

MATLAB 的 PSK 调制和解调及仿真实验

Psk 调制是通信系统中最为重要的环节之一，Psk 调制技术的改进也是通信系统性能提高的重要途径。本文首先分析了数字调制系统的基本调制解调方法，然后，运用 Matlab 及附带的图形仿真工具——Simulink 设计了这几种数字调制方法的仿真模型。通过仿真，观察了调制解调过程中各环节时域和频域的波形，并结合这几种调制方法的调制原理，跟踪分析了各个环节对调制性能的影响及仿真模型的可靠性。最后，在仿真的基础上分析比较了各种调制方法的性能，并通过比较仿真模型与理论计算的性能，证明了仿真模型的可行性。

MATLAB 简介

MATLAB 软件是美国 Math works 公司的产品，MATLAB 是英文 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。从 1984 年推出了它的第一个 DOS 版本至今，一经推出了 6.5 版。Matrix Laboratory 意为“矩阵实验室”，从它的本意可以知道，最初的 MATLAB 只是一个数学计算工具。但现在的 MATLAB 已经远不仅仅是一个“矩阵实验室”，它已经成为一个集概念设计、算法开发、建模仿真、实时实现于一体的集成环境，它拥有许多衍生的子集工具^[9]。

新的版本集成了日常数学处理中的各种功能，包括高效的数值计算、矩阵运算、信号处理和图形生成等等的常用功能。在 MATLAB 环境下，用户可以集成地进行程序设计、数值计算、图形绘制、输入输出、文件管理等各项操作。MATLAB 提供了一个人机交互的数学系统环境，该系统的基本数据结构是矩阵，在生成矩阵对象时，不要求作明确的维数说明，所谓交互式语言，是指人们给出一条命令，立即就可以得出该命令的结果。该语言无需像 C 和 Fortran 语言那样，首先要求使用者去编写源程序，然后对之进行编译、连接，最终形成可执行文件。这无疑会给使用者带来了极大的方便，因此，利用 MATLAB 可以节省大量的编程时间。2002 年 6 月 Mathworks 公司正式推出 MATLAB Release 13，即 MATLAB 6.5 / Simulink 5.0 这是目前应用最广的版本。

MATLAB 主要由 C 语言编写而成，采用 LAPACK 为底层支持软件包。MATLAB 的编程非常简单，它有着比其他任何计算机高级语言更高的编程效率、更好的代码可读性和移植性，以致被誉为“第四代”计算机语言。

PSK 调制系统

3.1 2PSK 数字调制原理

3.1.1 2PSK 数字调制

2PSK 信号用载波相位的变化来表征被传输信息的状态，通常规定 0 相位载波和 π 相位载波分别表示传“1”和传“0”。

设二进制单极性码为 a_n ，其对应的双极性二进制码为 b_n ，则 2PSK 信号的一般时域信号可以表示为：

$$S_{2psk}(t) = \left[\sum_n b_n g(t-nT_s) \right] \cos \omega_c t$$

式中 $b_n = -1$ (当 $a_n = 0$ 时，概率为 P)
 $b_n = 1$ (当 $a_n = 1$ 时，概率为 $1-P$)，

则时域信号可以变为：

$$S_{2psk}(t) = \left[\sum_n g(t-nT_s) \right] \cos(\omega_c t + \pi), \quad \text{当 } a_n = 0 \text{ 时}$$

$$S_{2psk}(t) = \left[\sum_n g(t-nT_s) \right] \cos(\omega_c t + 0) \quad \text{当 } a_n = 1 \text{ 时}$$

由此可知 2PSK 信号是一种双边带信号，功率谱为：

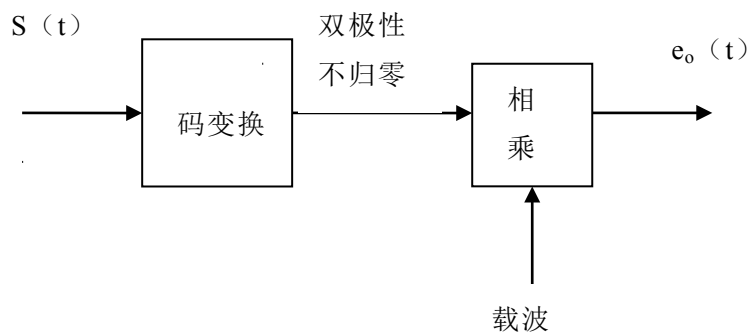
$$P_{2PSK}(f) = f_s = P(1-P) [|G(f+f_s)|^2 + |G(f-f_s)|^2] \\ + \frac{1}{4} f_s^2 (1-P)^2 |G(0)|^2 [\delta(f+f_s) + \delta(f-f_s)]$$

2PSK 信号的带宽为 $B_{2PSK} = (f_c + R_s) - (f_c - R_s) = 2R_s$

式中 R_s 为码元速率。

值得注意的是，2PSK 码元序列的波形与载频和码元持续时间之间的关系有关。当一个码元中包含有整数个载波周期时，在相邻码元的边界处波形是不连续的，或者说相位是不连续的。当一个码元中包含的载波周期数比整数个周期多半个周期时，则相位连续。当载波的初始相位差 90 度时，即余弦波改为正弦波时，结果类似。以上说明，相邻码元的相位是否连续与相邻码元的初始相位是否相同不可混为一谈。只有当一个码元中包含有整数个载波周期时，相邻码元边界处的相位跳变才是由调制引起的相位变化^[16]。

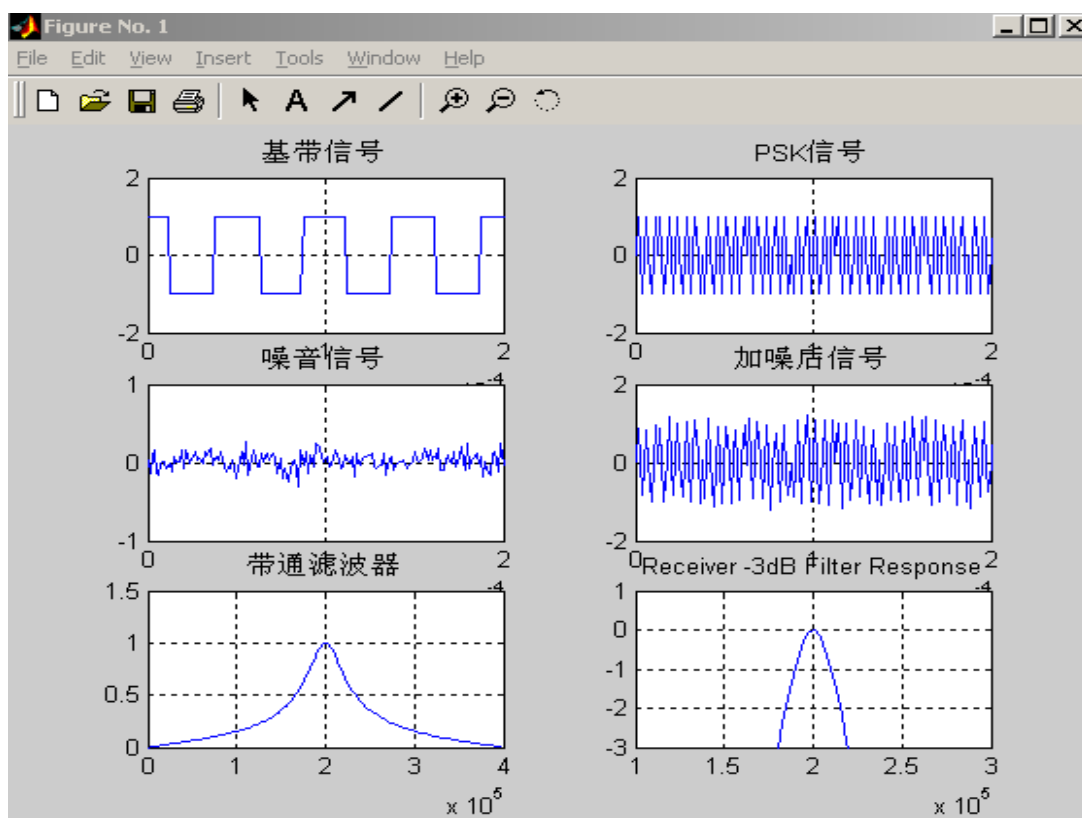
2PSK 信号的产生方法主要有两种。第一种叫相乘法，是用二进制基带不归零矩形脉冲信号与载波相乘，得到相位反相的两种码元。第二种方法叫选择法，是用此基带信号控制一个开关电路，以选择输入信号，开关电路的输入信号是相位相差 π 的同频载波。这两种方法的复杂程度差不多，并且都可以用数字信号处理器实现。

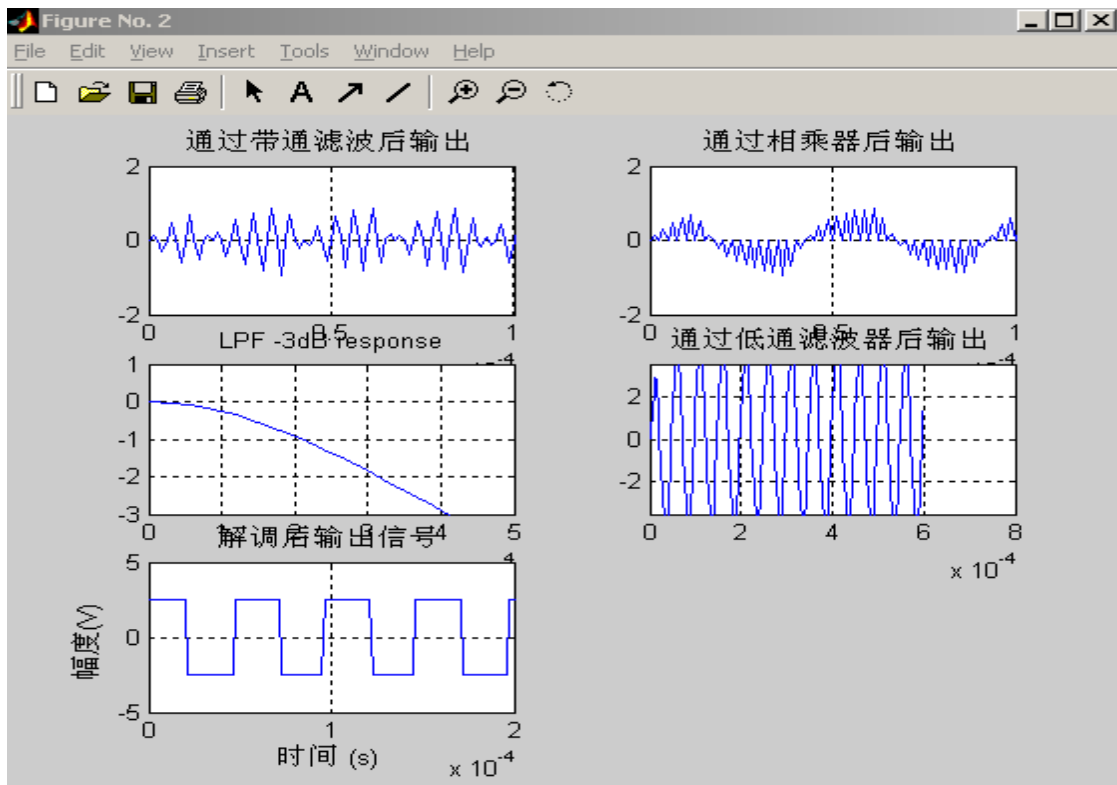


2PSK 及 2DPSK 的调制方框图

3.1.1 用 M 文件编程实现

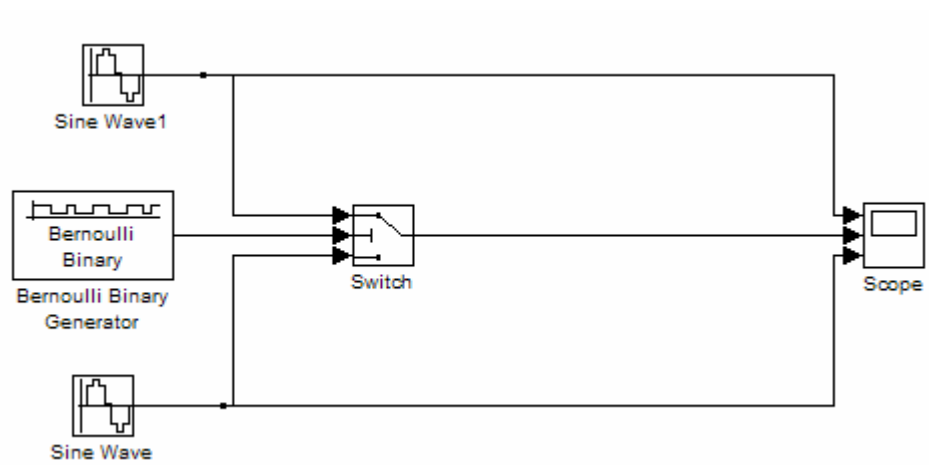
程序见附录一



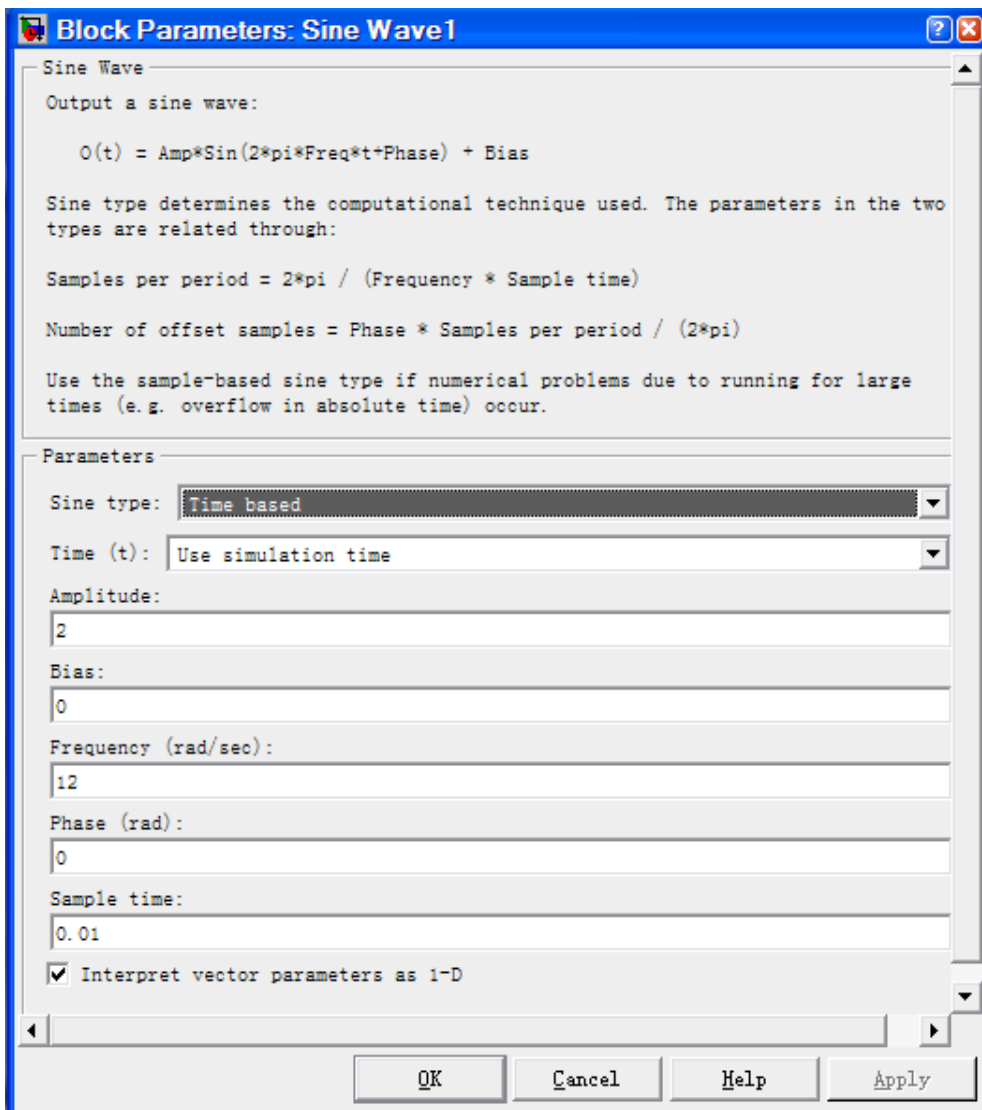


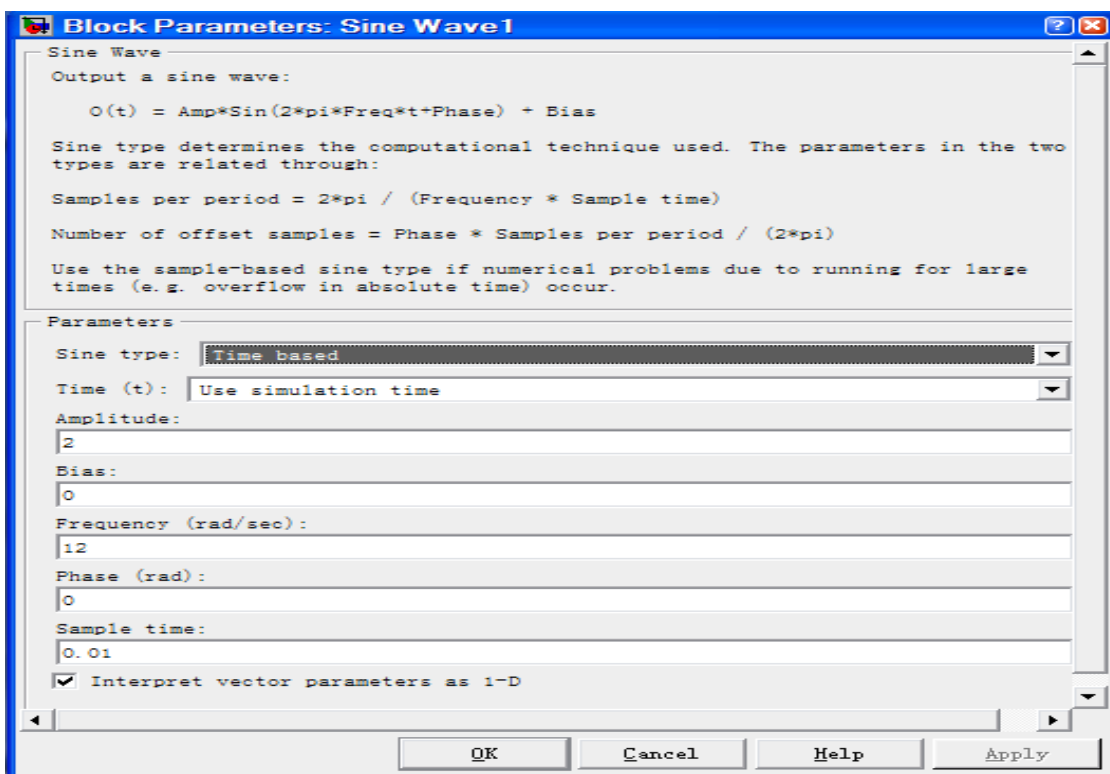
3.1.3 用 Simulink 实现 PSK 调制

首先构造如图 20 所示的 Simulink 模型：

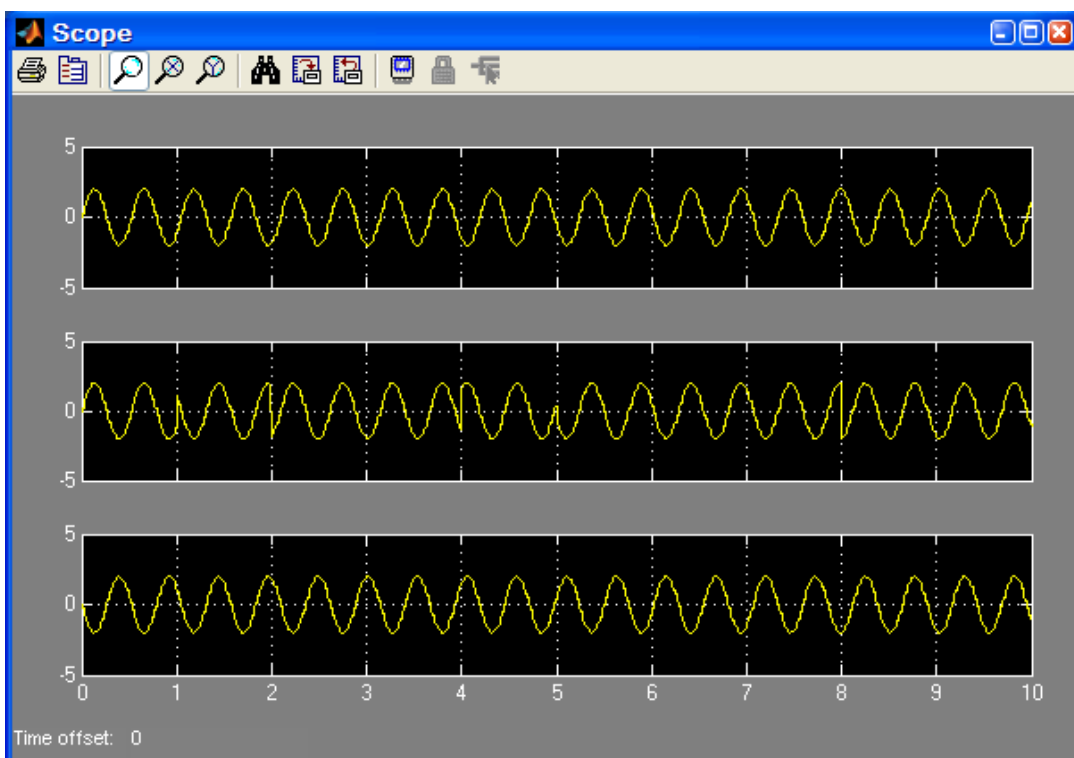


这里载波的参数设置见图下图，为了便于观察将载波频率设置为：





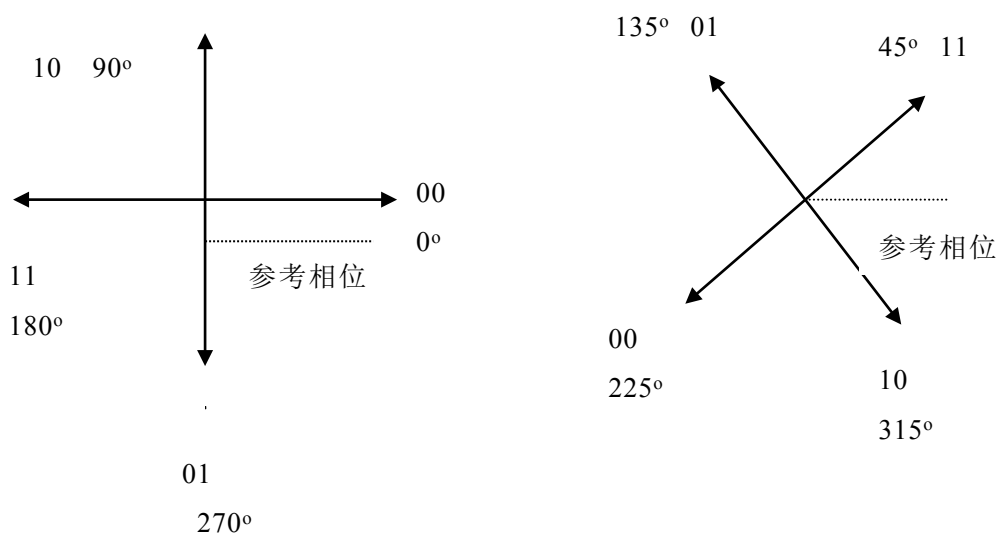
这样，所需模块找到以后，排列好，用简单的直线连接起来，点击运行，然后双击示波器 scope，便出现所需的 PSK 调制波形。这里对示波器进行参数设置，使之同时显示二进制序列，载波波形和调制信号波形，见图



3.2 4PSK 的调制和解调

3.2.1 4PSK 信号

四进制绝对相移键控(4PSK)直接利用载波的四种不同相位来表示数字信息。4PSK 信号相位 φ_n 矢量图如下



由于每一种相位代表两个比特信息,因此每个四进制码元可以用两个二进制码元的组合来表示。两个二进制码元中的前一比特用 **a** 来表示, 后一比特用 **b** 表示, 则双比特 **ab** 与载波相位的关系入下图:

双比特 **ab** 与载波相位的关系

双比特码元		载波相位 (φ_n)	
a	b	A 方式	B 方式
0	0	0°	225°
1	0	90°	315°
1	1	180°	45°
0	1	270°	135°

4PSK 信号可以表示为

$$e_{4PSK}(t) = \sum_n g(t-nT_s)\cos(\omega_c t + \varphi_n)$$

式中， $g(t)$ 为信号包络波形，通常为矩形波，幅度为 1； T_s 为码元时间宽度； ω_c 为角频率； φ_n 为第 n 个码元对应的相位，可取 $\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4$ 这四种值。

4PSK 信号可以表示为 正交形式：

$$\begin{aligned} e_{4PSK}(t) &= \left[\sum_n g(t-nT_s)\cos\varphi_n \right] \cos\omega_c t - \sum_n [g(t-nT_s)\sin\varphi_n] \sin\omega_c \\ &= \left[\sum_n a_n g(t-nT_s)\cos\omega_c t - \sum_n b_n g(t-nT_s) \sin\omega_c t \right] \\ &= I(t) \cos\omega_c t - Q(t) \sin\omega_c t \end{aligned}$$

式中 $I(t) = \sum_n a_n g(t-nT_s)$

$Q(t) = \sum_n b_n g(t-nT_s)$

其中 a_n, b_n 分别是 $\cos\varphi_n, \sin\varphi_n$ 的值。 a_n, b_n 可取 +1 和 -1。

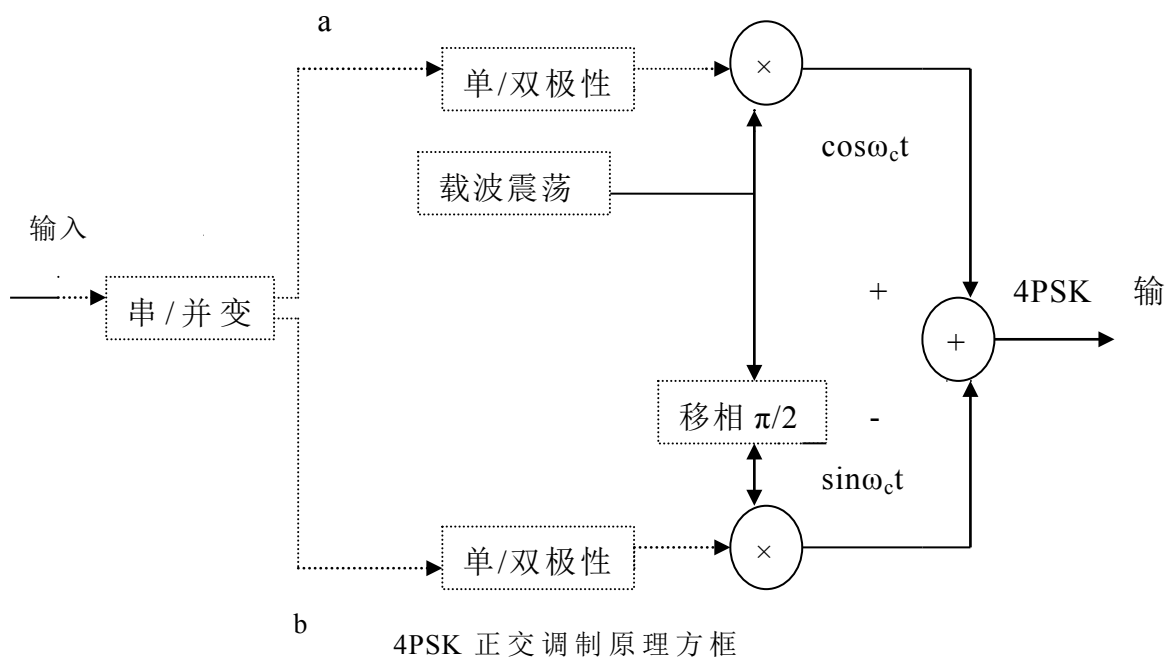
可见，四进制信号可等效为两个正交载波进行双边带调制所得信号之和。这样，就把数字调相和线性调制联系起来，为四相波形的产生提供依据。

3.2.1 4PSK 信号调制和解调

(1) 4PSK 调制原理：

4PSK 的调制方法有正交调制方式（双路二相调制合成法或直接调相法）、相位选择法、插入脉冲法等。这里我们采用正交调制方式。

4PSK 的正交调制原理如图。

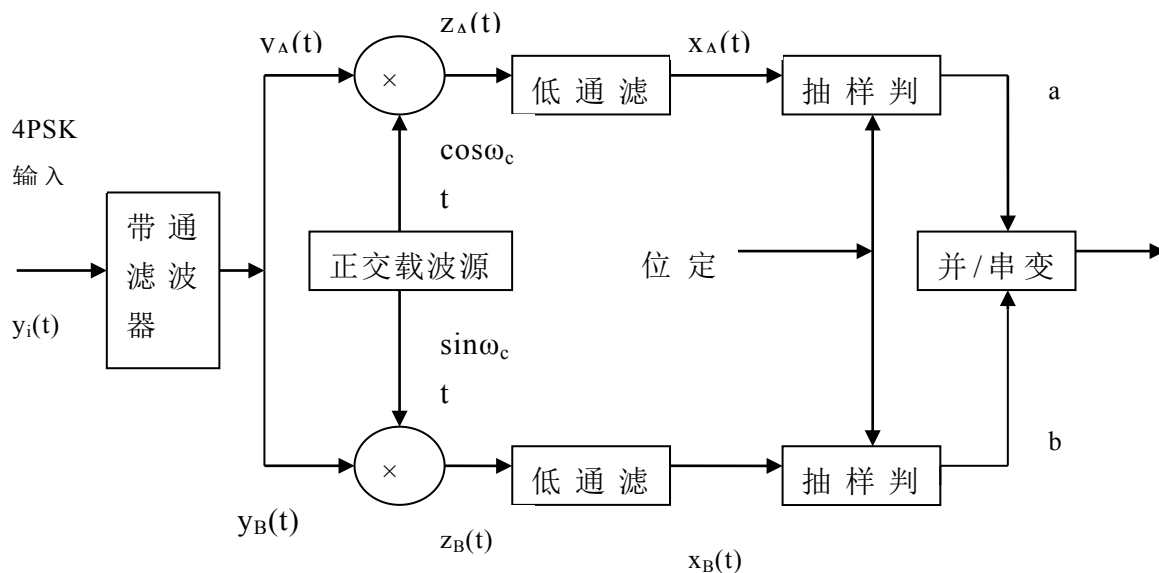


它可以看成是由两个载波正交的 2PSK 调制器构成的。图中串/并变换器将输入的二进制序列分为速度减半的两个并行双极性序列 a 和 b (a,b 码元在事件上是对齐的), 再分别进行极性变换, 把极性码变为双极性码 (0→-1, 1→+1) 然后分别调制到 $\cos\omega_c t$ 和 $\sin\omega_c t$ 两个载波上, 两路相乘器输出的信号是相互正交的抑制载波的双边带调制 (DSB) 信号, 其相位与各路码元的极性有关, 分别由 a 和 b 码元决定。经相加电路后输出两路的合成波形, 即是 4PSK 信号。图中两个乘法器, 其中一个用于产生 0° 与 180° 两种相位状态, 另一个用于产生 90° 与 270° 两种相位状态, 相加后就可以得到 $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ 和 315° 四种相位状

(2) 4PSK 解调原理

4PSK 信号是两个载波正交的 2PSK 信号的合成。所以, 可以仿照 2PSK 相干检测法, 用两个正交的相干载波分别检测两个分量 a 和 b, 然后还原成二进制双比特串行数字信号。此法称作极性比较法 (相干解调加码反变换器方式或相干正交解调发)。

4PSK 信号解调器原理方图



在不考虑噪声及传输畸变时, 接收机输入的 4PSK 信号码元可表示为

$$y_i(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n)$$

式中 φ_n 为 $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ 四个相位值。

带通滤波器输出的两路信号 $y_A(t) = y_B(t) = y_i(t)$

两路相乘器输出分别为

$$Z_A(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n) \cos \omega_c t = \frac{A}{2} \cos(2\omega_c t + \varphi_n) + \frac{A}{2} \cos \varphi_n$$

$$Z_B(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi_n) (-\sin \omega_c t) = -\frac{A}{2} \sin(2\omega_c t + \varphi_n) + \frac{A}{2} \sin \varphi_n$$

低通滤波器输出为

$$X_A(t) = \frac{A}{2} \cos \varphi_n$$

$$X_B(t) = \frac{A}{2} \sin \varphi_n$$

抽样判决器的判决准则如下表：

输入相位 φ_n	$\cos \varphi_n$ 的极性	$\sin \varphi_n$ 的极性	判决器输出	
			a	b
45°	+	+	1	1
135°	-	+	0	1
225°	-	-	0	0
315°	+	-	1	0

判决器是按极性来判决的。即正抽样值判为 1，负抽样值判为 0。两路抽样判决器输出 a、b，经并/串变换器就可将并行数据恢复成串行数据。

3.3 本章小结

本章讲述了数字调制的原理及二种调制方式相位键控（PSK、2PSK）的调制和解调方法和结果，通过仿真过程和结果来加深对三种键控的理解。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/745011322131011344>