

摘要

现代通信系统要求通信距离远、通信容量大、传输质量好，作为其关键技术之一的调制解调技术一直是人们研究的一个重要方向。本文以 MATLAB 为软件平台，充分利用其提供的通信工具箱和信号处理工具箱中的模块，对数字调制解调系统进行 Simulink 设计仿真，并且进行误差分析。

数字化正交数字化正交调制与解调是通信系统中十分重要的一个环节，针对不同的信道环境选择不同的数字化正交数字化正交调制与解调方式可以有效地提高通信系统中的频带利用率，改善接收信号的误码率。本设计运用 Simulink 仿真软件对二进制调制解调系统进行模型构建、系统设计、仿真演示、结果显示、误差分析以及综合性能分析，重点对 BASK, BFSK, BPSK 进行性能比较和误差分析。在实际应用中，视情况选择最佳的调制方式。

本文首先介绍了课题研究的背景，然后介绍系统设计所用的 Simulink 仿真软件，随后介绍了载波数字调制系统的原理，并根据原理构建仿真模型，进行数字调制系统仿真，最后对设计进行总结，并归纳了 Simulink 软件使用中需要注意的事项。本文的主要目的是对 Simulink 的学习和对数字调制解调理论的掌握和深化，为今后在通信领域继续学习和研究打下坚实的基础。

关键字：排通信系统，Simulink 仿真，数字化调制解调，BASK, BFSK

ABSTRACT

TheThe Modern communication systems require communication distance, large communication capacity, good transmission quality, as one of its key technologies modem technology has been an important direction for researchers. In this paper, MATLAB software platform, providing full use

of its communications toolbox and signal processing toolbox module, digital modulation and demodulation system Simulink design simulation and error analysis.

Modulation and demodulation is a very important part of the communication system, for different channel environment to select different modulation and demodulation system can effectively improve the spectrum efficiency in a communication system, improve the bit error rate of the received signal. This design using Simulink simulation software binary modulation and demodulation system modeling, system design, simulation demo showed that the error analysis and comprehensive performance analysis, focusing on the BASK, BFSK, BPSK performance comparison and error analysis. In practice, as the case may select the best modulation.

This paper describes the background of the research, then describes the system design using Simulink simulation software, then introduced the carrier digital modulation system of principles, and build a simulation model based on the principle of digital modulation system simulation, and finally the design summary and induction Simulink software matters that need attention. The main purpose of this paper is to study and Simulink digital modem theory of mastery and deepening for the future to continue learning and research in the field of communication and lay a solid foundation.

Key Words: queuing theory, demand management, telecom offices

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 选题背景	1
1.2 研究目标和意义	1
第 2 章 研究的理论基础	8
2.1 仿真软件 matlab 简介	8
2.2 仿真软件 simulink 简介	9
2.3 仿真软件 matlab 简介	10
第 3 章 数字频带传输系统	11
3.1 数字调制系统	11
3.2 二进制振幅键控	11
3.3 二进制移频键控	14
3.4 二进制移相键控	17
3.5 二进制分相位键控	19
3.6 二进制数字信号的功率谱密度	22
3.6.1 ASK 信号的功率谱密度	22
3.6.2 FSK 信号的功率谱密度	23
3.6.3 2PSK 与 DPSK 信号的功率谱密度	24

第 4 章 系统的设计与仿真	25
4.1 ASK 信号的数字化正交数字化正交调制与解调	25
4.1.1 2ASK 信号调制仿真	25
4.1.2 2ASK 信号解调仿真	28
4.2 FSK 信号的数字化正交数字化正交调制与解调	30
4.2.1 2FSK 信号调制仿真	30
4.2.2 2FSK 信号解调仿真	34
4.3 2PSK 信号的数字化正交数字化正交调制与解调	36
4.3.1 2PSK 信号调制仿真	36
4.3.2 2PSK 信号解调仿真	39
第 5 章 结论	42
参考文献	46
致谢	48

引言

1.1 选题背景

进入 20 世纪以来，随着晶体管、集成电路的出现与普及、无线通信迅速发展。特别是在 20 世纪后半叶，随着人造地球卫星的发射，大规模集成电路、电子计算机和光导纤维等现代技术成果的问世，通信技术在以下几个不同方向都取得了巨大的成功：

微波中继通信使长距离、大容量的通信成为了现实；

移动通信和卫星通信的出现，使人们随时随地可通信的愿望可以实现；

光导纤维的出现更是将通信容量提高到了以前无法想象的地步；

电子计算机的出现将通信技术推上了更高的层次，借助现代电信网和计算机的融合，人们将世界变成了地球村；

微电子技术的发展，使通信终端的体积越来越小，成本越来越低，范围越来越广。例如，2003 年我国的移动电话用户首次超过了固定电话用户。根据国家信息产业部的统计数据，到目前为止移动电话用户超过 6 亿。

随着现代电子技术的发展，通信技术正向着数字化、网络化、智能化和宽带化的方向发展。随着科学技术的进步，人们对通信的要求越来越高，各种技术会不断地应用于通信领域，各种新的通信业务将不断地被开发出来。到那时人们的生活将越来越离不开通信[1, 2, 10]。而作为现代通信系统关键技术之一的调制解调技术将是人们研究的重要方向。

研究目标和意义

通信就是克服距离上的障碍，从一地向另一地传递和交换消息。消息是信息源所产生的，是信息的物理表现，例如，语音、文字、数据、图形和图像等都是消息(Message)。消息有模拟消息（如语音、图像等）以及数字消息（如数据、文字等）之分。所有消息必须在转换成电信号（通常简称为信号）后才能在通信系统中传输。所以，信号(Signal)是传输消息的手段，信号是消息的物质载

体。 相应的信号可分为模拟信号和数字信号，模拟信号的自变量可以是连续的或离散的，但幅度是连续的，如电话机、电视摄像机输出的信号就是模拟信号；数字信号的自变量可以是连续的或离散的，但幅度是离散的，如电传机、计算机等各种数字终端设备输出的信号就是数字信号。

通信的目的是传递消息，但对受信者有用的是消息中包含的有效内容，也即信息(Information)。消息是具体的、表面的，而信息是抽象的、本质的，且消息中包含的信息的多少可以用信息量来度量。

通信系统就是传递信息所需要的一切技术设备和传输媒质的总和，包括信息源、发送设备、信道、接收设备和信宿(受信者)，它的一般模型如图 1.1 所示。

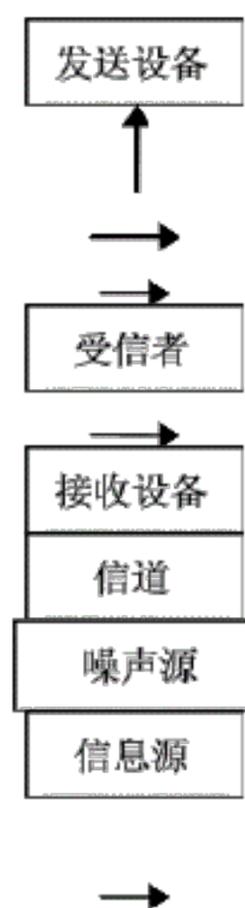


图 1-1 通信系统一般模型

模拟通信系统是利用模拟信号来传递消息的通信系统，其模型如图 1.2 所示。

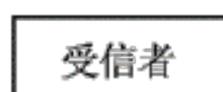




图 1-2 模拟通信系统模型

通信从本质上来讲就是实现信息传递功能的一门科学技术，它要将大量有用的信息无失真，高效率地进行传输，同时还要在传输过程中将无用信息和有害信息抑制掉。今的通信不仅要有效地传递信息，而且还有储存、处理、采集及显示等功能，通信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

通信系统可分为数字通信系统和模拟通信系统。数字通信系统是利用数字信号来传递消息的通信系统，其模型如图 1-3 所示。





图 1-3 数字通信系统模型

20 世纪 60 年代以来，数字通信日益兴旺起来，甚至出现数字通信替代模拟通信的趋势。除了计算机的广泛应用需要传输大量数字信息的客观要求外，数字通信迅速发展的基本原因是它与模拟通信相比，更能适应对通信技术越来越高的要求。第一，数字传输抗干扰能力强，尤其在中继时，数字信号可以再生而消除噪声的积累；第二，数字传输差错可以控制，从而改善传输质量；第三，便于使用现代数字信号处理技术对数字信息进行处理；第四，数字信息易于做高保密性的加密处理；第五，数字通信可以综合传递各种消息，使通信系统功能增强。但是，数字通信还有以下突出的问题。第一，数字信号传输时，信道噪声或干扰造成的差错，原则上都是可以控制的。这是通过差错控制编码等手段来实现的。为此，在发送端需要增加一个编码器，而在接收端相应需要一个解码器。第二，当需要保密时，可以有效的对基带信号进行人为“搅乱”，即加上密码，这叫加密，此时在接收端就需要进行解密。第三，由于数字通信传输的是一个接一个按节拍传送的数字信号单元，即码元，因此接收端要按发送端的相同节拍接收。不然就会造成收发节拍不一致，造成混乱，使接收性能变坏。在数字通信中，通常称节拍一致为“位同步”或“码元同步”，而称编组一致为“群同步”或“码组同步”。可见，数字通信还必须有一个同步问题。

一般来说，数字通信的许多优点都是用比模拟通信占据更宽的系统频带而换得的。以电话为例，一路模拟电话通常只占 4kHz 带宽，而一路传输质量相同的数字电话则可能要占用数十千赫的带宽。在系统频带紧张场合，数字通信的这一缺点显得很突出，但是在系统频带富裕场合，比如毫米波通信、光纤通信场合，数字通信几乎成了唯一的选择。考虑到现有大量模拟通信系统这一事实，目前还常常需要利用它来传输数字信号。这就需要对其做改造或者加上数字终端设备。

通信系统有不同的分类方法，这里从通信系统模型的角度讨论分类。

(1) 按消息的物理特征分类。根据消息的物理特征的不同，通信系统可以分为电报通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统等。由于电话通信网最为发达普及，因而其他消息常常通过公共的电话通信网传送。例如，电报常

通过电话信道传送。在综合业务通信网中，各类型的消息都在统一的通信网中传输。

(2) 按调制方式分类。根据是否采用调制，可将通信系统分为基带传输和频带传输。基带传输是将未经频带调制的信号直接传送，如音频市内电话；频带传输是对各种信号调制后传输的总称。

(3) 按信号特征分类。按信道中传输的是模拟信号还是数字信号，可以相应的把通信系统分成模拟通信系统和数字通信系统两类。

(4) 按传输媒介分类。按传输媒介，通信系统可分为有线和无线两类。

(5) 按信号复用方式分类。传送多路信号有三种复用方式，即频分复用、时分复用和码分复用。频分复用是用频谱搬移的方法使不同的信号占据不同的频率范围；时分复用是用抽样或脉冲调制方法使不同信号占据不同的时间区间；码分复用是应一组包含互相正交的码字的码组携带多路信号。传统的模拟通信大都采用频分复用。随着数字通信的发展，时分复用通信系统的应用越来越广泛。码分复用多用于空间扩频通信系统中，目前又开始用于移动通信中。

对于点与点之间的通信，按消息传送的方向与时间关系，通信方式分为单工通信，半双工通信和全双工通信三种。

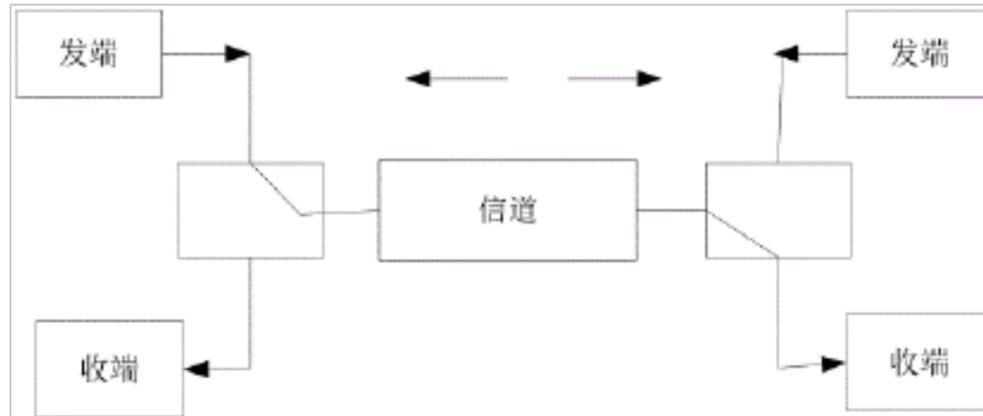
所谓单工通信是指消息只能单方向传输的工作方式，例如遥测遥控，就是单工通信方式，如图 1-4 (a) 所示。

所谓半双工通信是指通信双方都能收发消息，但不能同时进行收发的工作方式，例如，使用同一载频工作的无线对讲机，就是按这种通信方式工作的，如图 1-4 (b) 所示。

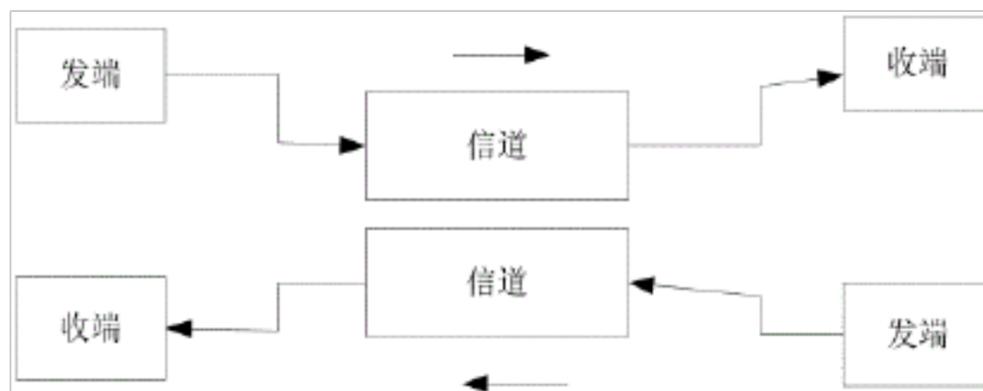
所谓全双工通信是指通信双方可以同时收发消息的工作方式。例如，普通电话就是一种常见的全双工通信方式，如图 1-4 (c) 所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-4 通信方式示意图

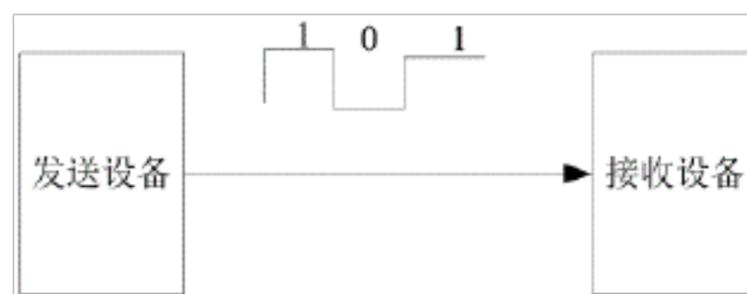
(a) 单工方式； (b) 半双工通信方式； (c) 全双工通信方式。

在数字通信中，按照数字信号的码元排列的方法不同，有串行和并行传输之分。所谓串行传输就是将数字信号码元序列按时间顺序一个接一个的在信道中传输，如图 1-5 (a) 所示。如将数字信号码元序列分割成两路或两路以上的数字信号码元序列同时在信道中传输，则称为并行传输，如图 1-5 (b) 所示。

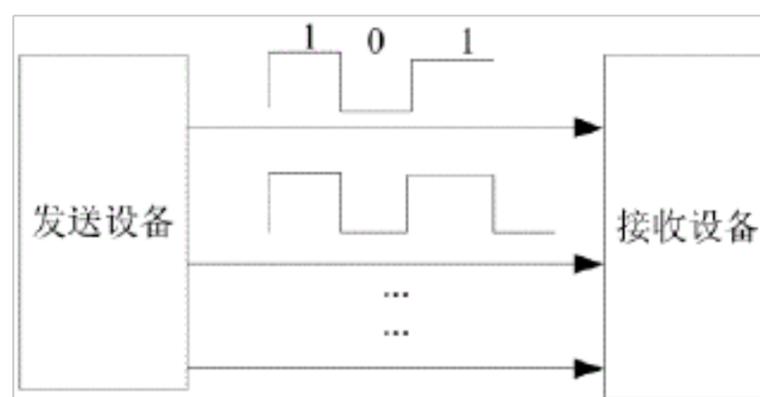
一般远距离数字通信大都采用串行传输方式，因为这种方式只需占用一条通路。并行传输在近距离数字通信中有时也会遇到，它需要占用两条或者两条以上的通路，比如，使用多条导线传输。

实际的通信系统分为专线和通信网两类。专门为两点之间设立传输线的通信，称之为专线通信，有时简称为点与点通信。多点通信属于网通信。显然网通信的基础是点与点的通信。

在设计或评述通信系统时，往往要涉及通信系统的主要性能指标，否则就无法衡量其质量的优劣。性能指标也称为质量指标，它们是对整个系统综合提出或规定的。



(a)



(b)

图 1-5 串行和并行方式传输

(a) 串行传输；(b) 并行传输

通信系统的性能指标涉及其有效性、可靠性、适应性、标准性、经济性、及维护使用等等。尽管对通信系统可有名目繁多的实际要求，但是，从研究消息的传输来说，通信的有效性与可靠性将是主要的矛盾所在。这里说的有效性主要是指消息传输的速度问题，而可靠性主要是指消息的质量问题。显然这是两个互相矛盾的问题，这对矛盾通常只能依据实际要求取得相对的统一。例如，在满足一定可靠性指标下，尽量提高消息的传输速度；或者在维持一定有效性下使消息传输质量尽可能地提高[2-11]。

对于模拟通信系统来说，消息传输速度主要决定于消息所含的信息量和对连续消息的处理。处理的目的在于使单位时间内传送更多的消息。从信息论观点来说，消息传输速度可用单位时间内传送的信息量来衡量。模拟通信中还有一个更重要性能指标，即均方误差。它是衡量发送的模拟信号与接收端复制的模拟信号之间误差程度的质量指标。均方误差越小，说明复制的信号越逼真。

在数字通信系统里，主要的性能指标有两个，及传输速率和差错率。传输速率通常以码元传输速率衡量，单位为“波特”，常用符号“B”表示。差错率是衡量系统正常工作时传输消息可靠程度的重要性能指标。本文结论部分主要对BASK、BFSK 和 BPSK 数字调制方式的误码率进行分析。

研究的理论基础

仿真软件 matlab 简介

美国 Mathworks 公司于 1967 年推出了矩阵实验室“Matrix Laboratory”（缩写为 Matlab）这就是 Matlab 最早的雏形。开发的最早的目的是帮助学校的老师和学生更好的授课和学习。从 Matlab 诞生开始，由于其高度的集成性及应用的方便性，在高校中受到了极大的欢迎。由于它使用方便，能非常快的实现科研人员的设想，极大的节约了科研人员的时间，受到了大多数科研人员的支持，经过一代

代人的努力，目前已发展到了 7. X 版本[4, 5]。MATLAB 是一种解释性执行语言，具有强大的计算、仿真、绘图等功能。MATLAB 系统由五个主要部分组成，下面加以介绍。

MATLAB 语言体系。MATLAB 是高层次的矩阵/数组语言。具有条件控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向 对象等程序语言特性。利用它既可以进行小规模编程，完成算法设计和算法实验的基本任务，也可以进行大规模编程，开发复杂的应用程序。

MATLAB 工作环境，是对 MATLAB 提供给用户使用的管理功能的总称。包括管理工作空间中的变量数据输入输出的方式和方法，以及开发、调试、管理 M 文件的各种工具[6, 7]。

图形系统，是 MATLAB 图形系统的基础，包括完成 2D 和 3D 数据图示、图像处理、动画生成、图形显示等功能的高层 MATLAB 命令，也包括用户对图形图像等对象进行特性控制的低层 MATLAB 命令，以及开发 GUI 应用程序的各种工具。

MATLAB 数学函数库是对 MATLAB 使用的各种数学算法的总称。包括各种初等函数的算法，也包括矩阵运算、矩阵分析等高层数学算法。

MATLAB 应用程序接口（API），这是 MATLAB 为用户提供的的一个函数库，使得用户能够在 MATLAB 环境中使用 c 程序或 FORTRAN 程序，包括从 MATLAB 中调用子程序，读写 MAT 文件功能。

由于它使用简单，扩充方便，尤其是世界上有成千上万的不同领域的科研工作者不停的在自己的科研过程中扩充 MATLAB 的功能，使其成为了巨大的知识宝库。可以毫不夸张的说，哪怕是你真正理解了一个工具箱，那么就是理解了一门非常重要的科学知识。科研工作者通常可以通过 MATLAB 来学习某个领域的科学知识，这就是 Matlab 真正在全世界推广开来的原因。目前的 Matlab 版本已经可以方便的设计漂亮的界面，它可以像 VB 等语言一样设计漂亮的用户接口，同时因为有

最丰富的函数库（工具箱），所以计算的功能实现也很简单，进一步受到了科研工作者的欢迎。另外，Matlab 和其他高级语言也具有良好的接口，可以方便地实现与其他语言的混合编程，进一步拓宽了 Matlab 的应用潜力。可以说，Matlab 已经也很有必要成为大学生的必修课之一，掌握这门工具对学习各门学科有非常重要的推进作用。

仿真软件 simulink 简介

Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具，也是目前在动态系统的建模和仿真等方面应用最广泛的工具之一。确切的说，Simulink 是一个用来对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包，它支持线性和非线性系统，连续、离散时间模型，或者是两者的混合。系统还可以是多种采样频率的系统，而且系统可以是多进程的。Simulink 工作环境经过几年的发展，已经成为学术和工业界用来建模和仿真的主流工具包。在 Simulink 环境中，它为用户提供了方框图进行建模的图形接口，采用这种结构画模型图就如同用手在纸上画模型一样自如、方便，故用户只需进行简单的点击和拖动就能完成建模，并可直接进行系统的仿真，快速的得到仿真结果。它的主要特点在于：

- (1) 建模方便、快捷；
- (2) 易于进行模型分析；
- (3) 优越的仿真性能。

它与传统的仿真软件包微分方程和差分方程建模相比，具有更直观、方便、灵活的优点。Simulink 模块库（或函数库）包含有 Sinks（输出方式）、Sources（输入源）、Linear（线性环节）、Nonlinear（非线性环节）、Connection（连接与接口）和 Extra（其他环节）等具有不同功能或函数运算的 Simulink 库模块（或库函数），而且每个子模型库中包含有相应的功能模块，用户还可以根据需要定制和创建自己的模块[9, 21]。用 Simulink 创建的模型可以具有递阶结构，因此

用户可以采用从上到下或从下到上的结构创建模型。用户可以从最高级开始观看模型，然后用鼠标双击其中的子系统模块，来查看其下一级的内容，以此类推，从而可以看到整个模型的细节，帮助用户理解模型的结构和各模块之间的相互关系。在定义完一个模型后，用户可以通过 Simulink 的菜单或 MATLAB 的命令窗口键入命令来对它进行仿真[10, 19]。菜单方式对于交互工作非常方便，而命令行方式对于运行仿真的批处理非常有用。采用 Scope 模块和其他的显示模块，可以在仿真进行的同时就可立即观看到仿真结果，若改变模块的参数并再次运行即可观察到相应的结果，这适用于因果关系的问题研究。仿真的结果还可以存放到 MATLAB 的工作空间里做事后处理。模型分析工具包括线性化和整理工具，MATLAB 的所有工具及 Simulink 本身的应用工具箱都包含这些工具[16, 17]。由于 MATLAB 和 Simulink 的集成在一起的，因此用户可以在这两种环境下对自己的模型进行仿真、分析和修改模型。但是 Simulink 不能脱离 MATLAB 而独立工作。

仿真软件 matlab 简介

本章介绍了 MATLAB 软件的功能与组成，由于它使用简单，扩充方便，世界上有成千上万的不同领域的科研工作者不停的在自己的科研过程中扩充 MATLAB 的功能，使其成为了巨大的知识宝库。本章也介绍了 Simulink 工具箱，Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具，是一个用来对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包。本文的设计就是运用 Simulink 软件进行建模、仿真的。

数字频带传输系统

数字调制系统

在数字基带传输系统中，为了使数字基带信号能够在信道中传输，要求信道应具有低通形式的传输特性。然而，在实际信道中，大多数信道具有带通传输特性，数字基带信号不能直接在这种带通传输特性的信道中传输。必须用数字基带信

号对载波进行调制，产生各种已调数字信号。数字调制系统的基本结构图如图 3-1 所示。

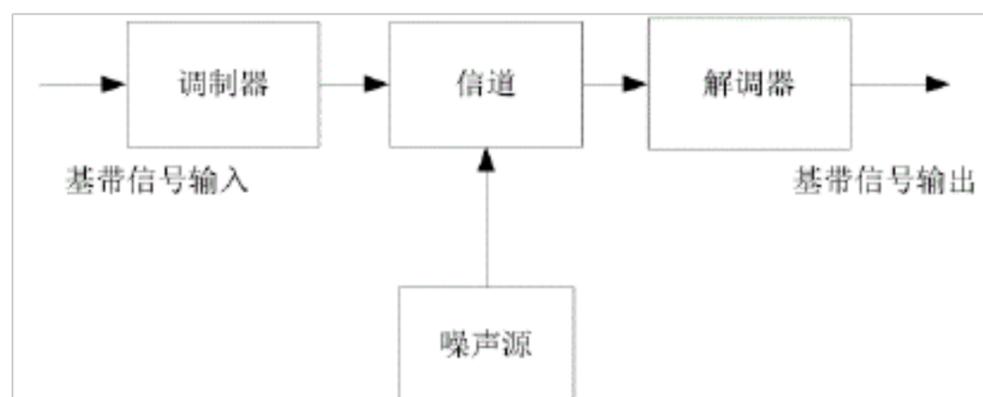


图 3-1 数字调制系统的基本结构图

数字调制与模拟调制原理是相同的，一般可以采用模拟调制的方法实现数字调制。但是，数字基带信号具有与模拟基带信号不同的特点，其取值是有限的离散状态。这样，可以用载波的某些离散状态来表示数字基带信号的离散状态。基本的三种数字调制方式是：振幅键控 (ASK)、移频键控 (FSK) 和移相键控 (PSK 或 DPSK)。

二进制振幅键控

振幅键控是正弦载波的幅度随数字基带信号而变化的数字调制。当数字基带信号为二进制时，则为二进制振幅键控 (2ASK)。设发送的二进制符号序列由“0”，“1”序列组成，发送“0”符号的概率为 P，发送“1”符号的概率为 1-P，且相互独立。该二进制符号序列可表示为：

$$s(t) = \sum_n a_n g(t - nT_s) \quad (3-1)$$

其中：

$$a_n = \begin{cases} 0, & \text{发送概率为 } P \\ 1, & \text{发送概率为 } 1-P \end{cases} \quad (3-2)$$

是二进制基带信号时间间隔, $g(t)$ 是持续时间为 T_s 的矩形脉冲:

$$g(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T_s \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

(3-3)

则二进制振幅键控信号可表示为:

$$e_{2ASK}(t) = \sum_n a_n g(t - nT_s) \cos \omega_c t$$

(3-4)

二进制振幅键控信号时间波形如图 3.2 所示。由图 3.2 可以看出 2ASK 信号的时间波形随二进制基带信号 $s(t)$ 通断变化, 所以又称为通断键控信号 (OOK 信号)。二进制振幅键控信号的产生方法如图 3.3 所示, 图 3.3 (a) 是采用模拟相乘的方法实现, 图 3.3 (b) 是采用数字键控方法实现的[1, 12, 13]。

由图 3.2 可以看出, 2ASK 信号与模拟调制中的 AM 信号类似. 所以, 对 2ASK 信号也能够采用非相干解调 (包络检波法) 和相干解调 (同步检测法), 其相应原理方框图如图 3.4 所示。2ASK 信号相干解调过程的时间波形如图 3.5 所示。

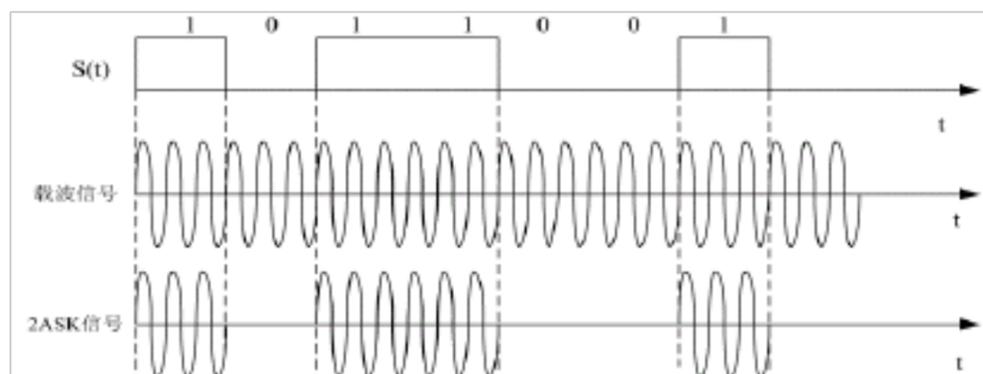
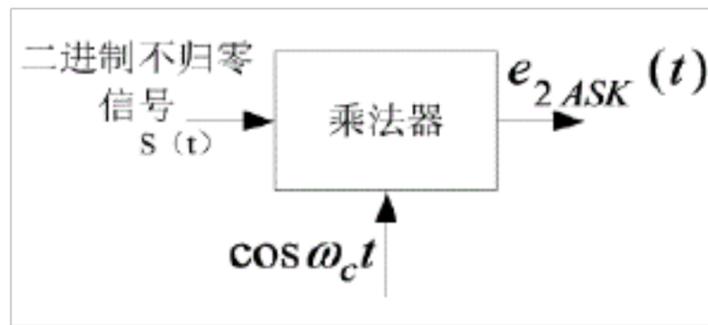
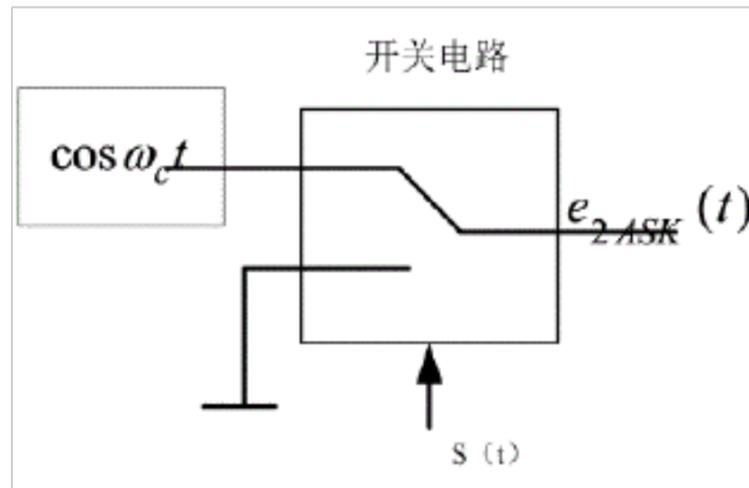


图 3-2 二进制振幅键控信号时间波型

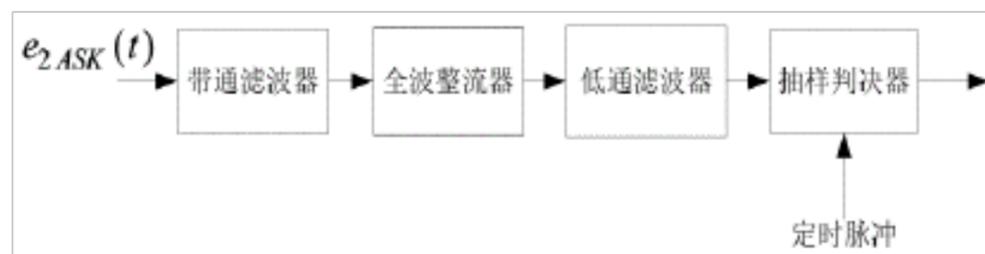


(a)

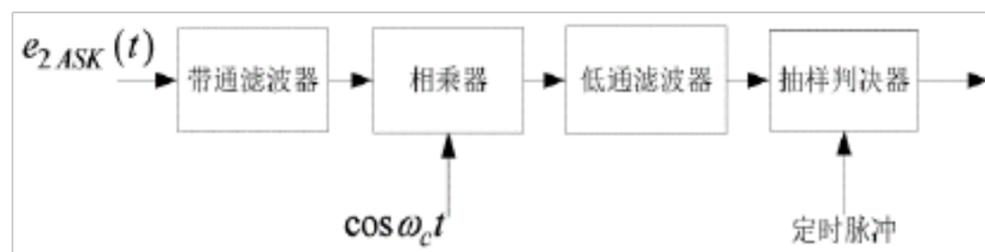


(b)

图 3-3 二进制振幅键控信号调制器原理框图



(a)



(b)

图 3-4 二进制振幅键控信号解调器原理框图

(a) 非相干解调方式

(b) 相干解调方式

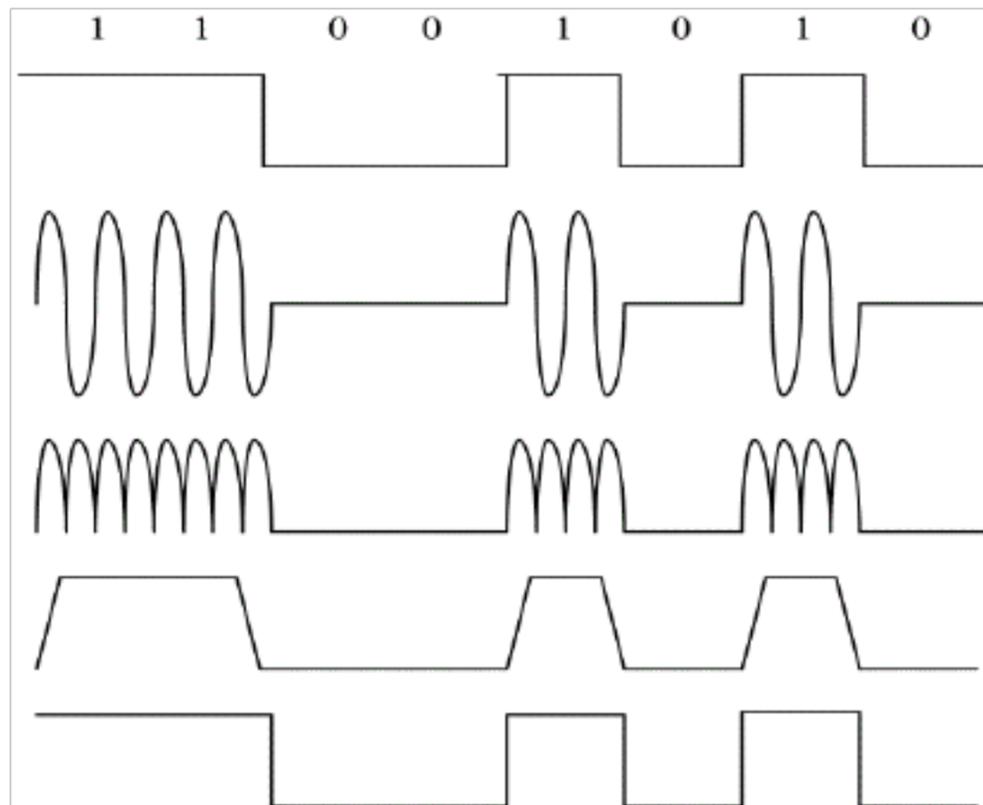


图 3-5 2ASK 信号相干解调过程的时间波形

二进制移频键控

在二进制数字调制中,若正弦载波的频率随二进制基带信号在

$$f_1$$

和

$$f_2$$

两个频率点间变化,则产生二进制移频键控信号(2FSK 信号)。二进制移频键控信号的时间波形如图 3.6 所示,图中波形 g 可分解为波形 e 和波形 f ,即二进制移频键控信号可以看成是两个不同载波的二进制振幅键控信号的叠加。若二进制基带信号的“1”符号对应于载波频率

$$f_1$$

,“0”符号对应于载波频率

$$f_2$$

,则二进制移频键控信号的时域表达式为:

$$e_{2FSK}(t) = \left[\sum_n a_n g(t-nT_s) \right] \cos(\omega_1 t + \phi_n) + \left[\sum_n b_n g(t-nT_b) \right] \cos(\omega_2 t + \theta_n)$$

(3-5)

其中：

$$a_n = \begin{cases} 0, & \text{发送概率为 } P \\ 1, & \text{发送概率为 } 1-P \end{cases} \quad (3-6)$$

$$b_n = \begin{cases} 0, & \text{发送概率为 } 1-P \\ 1, & \text{发送概率为 } P \end{cases} \quad (3-7)$$

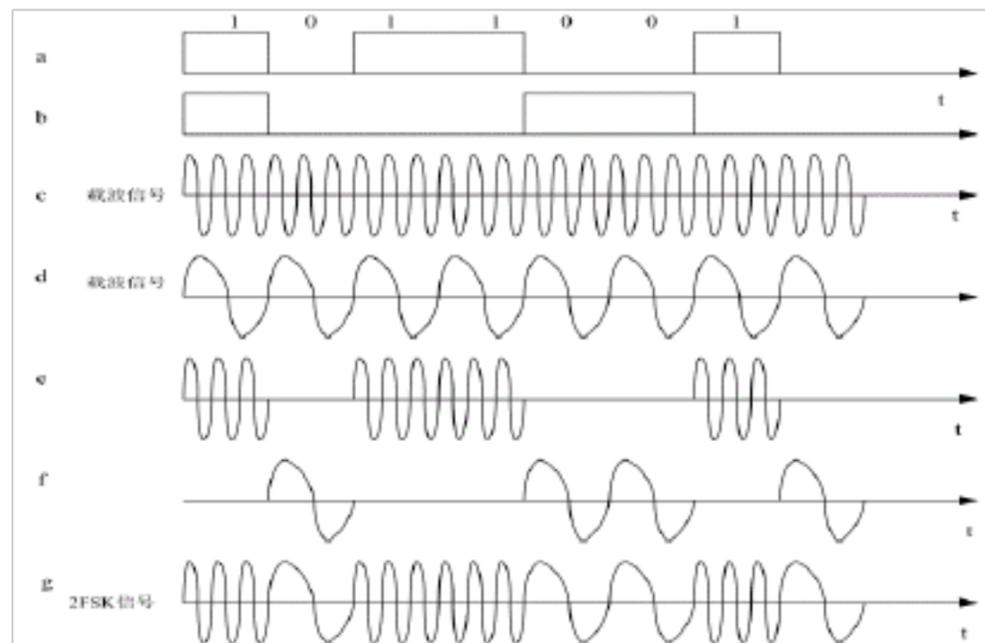


图 3-6 二进制移频键控信号的时间波形

由上式可知

与

是反码，即若

$a_n = 1$ ，则

$b_n = 0$ ，若

$a_n = 0$ ，则

$b_n = 1$ ，于是

=

a_n

b_n

a_n

b_n

a_n

b_n

b_n

$\overline{a_n}$

，因此二进制频移键控信号的时域表达式可简化为：

$$e_{2FSK}(t) = \left[\sum_n a_n g(t - nT_s) \right] \cos \omega_1 t + \left[\sum_n b_n g(t - nT_s) \right] \cos \omega_2 t$$

(3-8)

二进制移频键控信号的产生, 可以采用模拟调频电路来实现, 也可以采用数字键控的方法来实现。图 3.7 是数字键控法实现二进制移频键控信号的原理图, 图中两个振荡器的输出载波受输入的二进制基带信号控制, 在一个码元

T_s

期间输出

f_1

或

f_2

两个载波之一。

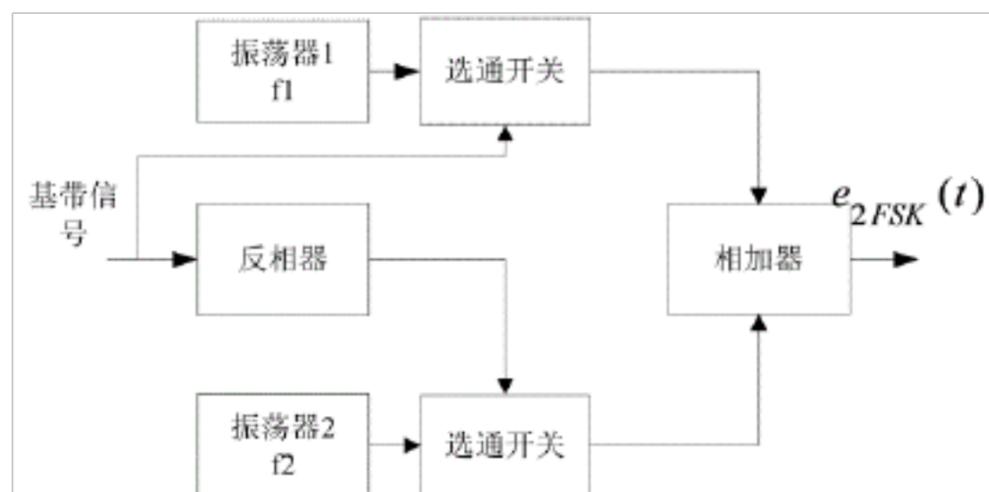
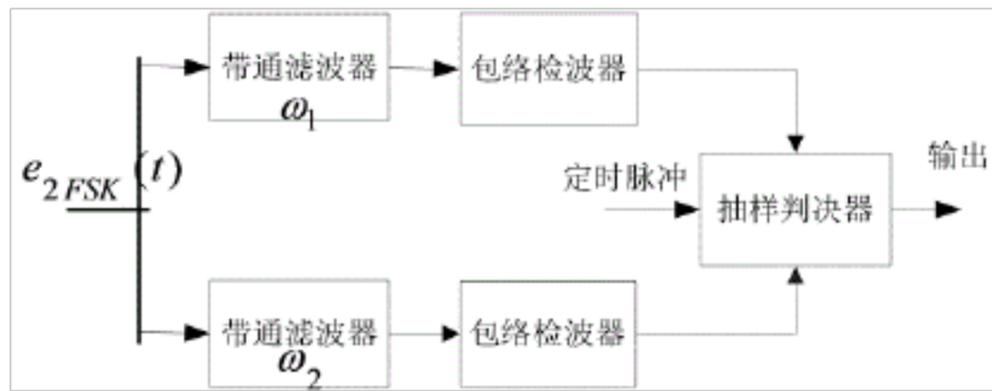
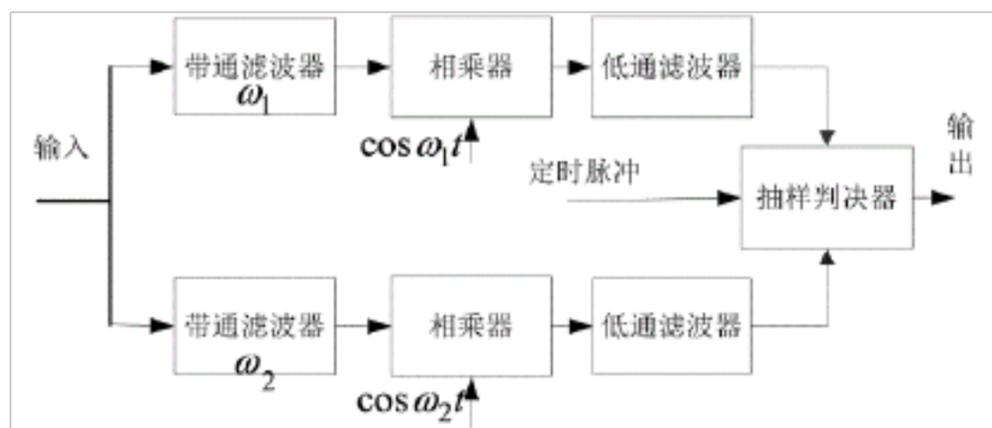


图 3-7 数字键控法实现二进制移频键控信号的原理图

二进制移频键控信号的解调方法很多, 有模拟鉴频法和数字检测法, 有非相干解调方法也有相干解调方法。采用非相干解调和相干解调两种方法的原理图如图 3.8 所示。其解调原理是将二进制移频键控信号分解为上下两路二进制振幅键控信号, 分别进行解调, 通过对上下抽样值进行比较最终判决出输出信号。相干解调过程的时间波形如图 3.9 所示。



(a)



(b)

图 3-8 二进制移频键控信号解调器原理图

(a) 非相干解调

(b) 相干解调

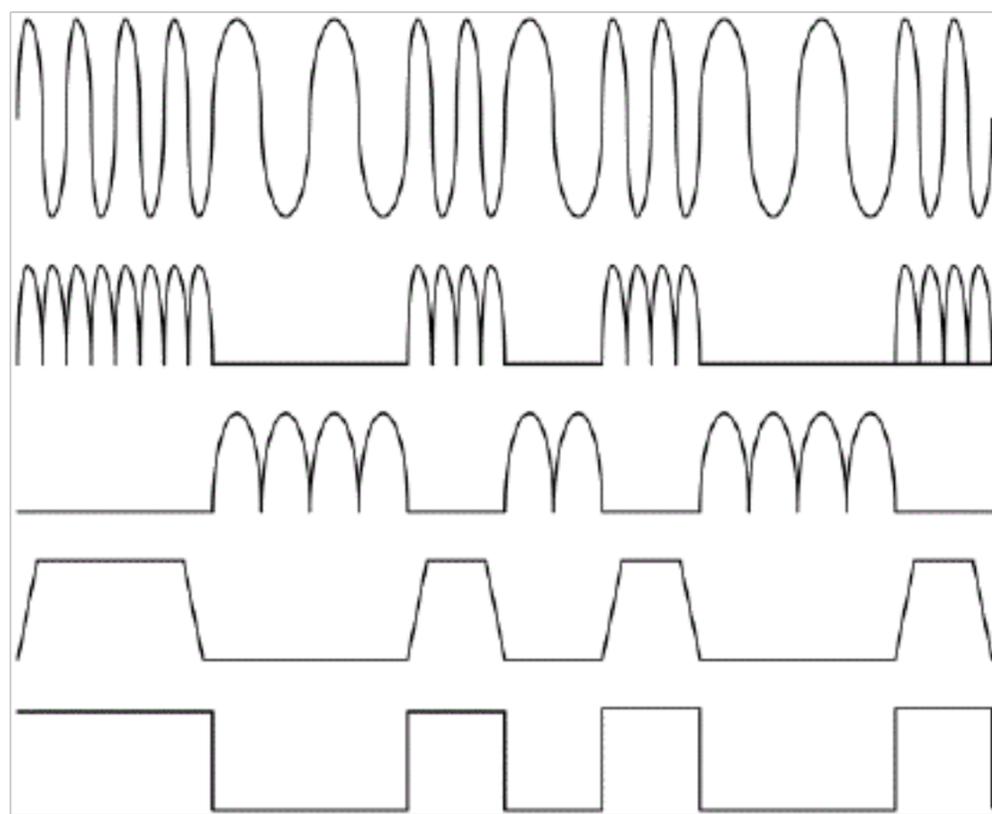


图 3-9 2FSK 相干解调过程的时间波形

还有一种过零检测法，它的原理是二进制移频键控信号的过零点数随载波频率不同而异，通过检测过零点数从而得到频率的变化。输入信号经过限幅后产生矩形波，经微分、整流、波形整形、形成与频率变化相关的矩形脉冲波，经低通滤波器滤除高次谐波，便恢复出与原数字信号对应的基带数字信号。

二进制移相键控

二进制移相键控，简记为 2PSK 或 BPSK。2PSK 信号码元的“0”和“1”分别用两个不同的初始相位“0”和“

”来表示，而其振幅和频率保持不变。故 2PSK 信号表示式可写出：

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \theta)$$

(3-9)

式中当发送“0”时，

$\theta = 0$ ；当发送“1”时

=

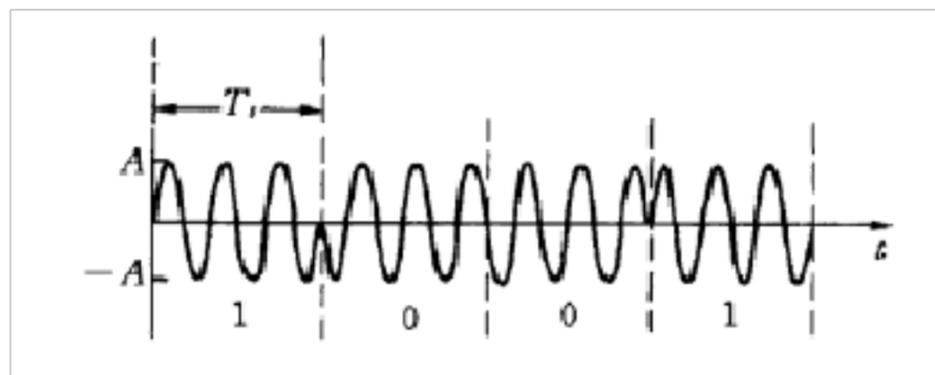
。

θ

θ

π

这种以载波的不同相位直接表示相应二进制数字信号的调制方式，称为二进制移相键控方式。二进制移相键控信号的典型时间波形如图 3.10。



3-10 二进制相移键控信号的时间波形

二进制移相键控信号的调制原理图如图 3-11 所示。其中图(a)是采用模拟调制的方法产生 2PSK 信号, 图(b)是采用数字键控的方法产生 2PSK 信号[22, 23]。

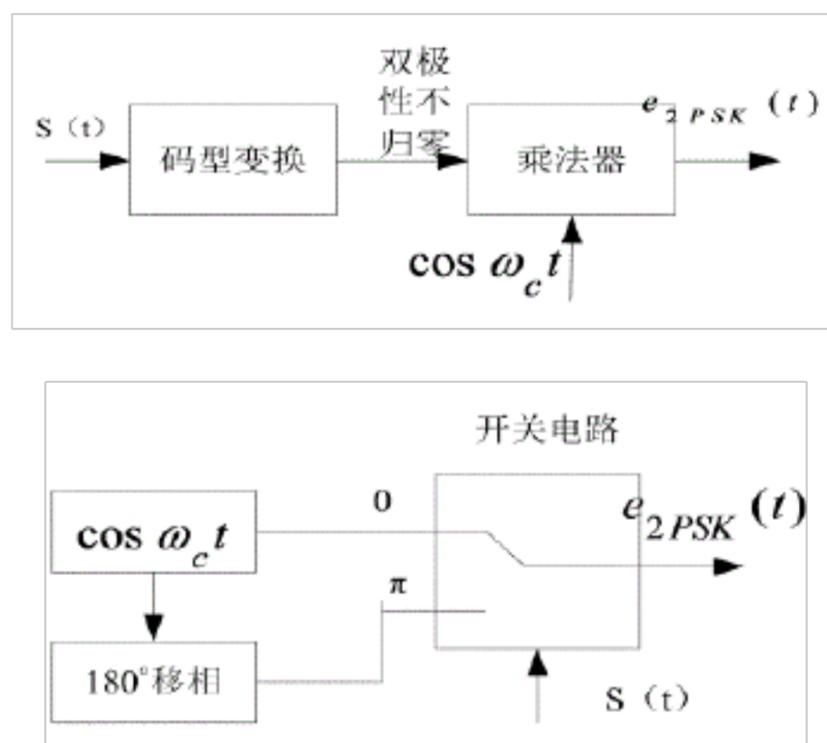


图 3-11 2PSK 信号的产生方法

2PSK 信号的解调通常都是采用相干解调, 解调器原理图如图 3-12 所示。在相干解调过程中需要用到与接收的 2PSK 信号同频同相的相干载波。

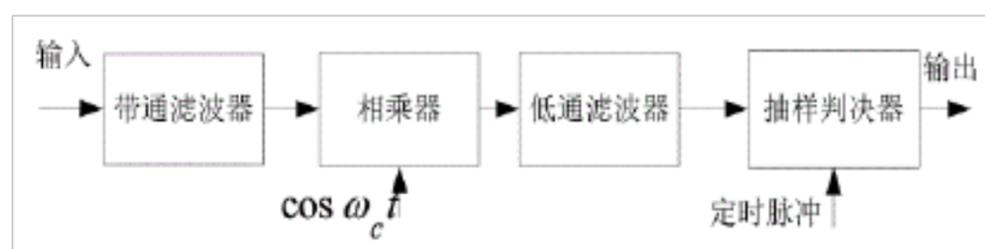


图 3-12 2PSK 信号的解调原理图

2PSK 信号相干解调各点时间波形如图 3-13 所示。当恢复的相干载波产生
 π
 倒相时, 解调出的数字基带信号将与发送的数字基带信号正好是相反, 解调器输出数字基带信号全部出错。

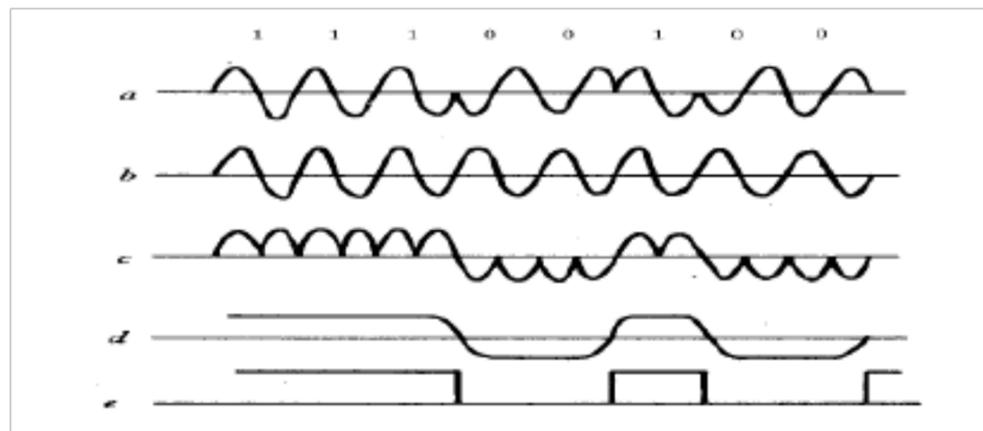


图 3-13 2PSK 信号相干解调各点时间波形

这种现象通常称为“倒 π ”现象。由于在 2PSK 信号的载波恢复过程中存在着 180° 的相位模糊,所以 2PSK 信号的相干解调存在随机的“倒 π ”现象,从而使得 2PSK 方式在实际中很少采用。

二进制分相位键控

在 2PSK 信号中,信号相位的变化是以未调正弦载波的相位作为参考,用载波相位的绝对数值表示数字信息的,所以称为绝对相移。由图 3.13 所示 2PSK 信号的解调波形可以看出,由于相干载波恢复中载波相位的 180° 相位模糊,导致解调出的二进制基带信号出现反向现象,从而难以实际应用。为了解决 2PSK 信号解调过程的反向工作问题,提出了二进制差分相位键控(2DPSK)。

2DPSK 方式是用前后相邻码元的载波相对相位变化来表示数字信息。假设前后相邻码元的载波相位差为 $\Delta\phi$,可定义一种数字信息与 $\Delta\phi$ 之间的关系为:

$$\Delta\phi = \begin{cases} 0, & \text{表示数字信息“0”} \\ \pi, & \text{表示数字信息“1”} \end{cases}$$

(3-10)

则一组二进制数字信息与其对应的 2DPSK 信号的载波相位关系如下:

二进制数字信息: 1 1 1 0 0 1 1 0 1

2DPSK 信号相位:



数字信息与 $\Delta\phi$ 之间的关系也可以定义为：

$$\Delta\phi = \begin{cases} 0, & \text{表示数字信息“1”} \\ \pi, & \text{表示数字信息“0”} \end{cases}$$

(3-11)

2DPSK 信号调制过程波形如图 3.14 所示。可以看出, 2DPSK 信号的实现方法可以采用: 首先对二进制数字基带信号进行差分编码, 将绝对码表示二进制信息变换为用相对码表示二进制信息, 然后再进行绝对调相, 从而产生二进制差分相位键控信号。2DPSK 信号调制器原理图如图 3.15 所示。

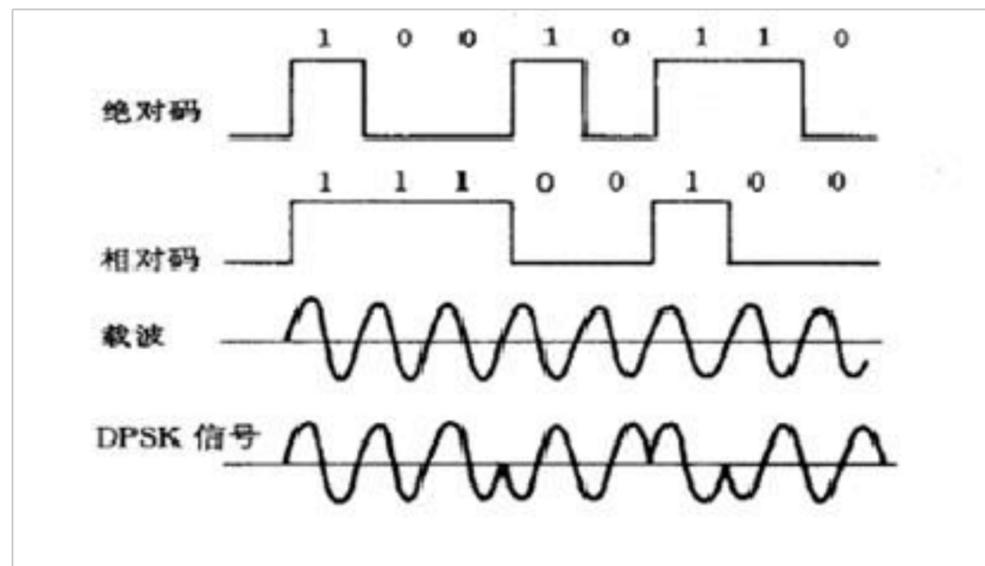


图 3-14 2DPSK 信号调制过程波形图

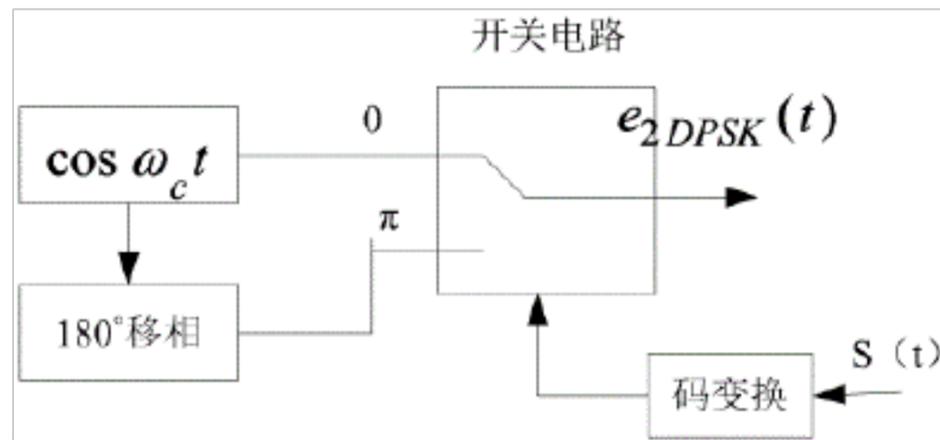
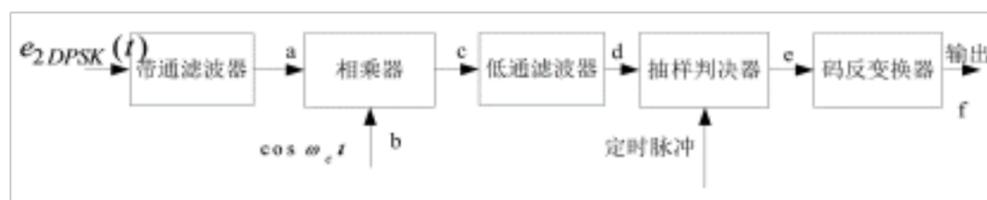
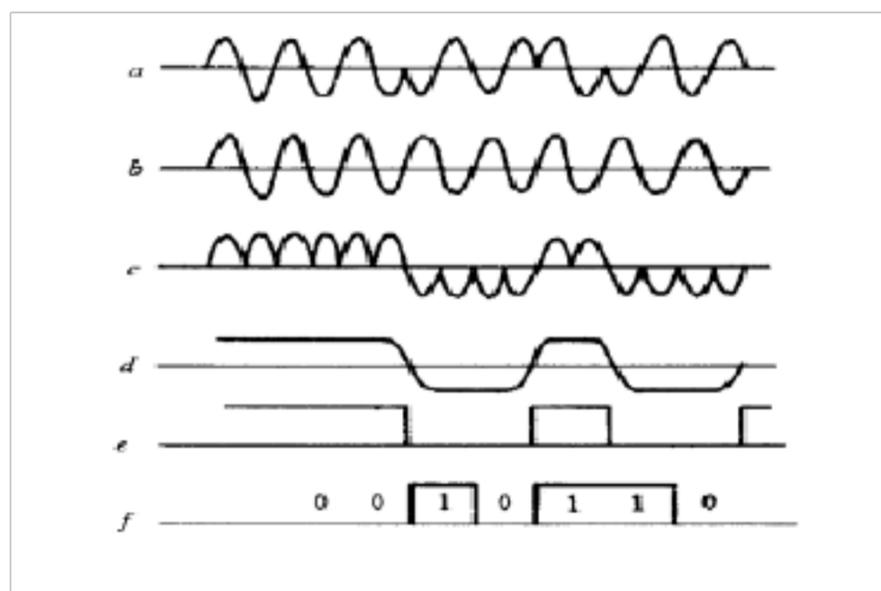


图 3-15 2DPSK 信号调制器原理图

2DPSK 信号可以采用相干解调方式(极性比较法), 解调器原理图和解调过程各点时间波形如图 3.16 所示. 其解调原理是: 对 2DPSK 信号进行相干解调, 恢复出相对码, 再通过码反变换器变换为绝对码, 从而恢复出发送的二进制数字信息。在解调过程中, 若相干载波产生 180° 相位模糊, 解调出的相对码将产生倒置现象, 但是经过码反变换器后, 输出的绝对码不会发生任何倒置现象, 从而解决了载波相位模糊度的问题。



(a)



(b)

图 3-16 2DPSK 信号相干解调

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/668070034077007005>