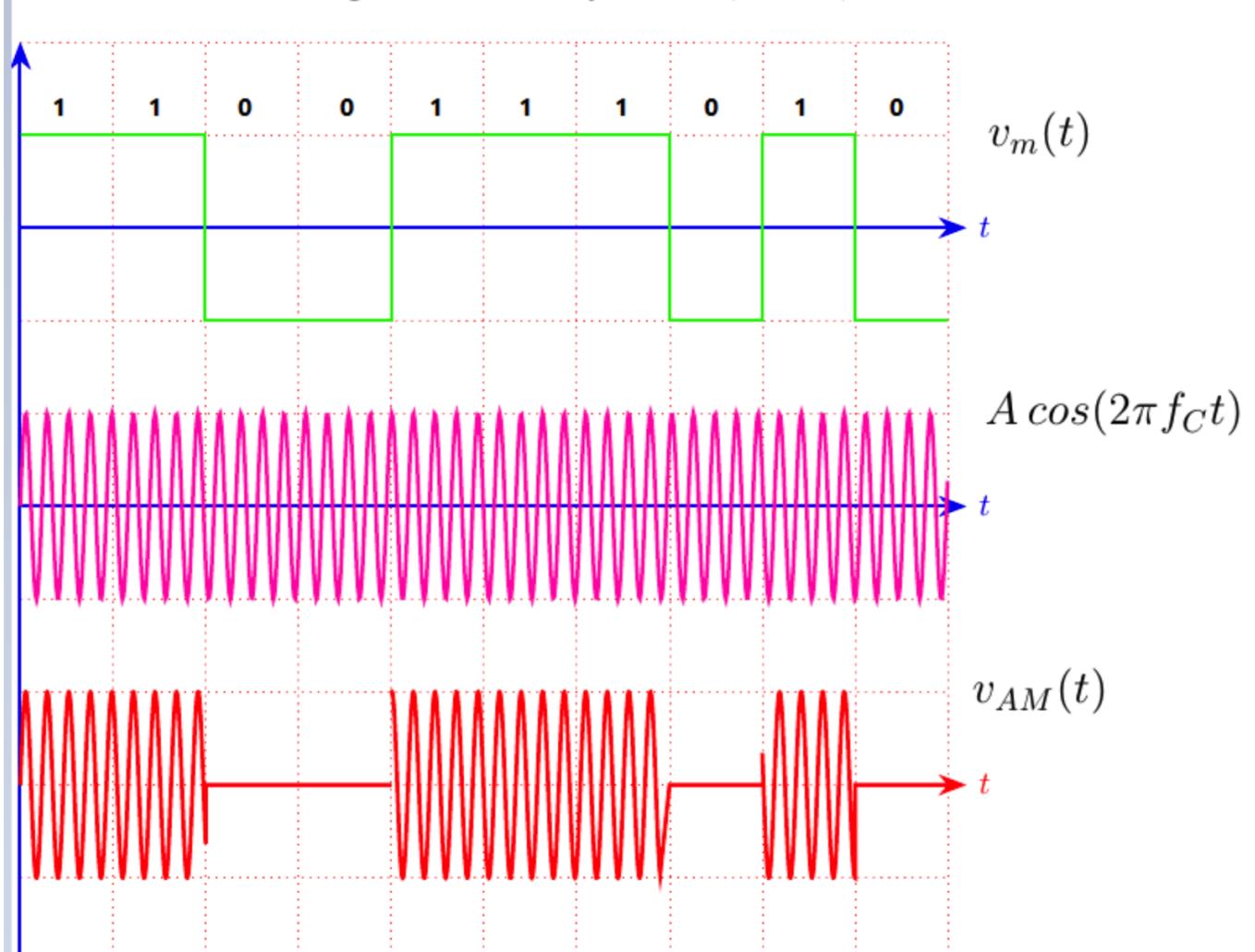
Modulation Types – 4 Level ASK, FSK, PSK



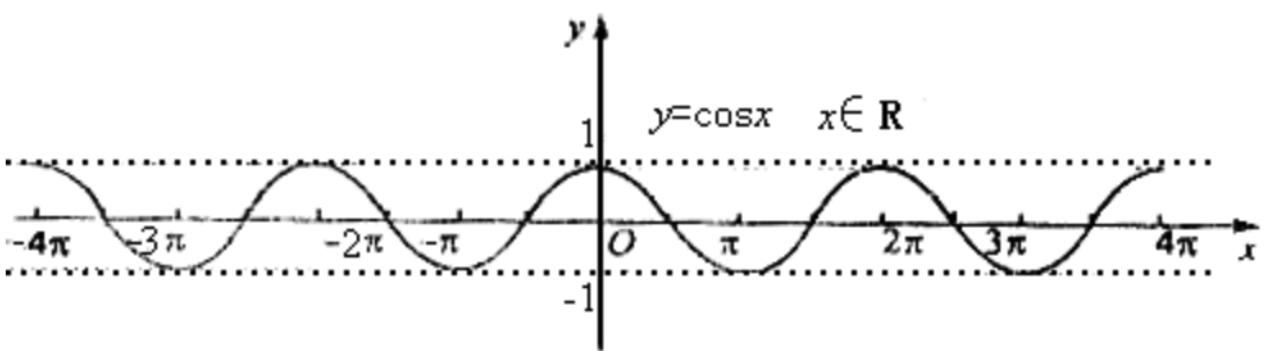
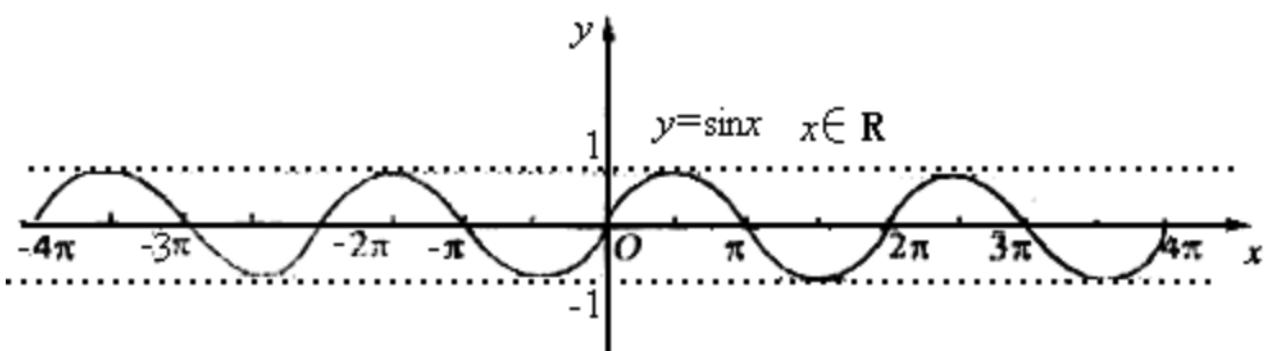
<https://blog.csdn.net/chengbaojin>

on-off keying = amplitude shift keying

(a)

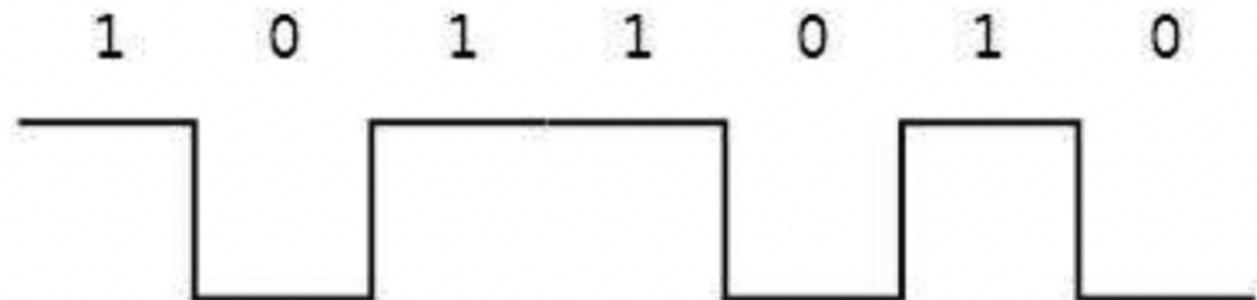


(b)

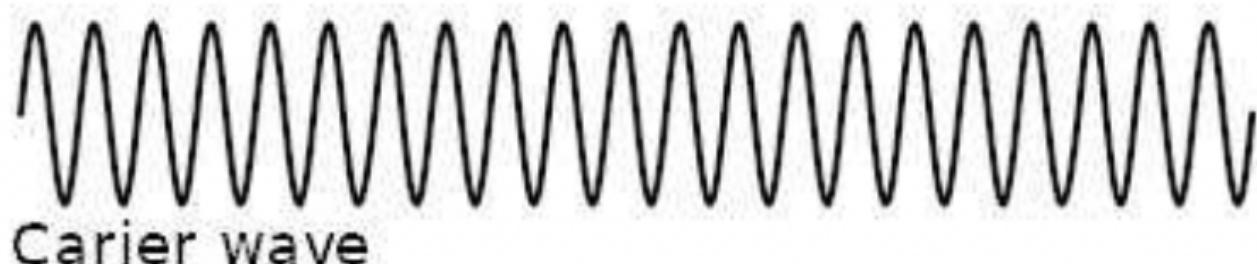


0度表示0

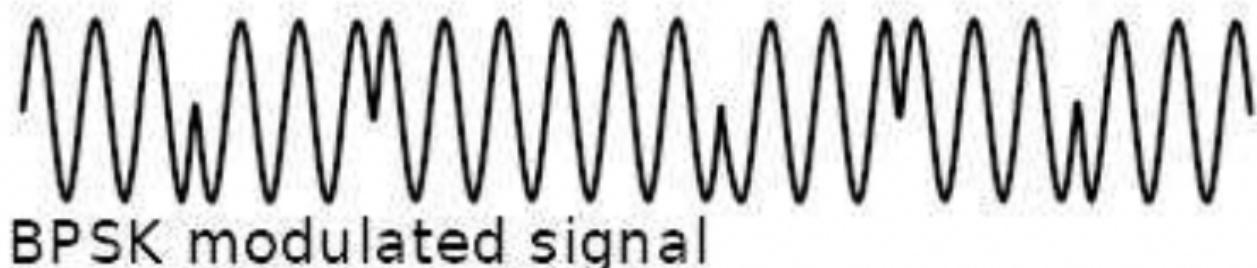
180度表示1



Binary code PRN



Carrier wave



BPSK modulated signal

首先看,这个一个符号是由三个周期的正弦波组成的,然后再画.

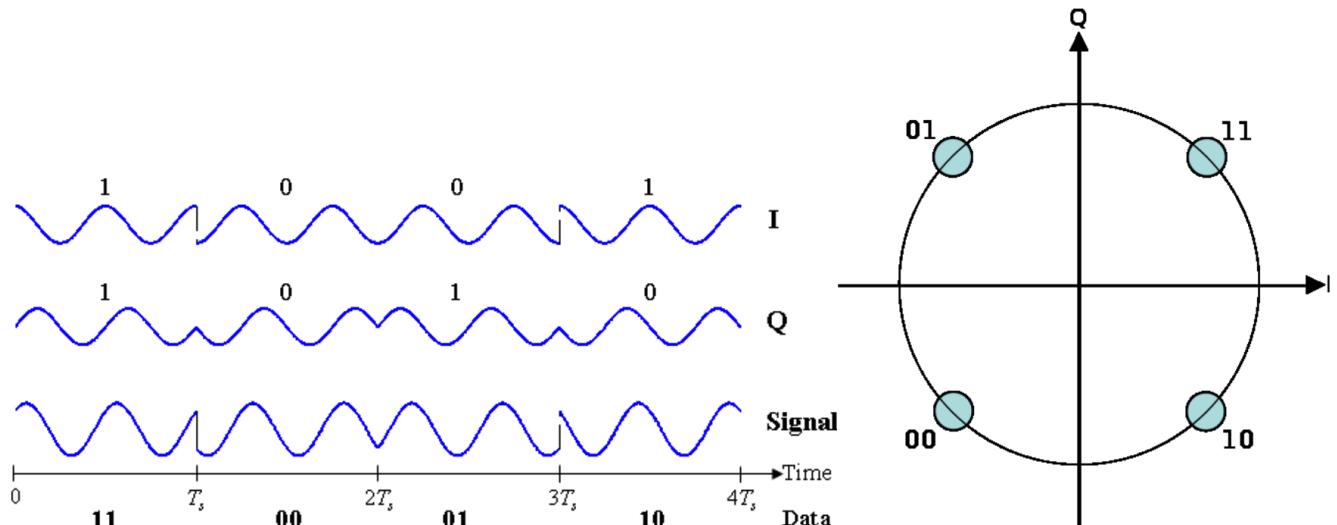
- 横着画一条线, 经过两个圆弧就是一个完整周期

(c) 灰码编码正交相移键控的I和Q分量。

Gray编码是一种二进制编码方式, 其特点是相邻的两个数的编码只有一位不同

QPSK : 00 01 11 10 就是Gray 编码 称为 Gray编码 QPSK或者 G-QPSK

QPSK : 00 11 10 01 就不是Gray编码 这个就是普通QPSK



Gray coded Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK)

所以这里载波是左移了 45° 的正弦波. 左移 45° , 左加. 和IQ分量的相位无关, 只和载波的相位有关!

是的, 将四个点放在坐标轴上与在单位圆上的QPSK星座图, 与载波相位有关。星座图上的点表示载波相位和幅度的组合。在QPSK调制中, 我们调整载波的相位来表示两个比特的组合。

对于通常的QPSK星座图 (点位于单位圆上), 相位是这样分布的:

1. 点1: 45°
2. 点2: 135°
3. 点3: 225°
4. 点4: 315°

而对于将四个点放在坐标轴上的QPSK星座图, 相位是这样分布的:

1. 点1: 0°
2. 点2: 90°
3. 点3: 180°
4. 点4: 270°

在两种布局下, 载波相位不同。然而, 无论哪种布局, QPSK都是利用相位变化来表示信息。需要注意的是, 虽然将点放在坐标轴上的QPSK星座图在高噪声环境下性能较差, 但在实际应用中, 可以根据特定的需求和场景选择合适的星座图布局。

(d)

c就是画出I Q

d就是根据给出的代码画出Signal

2022_Q1?

Q1. Figure Q1 shows the carrier, the in-phase and the in-quadrature components of a digitally modulated waveform.

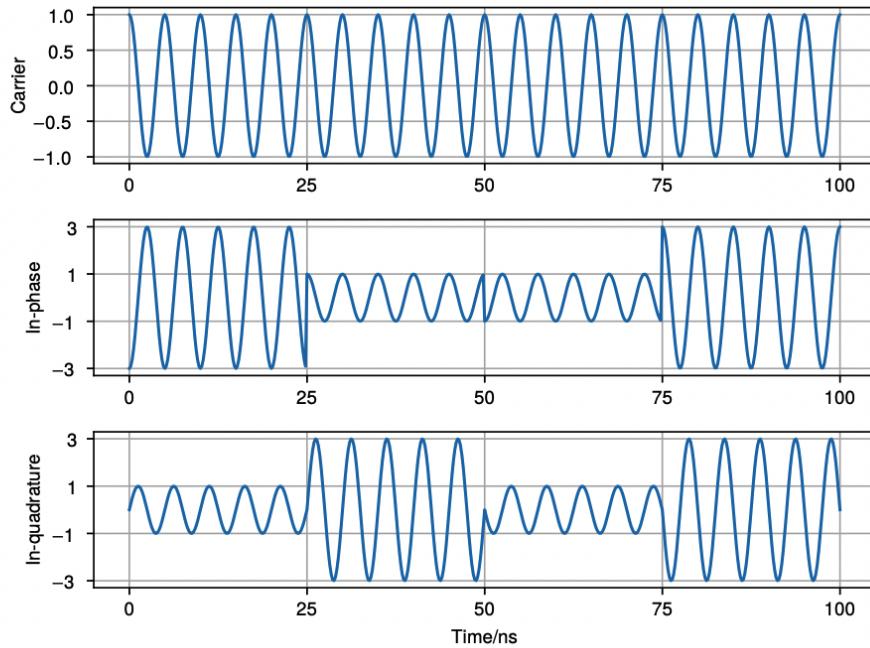


Figure Q1: The carrier, the in-phase and the in-quadrature components of a digitally modulated waveform

- (a) What is the carrier frequency? [2]
- (b) What is the modulation scheme? [3]
- (c) If there are no pairs of repeating symbols in Figure Q1, what is the symbol (baud) rate? [3]
- (d) The modulation scheme uses Gray coding. Provide a valid digital data string that results in this modulated waveform? [4]
- (e) Sketch a constellation diagram for the modulation with the Gray code labels corresponding to your answer to part (d). [3]

(a)

余弦波形:

一开始是最高点,则数最低点比较容易得到完整周期.

共20个最低点,因此共20个完整周期 $\rightarrow 100\text{ns}$,则一个完整周期5ns \rightarrow

$$f = \frac{1}{5 \times 10^{-9}} = 0.2 * 10^9 = 2 * 10^8$$

(b)

16 QAM

数字: 首先有 IQ分析则数字至少为4

I 算上 幅值和相位 4种不同的波形

Q 算上 幅值和相位 4种不同的波形

$44 = 16$, 因为幅值和相位都发生了变化. 所以是 16QAM

(c)

余弦波周期是 210^8 , 每5个完整周期余弦, 代表一个字符. $\frac{210^8}{5} = 0.410^8 = 4 \times 10^7$

(d)?

(e)?

2021 Q2

Q2. Figure Q2 shows the carrier, the in-phase and in-quadrature components of a digitally modulated waveform.

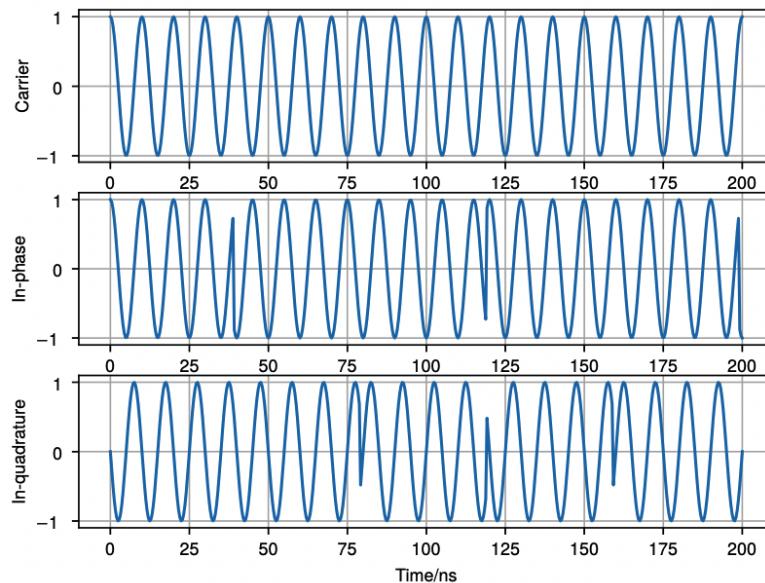


Figure Q2: The carrier, the in-phase and in-quadrature components of a digitally modulated waveform

- (a) What is the carrier frequency? [2]
- (b) What is the modulation scheme? [3]
- (c) If there are no pairs of repeating symbols in Figure Q2, what is the symbol (baud) rate? [3]
- (d) The modulation scheme uses Gray coding. Provide a valid digital data string that results in this modulated waveform? [4]
- (e) Sketch a constellation diagram for the modulation with the Gray code labels corresponding to your answer to part (d). [3]

I cos

Q sin

皮秒 纳秒 微秒 毫秒 秒 ps、ns、us、ms、s 时间单位之间的换算

$1,000,000,000,000$ 皮秒 = 1 秒 (12个0) ps \rightarrow s

$1,000,000,000$ 纳秒 = 1 秒 (9个0) ns \rightarrow s

1,000,000微秒=1秒 (6个0) us -> s

1,000毫秒=1秒 (3个0) ms -> s

(a)

一共是200ns,共20个周期.一个周期是10ns.

$$f = 1/T = 1/10^{-9} = 0.1 * 10^9 = 1 * 10^8 = 10* = 10^8 HZ$$

$10^8 Hz$

(b)

no pairs of repeating 指的是IQ组合起来没有相同的symbols,而不是单个的I Q没有相同的
I 只有两种相位变化

Q 只有两种相位变化

Q I只有相位上的变化,因此是PSK. IQ对应是 2 2 -> QPSK

QPSK

(c)

突变之间有8 周期 4 周期 但是没有重复字符,所以是4*.

如果是8周期,很明显里面有变的.在Q里,8个周期里.相位变了两次.这很明显是不对的.

0 -> 1 ; 180 -> 0

$$\frac{10^8}{4} = 0.25 * 10^8 = 2.5 * 10^7$$

BaudRate : 每s传输多少symbol

4个周期表示一个符号. $2.5 * 10^7$ bd -> 看I Q配合

4个周期表示一个符号,IQ配合没有相同的符号出现 10 10 这个是不行的

- 变化与变化之间看周期数,找最小的

(d)

表示 00 -> 1; 01 -> 1 11 -> 2 10 -> 3 这个是花在星座图上的

IQ: 10 00 01 10 11 -> 这个是我们假装收到了 这些数据.应该译为 -> 3 1 1 3 1 2

(e) ?---

和d一样? 不确定之后再讨论. 那这个星座图是不是就是看载波的相位画了

2020?

Q2

Consider figures Q2(a) and Q2(b) below, which represent the amplitude of a received phase modulated communication signal before and after demodulation respectively. The transmitter was nominally of constant output power.

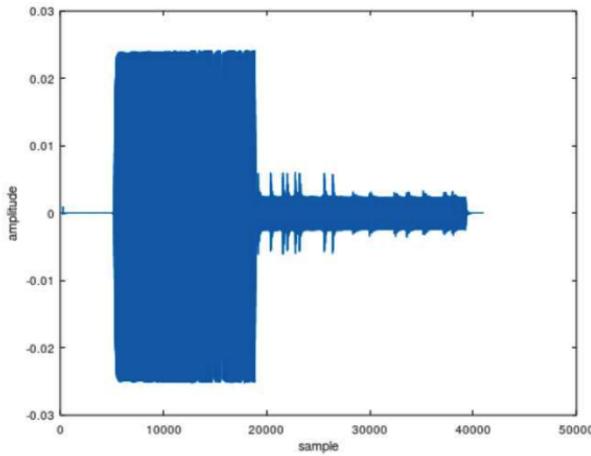


Figure Q2(a)

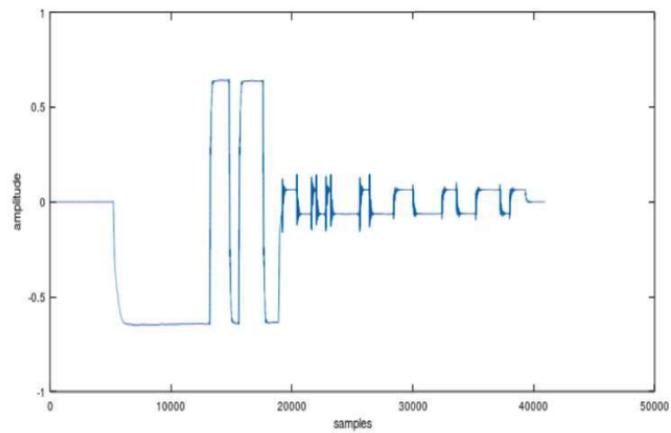


Figure Q2(b)

- (a) What are the most important benefits and disadvantages of phase modulation compared with amplitude modulation in practical digital communications systems. [4]
- (b) Describe the nature of the imperfection(s) in the received signal of Figure Q2, and indicate possible causes of such imperfection(s). [2]
- (c) How could a practical receiver be made more robust to the imperfection(s) described in part (b)? [4]

(a)

(b)

(c)

Q1. Table Q1 shows the range of mobile (cellular) network technologies in current deployment.

2G	2.5G	3G	4G	5G
GSM	GSM+GPRS	UMTS	LTE	NR

Table Q1: range of mobile (cellular) network technologies in current deployment

- (a) State which of these network technologies have circuit-switched elements. [3]
- (b) State which of these network technologies have packet-switched elements. [3]
- (c) Indicate what provisions there are for voice calls where a network technology consists of only packet-switched elements. [3]
- (d) Two major network operators in the US have recently announced a deprecation of all circuit-switched elements. What are the motivations for the network operators in taking this action? [3]
- (e) Indicate what detrimental consequences could affect some users, if any. [3]

Table range of mobile (cellular) network technologies in current deployment
----- -----
2G GSM
2.5G GSM+GPRS
3G UMTS
4G LTE
5G NR

Q1. 表格Q1展示了当前部署的移动（蜂窝）网络技术范围。

- (a) 声明这些网络技术中哪些具有电路交换元素。[3]
- (b) 声明这些网络技术中哪些具有分组交换元素。[3]
- (c) 指出当网络技术仅由分组交换元素组成时，对语音通话有哪些规定。[3]
- (d) 美国的两个主要网络运营商最近宣布放弃所有电路交换元素。运营商采取这一行动的动机是什么？
- (e) 指出如果有的话，可能会影响某些用户的不利后果。[5]

Answer:

- (a) 有电路交换元素的网络技术是2G和3G。
- (b) 有分组交换元素的网络技术是2.5G, 4G和5G。
- (c) 如果网络技术仅由分组交换元素组成，则可以使用VoIP (Voice over Internet Protocol) 来提供语音通话。
- (d) 在美国，两个主要的网络运营商最近宣布将弃用所有电路交换元素。这样做的动机可能是为了降低网络维护成本、提高网络效率、使移动网络更好地适应未来技术的发展等。

(e) 一些用户可能会在覆盖范围和服务质量等方面受到影响，特别是在农村地区和偏远地区，因为在这些地区的网络覆盖不够完善，可能会导致信号不稳定、通信质量不佳等问题。

2019

- Q1 (a) Define the terms *symbol rate* and *bit rate* applied to digital communications.[4]
- (b) How many bits per symbol are transmitted via 4-QAM, and how would you assign bits to the constellation? [3]
- (c) The constellation diagrams for 16 Amplitude and Phase Shift Keying (APSK) and 16-QAM are shown in Figure Q1. Under what conditions would APSK be preferable to QAM and vice versa? [3]

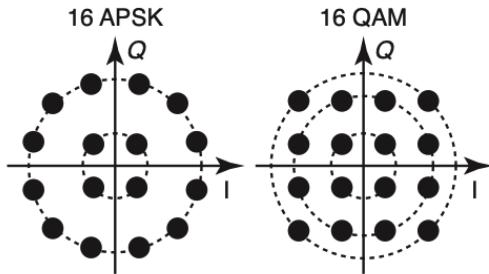


Figure Q1

(a)

Bit Rate frequency of the system bit stream

Symbol Rate (or BAUD Rate) Bit Rate divided by number of bits per symbol

Signal Bandwidth depends on the Symbol Rate

example: bit sequence 00, 01, 10 and 11 are represented by 4 ($= 2^2$) symbols

翻译 Symbol rate and bit rate are two important concepts in digital communications that describe different aspects of data transmission.

Symbol rate: Symbol rate, also known as baud rate, is a measure of the number of symbols transmitted per second over a communication channel. A symbol represents a specific value or state and can be a single bit or a group of bits, depending on the modulation scheme used. In digital communication systems, symbols are used to represent information, and different modulation schemes (e.g., Quadrature Amplitude Modulation or QAM) can be used to encode multiple bits into each symbol. The symbol rate is typically measured in baud or symbols per second (sps).

Bit rate: Bit rate, also known as data rate or bit speed, is a measure of the number of bits transmitted per second over a communication channel. It represents the overall capacity of a communication system to convey digital information and is directly related to the amount of data that can be transmitted in a given period. The bit rate is influenced by factors such as modulation scheme, symbol rate, and the number of bits encoded per symbol. Bit rate is typically measured in bits per second (bps).

In summary, symbol rate refers to the rate at which symbols are transmitted over a communication channel, while bit rate refers to the rate at which bits of information are transmitted. The relationship between symbol rate and bit rate depends on the modulation scheme and the number of bits encoded per symbol.

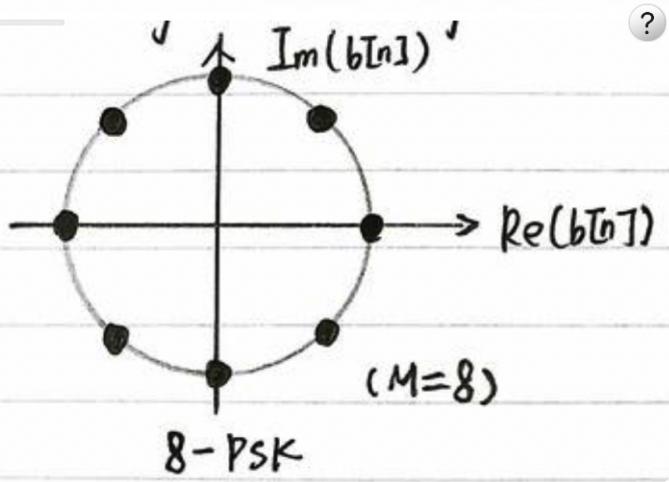
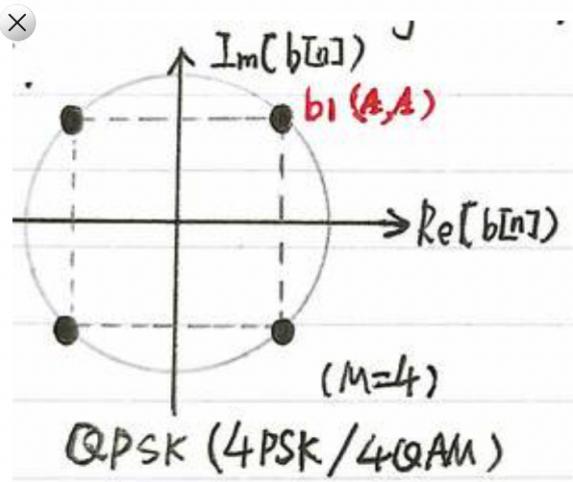
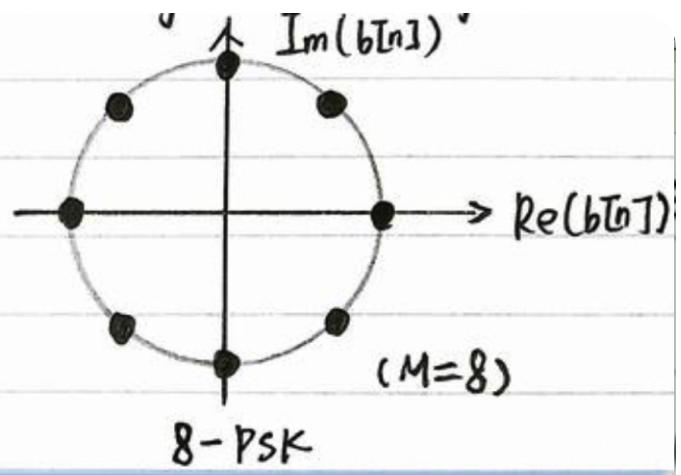
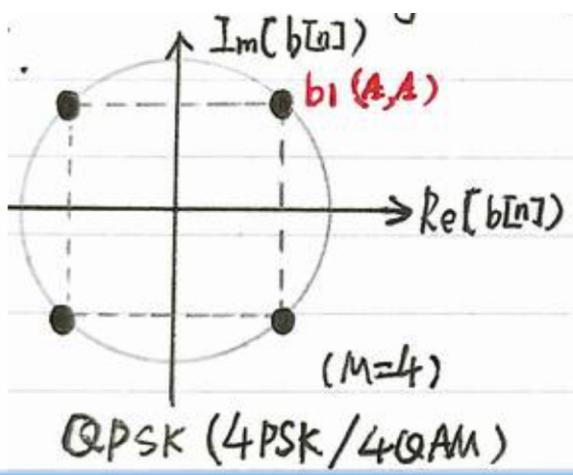
符号率和比特率是数字通信中描述数据传输不同方面的两个重要概念。

符号率：符号率也称波特率，是衡量每秒在通信信道上传输的符号数的度量。一个符号表示一个特定的值或状态，可以是一个比特或一组比特，具体取决于所使用的调制方案。在数字通信系统中，符号用于表示信息，不同的调制方案（如正交振幅调制或QAM）可以用于将多个比特编码成一个符号。符号率通常用波特（baud）或每秒传输的符号数（sps）来衡量。

比特率：比特率也称数据率或比特速率，是衡量每秒在通信信道上传输的比特数的度量。它代表了通信系统传递数字信息的总体能力，直接影响在给定时间内可以传输的数据量。比特率受到调制方案、符号率和每个符号编码的比特数等因素的影响。比特率通常用比特每秒

(b)

$$\text{kbits per symbol } n = 2^k - > nQAM$$



(c)

APSK, or Amplitude and Phase Shift Keying, is a type of modulation that combines both amplitude and phase modulation. It uses a varying number of rings in its constellation diagram, where each ring represents a specific amplitude level and phase shift. By using different numbers of rings, APSK can achieve different trade-offs between power efficiency and spectral efficiency.

QAM, or Quadrature Amplitude Modulation, is a type of modulation that uses a two-dimensional constellation diagram to encode multiple bits per symbol. It modulates the amplitude and phase of a carrier signal to represent a constellation of points in the diagram. The number of points in the constellation is determined by the number of bits encoded per symbol.

In terms of performance, APSK can provide higher power efficiency and improved bit error rate performance compared to QAM, especially in channels with high levels of interference. However, QAM is typically more spectrally efficient than APSK, allowing for higher data rates in a given bandwidth.

The choice between APSK and QAM depends on the specific requirements of the communication system, including the channel characteristics, data rate requirements, and available bandwidth.

APSK和QAM是数字通信中常见的调制技术。两者都利用不同的信号点进行调制，以传输数字信息。在选择使用APSK还是QAM时，需要考虑以下因素：

1. 频带宽度：APSK相比QAM具有更大的频带宽度效率，因为它可以使用不同幅度和相位来表示更多的符号，从而提高信道传输效率。
2. 可靠性：QAM的可靠性比APSK更高，因为它可以在更小的信噪比下实现相同的误码率。APSK在更高的信噪比下可能会产生更高的误码率，这可能会导致传输错误。
3. 多径衰落：在多径衰落环境下，APSK比QAM更具鲁棒性。这是因为APSK可以使用相位来调制信号，从而使其对相位扭曲更具鲁棒性，这在无线通信中是非常重要的。

因此，在选择使用APSK还是QAM时，需要权衡频带宽度效率、可靠性和鲁棒性等因素。在频带宽度较大、多径衰落环境中，使用APSK更为可取；而在信道质量较差、对传输可靠性要求较高的情况下，选择QAM更为合适。

ASK PSK FSK QAM 优缺点

这几种调制方式都是无线通信中常用的调制技术，每种技术都有其特点和应用场景。以下是它们的优缺点：

1. ASK (振幅键控 Amplitude Shift Keying):

优点：

- a) 系统实现简单，成本低。
- b) 在信噪比较高的情况下，性能较好。

缺点：

- a) 对信道的干扰敏感，抗噪声能力较差。
- b) 频谱效率较低。

2. PSK (相位键控 Phase Shift Keying):

优点：

- a) 抗噪声能力强，尤其是相对于ASK。
- b) 频谱效率较高。
- c) 适用于高速数据传输。

缺点：

- a) 实现复杂度高于ASK。
- b) 需要准确的载波恢复，否则会导致相位误差。

3. FSK (频率键控 Frequency Shift Keying):

优点：

- a) 抗干扰能力较好，尤其在瑞利信道中。
- b) 适用于低速数据传输。
- c) 能够实现非相干检测，简化接收器设计。

缺点：

- a) 频谱效率较低。
- b) 实现复杂度相对较高。

4. QAM (正交幅度调制 Quadrature Amplitude Modulation):

优点：

- a) 频谱效率高，可以在有限的带宽内传输更多的信息。
- b) 适用于高速数据传输。
- c) 可以调整调制阶数，根据信道条件灵活选择合适的QAM阶数。

缺点：

- a) 实现复杂度高。

b) 对信道的干扰敏感，抗噪声能力较差，尤其在高阶QAM情况下。

c) 需要准确的载波和相位恢复。

总结：ASK、PSK、FSK 和 QAM 这几种调制方式都有其特点和适用场景。ASK 和 FSK 更适用于低速、成本敏感型应用，而 PSK 和 QAM 更适用于高速、频谱效率要求较高的应用。在选择调制方式时，需要根据通信系统的需求和信道条件来权衡各种因素。

英文给出上面的回答

These modulation techniques are commonly used in wireless communication, and each has its own characteristics and application scenarios. Below are their advantages and disadvantages:

1. ASK (Amplitude Shift Keying):

Advantages:

- a) Simple system implementation and low cost.
- b) Good performance in situations with high signal-to-noise ratio.

Disadvantages:

- a) Sensitive to channel interference, with poor noise immunity.
- b) Low spectral efficiency.

2. PSK (Phase Shift Keying):

Advantages:

- a) Strong noise immunity, particularly when compared to ASK.
- b) High spectral efficiency.
- c) Suitable for high-speed data transmission.

Disadvantages:

- a) Higher implementation complexity than ASK.
- b) Requires accurate carrier recovery, otherwise phase errors may occur.

3. FSK (Frequency Shift Keying):

Advantages:

- a) Good interference resistance, especially in Rayleigh fading channels.
- b) Suitable for low-speed data transmission.

c) Non-coherent detection can be implemented, simplifying receiver design.

Disadvantages:

- a) Low spectral efficiency.
- b) Relatively high implementation complexity.

4. QAM (Quadrature Amplitude Modulation):

Advantages:

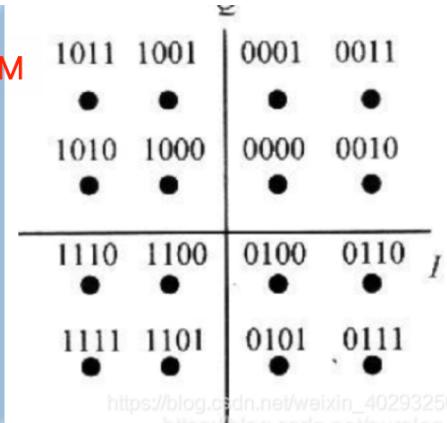
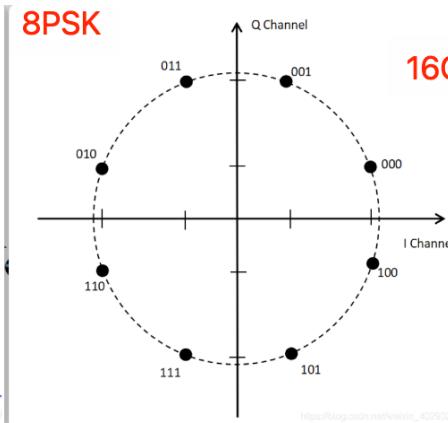
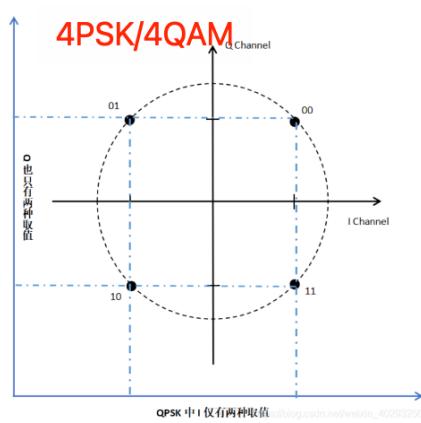
- a) High spectral efficiency, allowing for the transmission of more information within a limited bandwidth.
- b) Suitable for high-speed data transmission.
- c) Modulation order can be adjusted, allowing for flexible selection of QAM orders according to channel conditions.

Disadvantages:

- a) High implementation complexity.
- b) Sensitive to channel interference, with poor noise immunity, especially in high-order QAM scenarios.
- c) Requires accurate carrier and phase recovery.

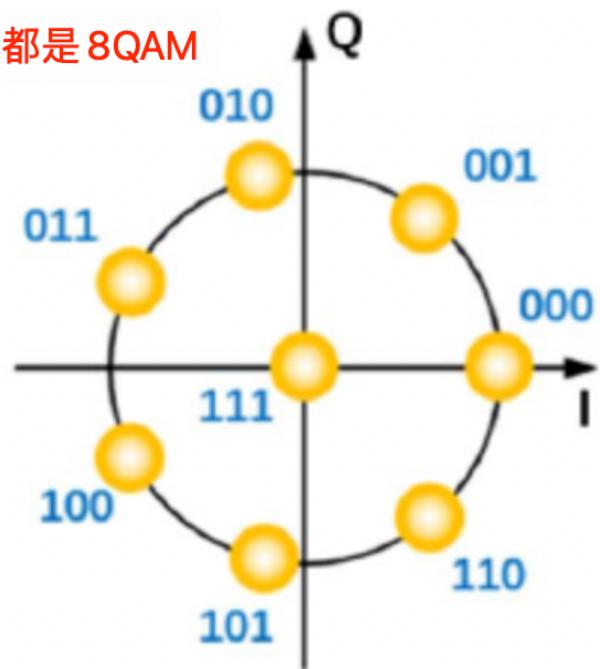
In summary, ASK, PSK, FSK, and QAM each have their own characteristics and application scenarios. ASK and FSK are more suitable for low-speed, cost-sensitive applications, while PSK and QAM are more suitable for high-speed, spectral efficiency-demanding applications. When choosing a modulation technique, various factors need to be weighed according to

8 16 QAM PSK

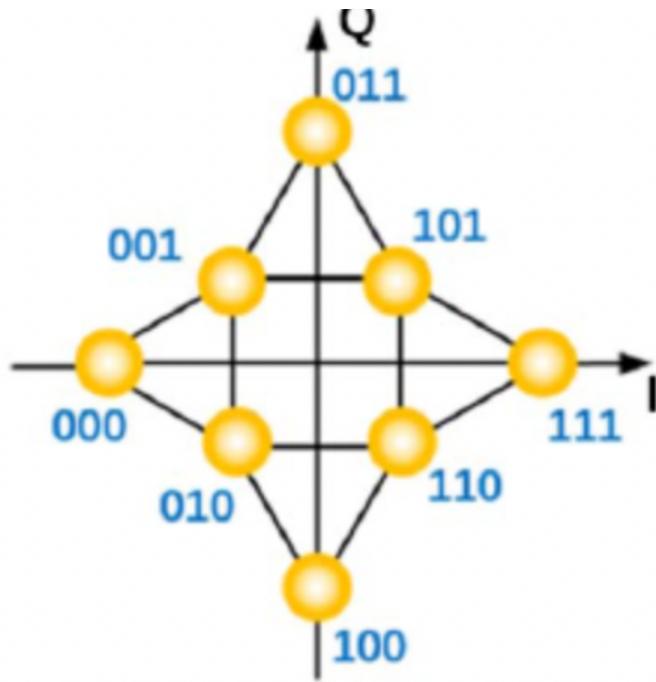


一般不会有16PSK,到16就是16QAM了.

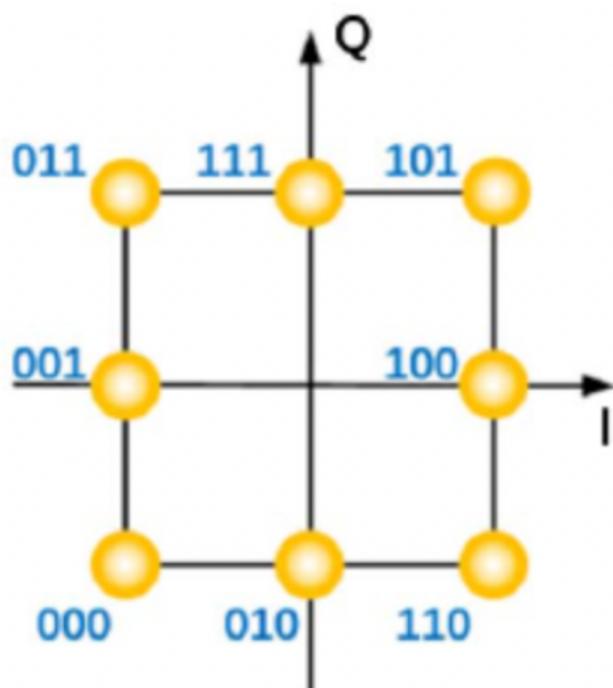
都是 8QAM



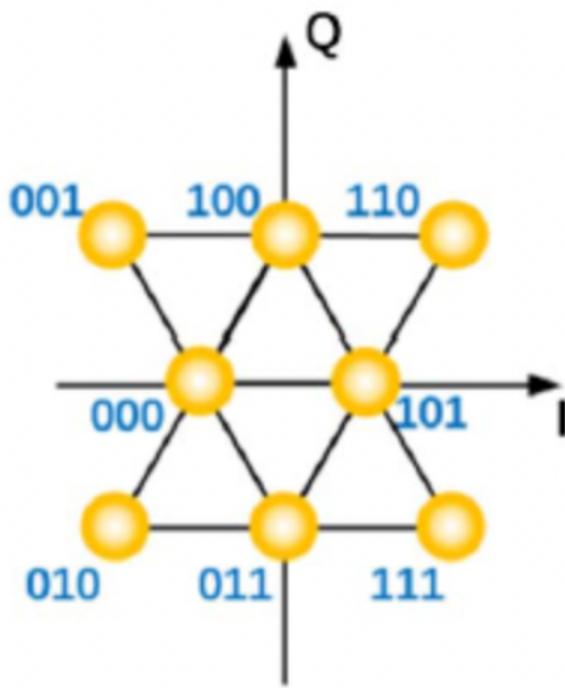
(a) circular (7,1)



(b) circular (4,4)



(c) rectangular



(d) triangular

QAM

APSK星座图一定是几个同心圆

(a)也是一种特殊的APSK

对不起，我刚才写错了，我想表达的是因为相位差会导致信号之间的干涉和叠加，从而改变信号的振幅。

当发送端和接收端的相位不同，它们所产生的信号将会在接收端相加。如果相位差较小，信号之间的叠加不会明显改变它们的振幅。但是，如果相位差较大，信号之间的叠加会导致它们的相位部分相互抵消，从而使得信号的振幅减小。这种相互抵消的现象称为干涉。

举个例子，假设发送端和接收端的相位差为 90° 。当接收端接收到发送端发送的一个信号时，由于相位差的存在，它同时也会接收到一个振幅相等、相位相差 90° 的信号。这两个信号之间会发生干涉，相互抵消部分信号的振幅，从而使得接收端解调出来的信号振幅变小。如果相位差更大，干涉效应就会更明显，信号振幅减小得更多。