

# 《现代通信原理实验》课程设计报告

实验室名称：            实验日期：

学 院		班级、组号	信息工程 1 班	姓 名	
实验项目 名称	2ASK 数字调制通信系统			指 导 教 师	卓辉
成绩	<p>教师签名：</p> <p>年    月    日</p>				

## 一、实验目的

- 1、理解 ASK 调制的工作原理及电路组成。
- 2、理解 ASK 解调的原理及实现方法。
- 3、掌握 ASK 信号的频谱特性。
- 4、掌握 2ASK 数字调制通信系统的整体结构，2ASK 数字调制通信的整个过程。
- 5、理解 2ASK 数字调制通信系统中各组成部分在整个过程中的作用，特别是整个系统中的同步。
- 6、了解 2ASK 数字调制通信系统电路的实现。

## 二、实验内容

- 1、观察 ASK 调制与解调信号的波形。
- 2、观察 ASK 信号频谱。

将信号源模块、数字调制模块、信道模拟模块、数字解调模块、同步提取模块和终端模块组合成 2ASK 传输系统，并观察基带信号、载波信号、2ASK 调幅信号、通过信道的 2ASK 调幅信号（加噪声和不加噪声）、经过接收端耦合电路的 2ASK 调幅信号、经过接收端半波整流器的 2ASK 调幅信号、经过接收端低通滤波器 2ASK 调幅信号、提取的位同步信号和最后的经过抽样判决的解调信号，画出它们的波形，加深对 2ASK 数字调制通信系统的整体结构和 2ASK 数字调制通信的全过程的理解。

## 三、实验仪器

- 1、信号源模块
- 2、数字调制模块
- 3、信道模拟模块
- 4、数字解调模块
- 5、同步提取模块
- 6、终端模块
- 7、20M 双踪示波器 一台
- 8、连接线 若干

#### 四、实验原理

##### 1、2ASK 调制原理

在振幅键控中载波幅度是随着基带信号的变化而变化的。使载波在二进制基带信号 1 或 0 的控制下通或断,即用载波幅度的有或无来代表信号中的“1”或“0”,这样就可以得到 2ASK 信号,这种二进制振幅键控方式称为通—断键控(OOK)。2ASK 信号典型的时域波形如图 11-1 所示,其时域数学表达式为:

$$S_{2ASK}(t) = a_n A \cos \omega_c t \quad (11-1)$$

1)

式中,  $A$  为未调载波幅度,  $\omega_c$  为载波角频率,  $a_n$  为符合下列关系的二进制序列的第  $n$  个码元:

$$(11-2)$$

综合式 11-1 和式 11-2, 令  $A=1$ , 则 2ASK 信号的一般时域表达式为:

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

$$S(t) \cos \omega_c t \quad (11-3)$$

3)

式中,  $T_s$  为码元间隔,  $g(t)$  为持续时间  $[-T_s/2, T_s/2]$  内任意波形形状的脉冲(分析时一般设为归一化矩形脉冲), 而  $S(t)$  就是代表二进制信息的随机单极性脉冲序列。

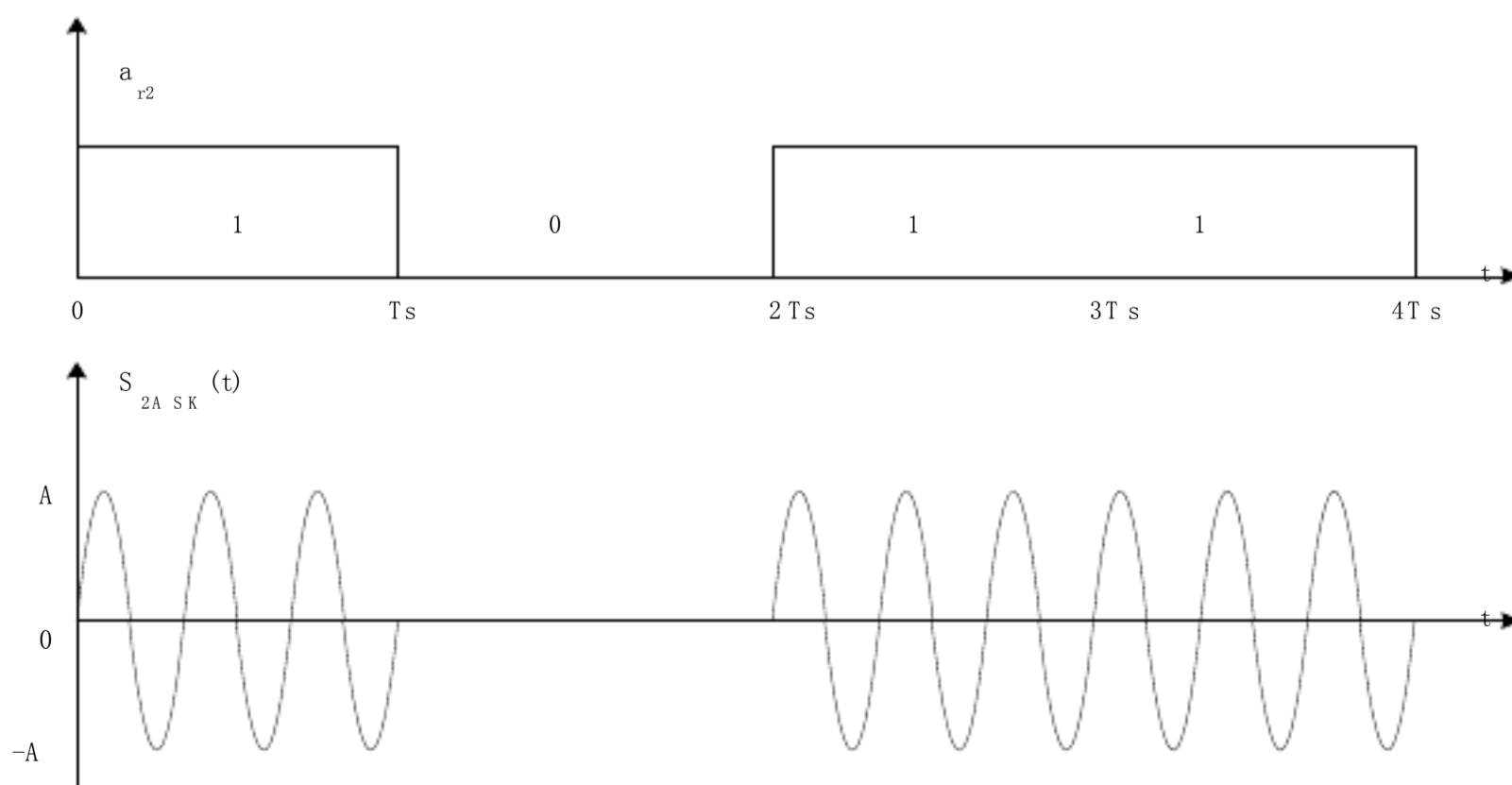


图 11-1 2ASK 信号的典型时域波形

为了更深入掌握 2ASK 信号的性质，除时域分析外，还应进行频域分析。由于二进制序列一般为随机序列，其频域分析的对象应为信号功率谱密度。设  $g(t)$  为归一化矩形脉冲，若  $g(t)$  的傅氏变换为  $G(f)$ ， $S(t)$  则为二进制随机单极性矩形脉冲序列，且任意码元为 0 的概率为  $P$ ，则  $S(t)$  的功率谱密度表达式为：

$$P_s(f) = \frac{f}{f_s} P(1-P) |G(f)|^2 + \frac{f^2}{f_s^2} (1-P)^2 |G(0)|^2 \quad (11-4)$$

式中， $G(f) = T_s \frac{\sin \pi f T_s}{f T_s}$ ； $f_s = \frac{1}{T_s}$  Hz，并与二进制序列的码元速率  $R_s$  在数值上相等。可以看出，单极性矩形脉冲随机序列含有直流分量。2ASK 信号的双边功率谱密度表达式为：

$$P_{2ASK}(f) = \frac{1}{4} \frac{f}{f_s} P(1-P) |G(f - f_c)|^2 + |G(f + f_c)|^2 + \frac{1}{4} \frac{f^2}{f_s^2} (1-P)^2 |G(0)|^2 \quad (f - f_c) \quad (f + f_c) \quad (11-5)$$

式 (11-5) 表明，2ASK 信号的功率谱密度由两个部分组成：(1) 由  $g(t)$  经线性幅度调制所形成的双边带连续谱；(2) 由被调载波分量确定的载频离散谱。图 11-2 为 2ASK 信号的单边功率谱示意图。

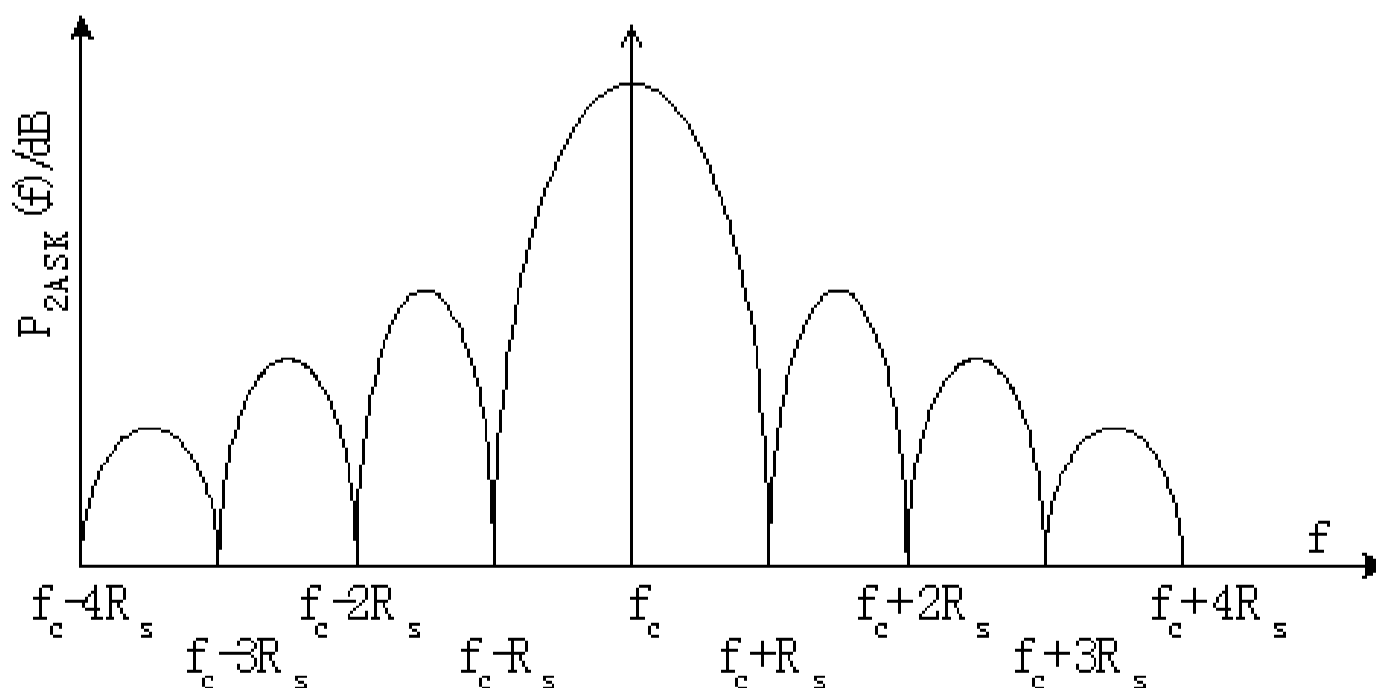


图 11-2 2ASK 信号的单边功率谱密度示意图

对信号进行频域分析的主要目的之一就是确定信号的带宽。在不同应用场合，

信号带宽有多种度量定义，但最常用和最简单的带宽定义是以功率谱主瓣宽度为度量的“谱零点带宽”，这种带宽定义特别适用于功率谱主瓣包含信号大部分功率的信号。显然，2ASK 信号的谱零点带宽为

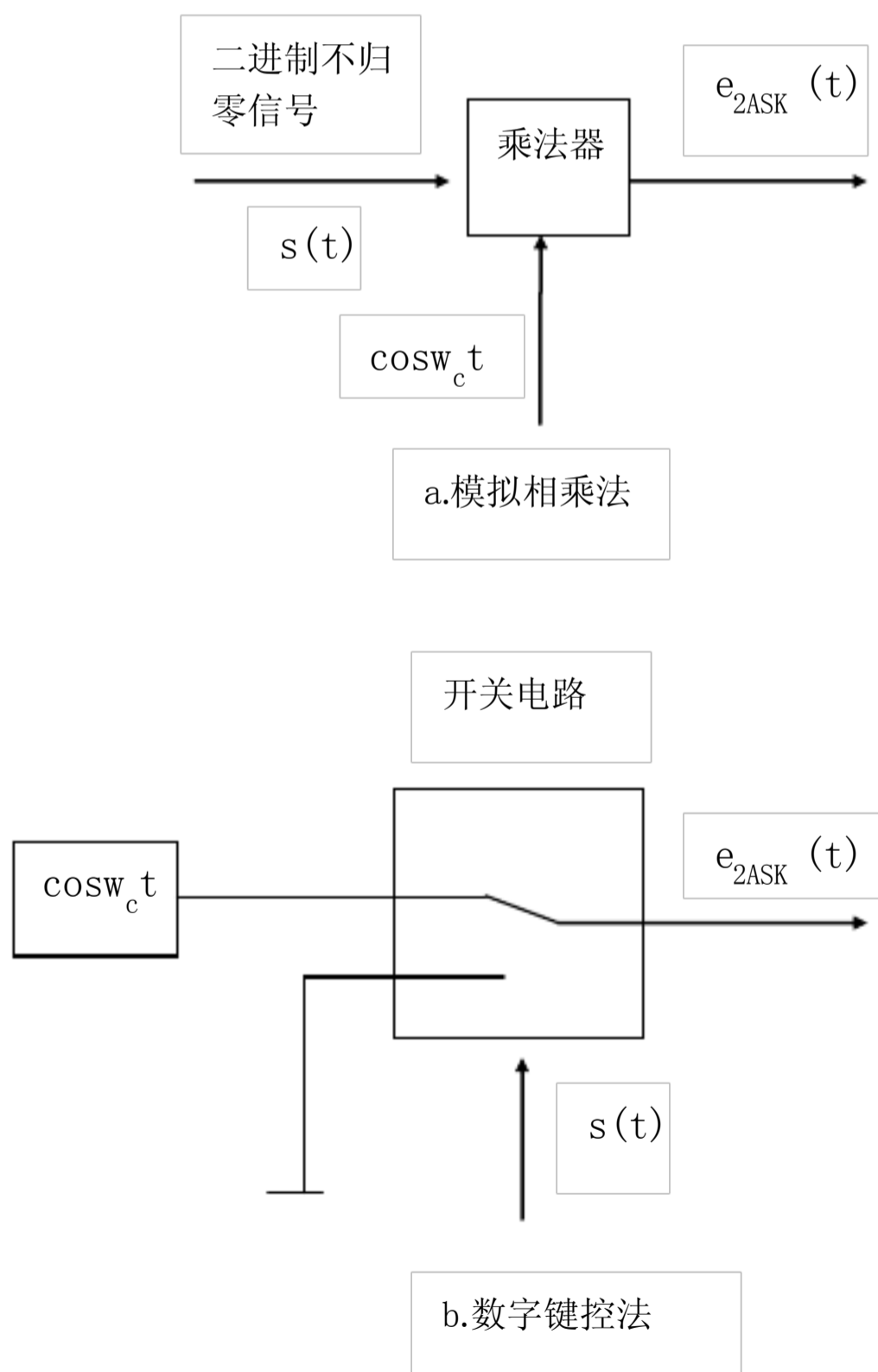
$$B_{2ASK} = [(f_c - R_s) (f_c + R_s)] f_0 = 2R_s = 2/T_s \quad (\text{Hz}) \quad (11 -$$

6)

式中， $R_s$  为二进制序列的码元速率，它与二进制序列的信息率（比特率） $R_b$  (bit/s) 在数值上相等。

## 2、2ASK 信号产生方法

2ASK/OOK 信号的产生方法通常有两种：模拟调制法（相乘法）和键控法，相应调制图如下图所示。图 a 就是一般的模拟幅度调制的方法，用乘法器实现；图 b 是一种数字键控法，其中的开关电路受  $s(t)$  控制。指出键控法要求设备简单，因此实际中常用的 2ASK 信号产生方法为键控法，本实验也采用键控法产生 2ASK 信号。



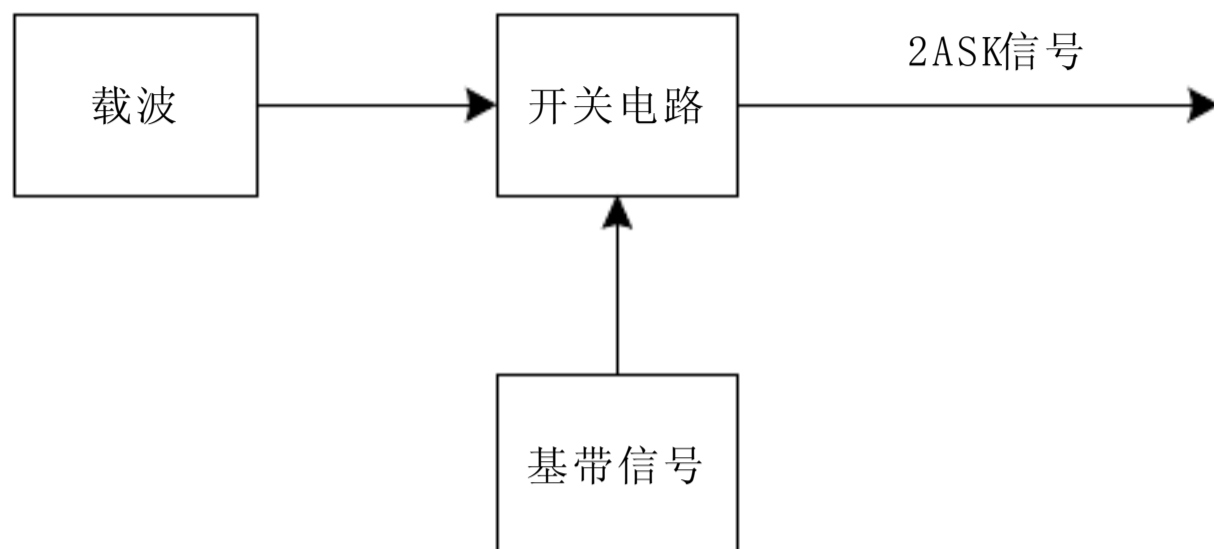


图 11-3 2ASK调制原理框图

2ASK 信号的产生方法比较简单。首先，因 2ASK 信号的特征是对载波的“通—断键控”，用一个模拟开关作为调制载波的输出通/断控制门，由二进制序列  $S(t)$  控制门的通断， $S(t) = 1$  时开关导通； $S(t) = 0$  时开关截止，这种调制方式称为通—断键控法。其次，2ASK 信号可视为  $S(t)$  与载波的乘积，故用模拟乘法器实现 2ASK 调制也是很容易想到的另一种方式，称其为乘积法。在这里，我们采用的是通—断键控法，2ASK 调制的基带信号和载波信号分别从“ASK 基带输入”和“ASK 载波输入”输入，其原理框图和电路原理图分别如图 11-3、图 11-4 所示。

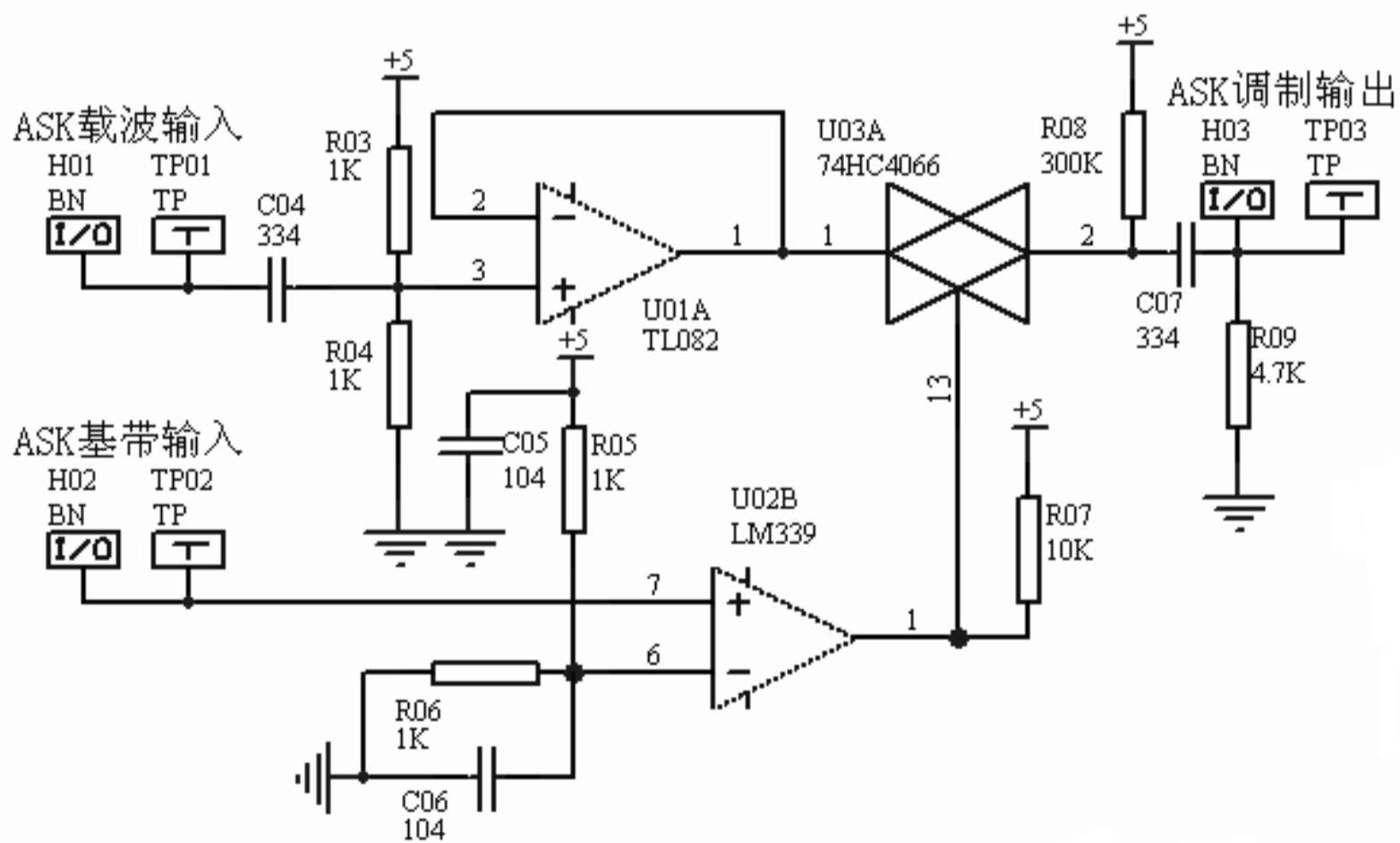


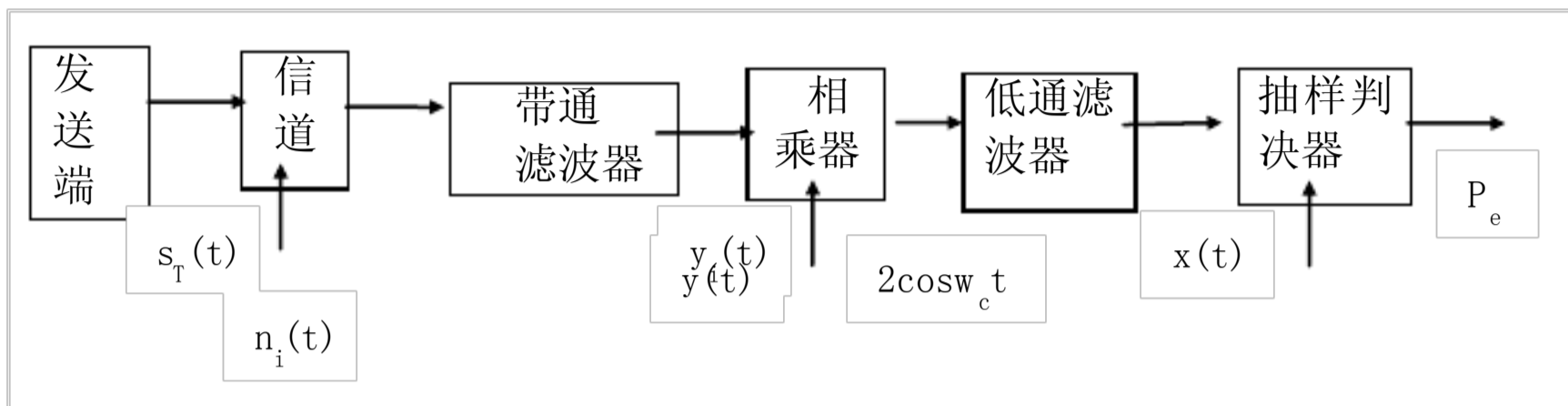
图 11-4 2ASK 调制电路原理图

### 3、2ASK 解调原理

2ASK 解调有非相干解调（包络检波法）和相干解调（同步检测法）两种方法，我们采用的是包络检波法。下面将分别讨论这两种解调方法的误码率。

#### 1. 同步检测法的系统性能

对 2ASK 信号，同步检测法的系统性能分析模型图如下图所示：



对于 2ASK 系统，设在一个码元的持续时间  $T_s$  内，其发送端输出的信号波形  $S_T(t)$  可以表示为

$$s_T(t) = \begin{cases} u_T(t) & \text{发送“1”时} \\ 0 & \text{发送“0”时} \end{cases}$$

其中

$$u_T(t) = \begin{cases} A\cos\omega_c t & 0 < t < T_s \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

2ASK 信号解调的常用方法主要有两种：包络检波法和相干检测法。

包络检波法的原理方框图如图 2 所示。带通滤波器（BPF）恰好使 2ASK 信号完整地通过，经包络检测后，输出其包络。低通滤波器（LPF）的作用是滤除高频杂波，使基带信号（包络）通过。抽样判决器包括抽样、判决及码元形成器。定时抽样脉冲（位同步信号）是很窄的脉冲，通常位于每个码元的中央位置，其重复周期等于码元的宽度。不计噪声影响时，带通滤波器输出为 2ASK 信号，即  $y(t) = e_0(t) = s(t)\cos\omega_c t$ ，包络检波器输出为  $s(t)$ 。经抽样、判决后将码元再生，

即可恢复出数字序列  $\{a_n\}$ 。

$$\begin{aligned} z(t) &= y(t)\cos\omega_c t = s(t)\cos^2\omega_c t = \frac{1}{2}s(t)(1 + \cos 2\omega_c t) \\ &= \frac{1}{2}s(t) + \frac{1}{2}s(t)\cos 2\omega_c t \end{aligned}$$

相干检测法原理方框图如图 3 所示。相干检测就是同步解调，要求接收机产生一个与发送载波同频同相的本地载波信号，称其为同步载波或相干载波。利用此载波与收到的已调信号相乘，输出为

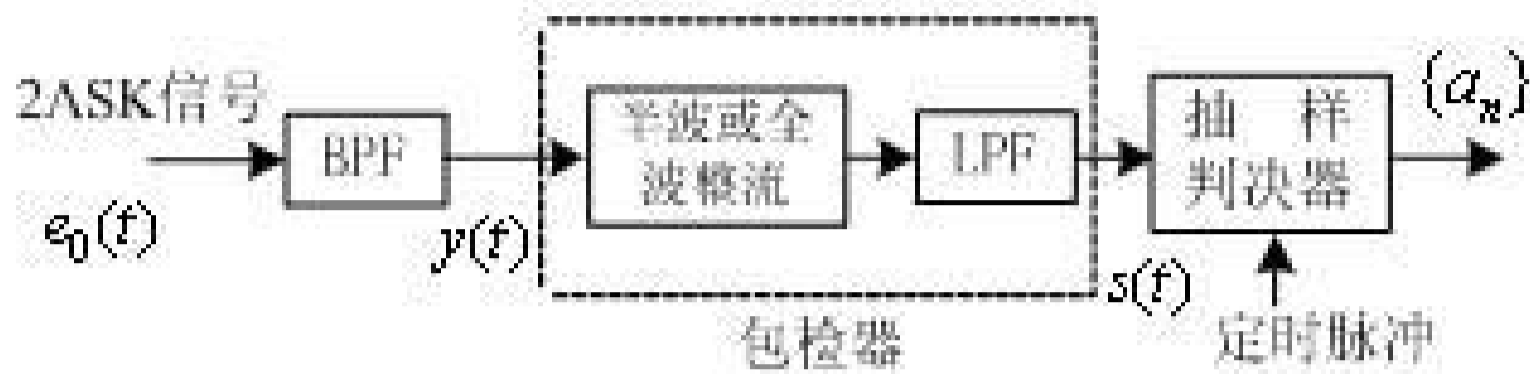


图 2 2ASK 信号的包络解调

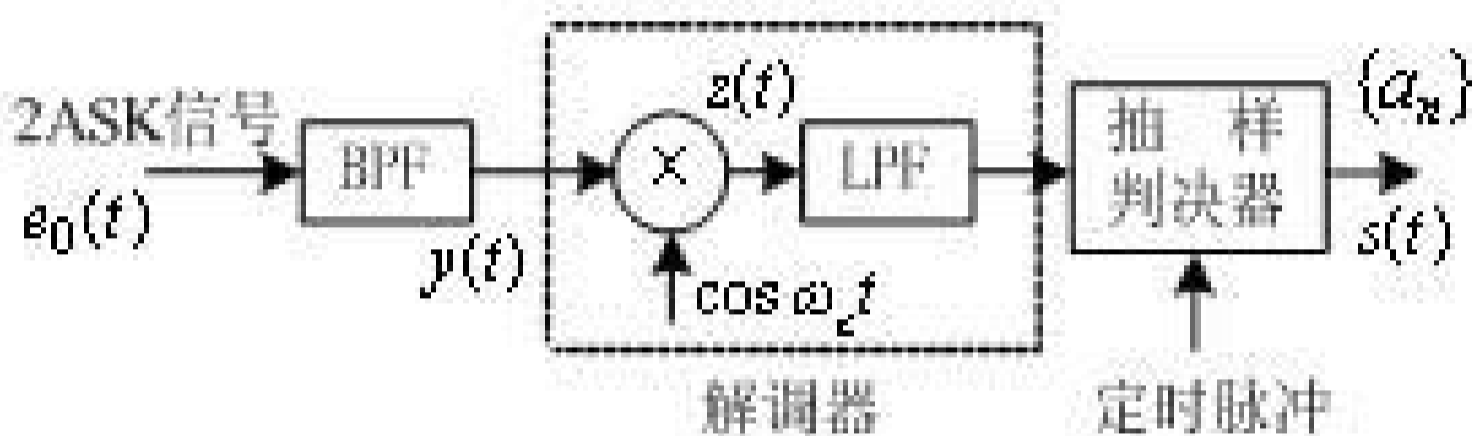


图 3 2ASK 信号的相干解调

经低通滤波滤除第二项高频分量后，即可输出  $s(t)$  信号。低通滤波器的截止频率与基带数字信号的最高频率相等。由于噪声影响及传输特性的不理想，低通滤波器输出波形有失真，经抽样判决、整形后再生成数字基带脉冲。

虽然 2ASK 信号中确实存在着载波分量，原则上可以通过窄带滤波器或锁相环来提取同步载波，但这会给接收设备增加复杂性。因此，实际中很少采用相干解调法来解调 2ASK 信号。

在相同大信噪比情况下，2ASK 信号相干解调时的误码率总是低于包络检波时的误码率，即相干解调 2ASK 系统的抗噪声性能优于非相干解调系统，但两者相差并不大。然而，包络检波解调不需要稳定的本地相干载波，故在电路上要比相干解调简单的多。另外，包络检波法存在门限效应，相干检测法无门限效应。所以，一般而言，对 2ASK 系统，大信噪比条件下使用包络检测，即非相干解调，而小信噪比条件下使用相干解调。

#### 4、2ASK 包络解调电路原理框图

原理框图如图 11-5。2ASK 调制信号从“ASK-IN”输入，经 C04 和 R03 组成的耦合电路至半波整流器（由 D01、D02 组成），半波整流后的信号经电压比较器 U02 与参考电位比较后送入抽样判决器进行抽样判决，最后得到解调输出的二进制信号。标号为“ASK 判决电压调节”的电位器用来调节电压比较器 U02 的判决电压。判决电压过高，将会导致正确的解调结果的丢失；判决电压过低，将会导致解调结果中含有大量错码，因此，只有合理选择判决电压，才能得到



正确的解调结果。抽样判决用的时钟信号就是 2ASK 基带信号的位同步信号，该信号从“ASK-BS”输入，可以从信号源直接引入，也可以从同步信号恢复模块引入。在实际应用的通信系统中，解调器的输入端都有一个带通滤波器来滤除带外的信道白噪声并确保系统的频率特性符合无码间串扰的条件。本实验中为了简化实验设备，在调制部分的输出端没有加带通滤波器，并且假设信道是理想的，所以在解调部分的输入端也没有加带通滤波器。

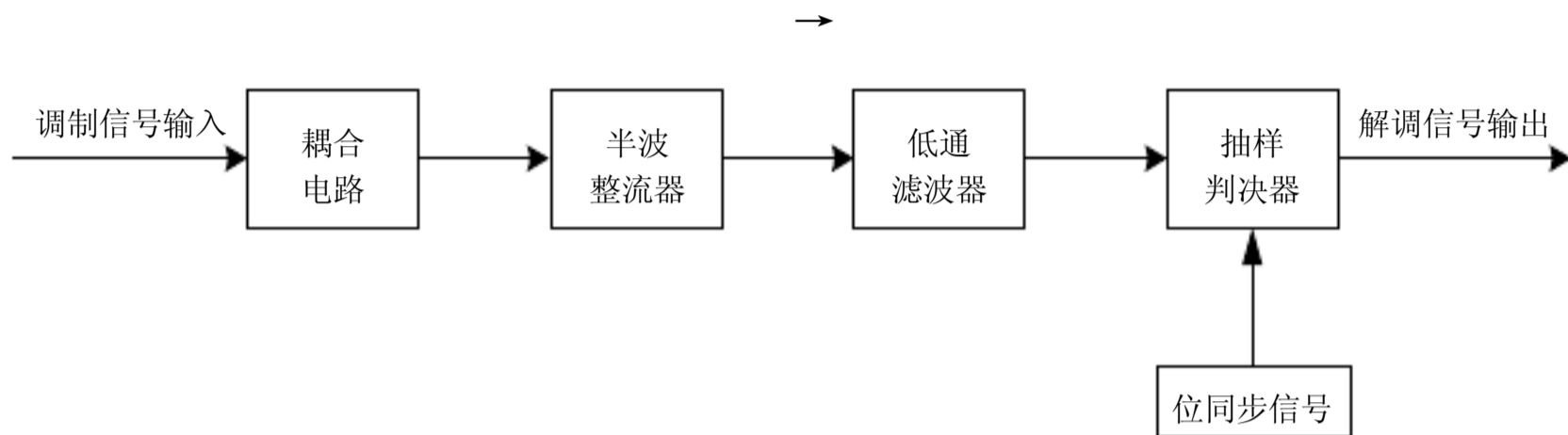


图 11-5 2ASK 解调原理框图

说明各电路的作用，指出各点的输出波形应该是什么。特别指出判决电压的设置对解调信号的影响，为什么要引入位同步信号。

### 5、2ASK 数字调制通信系统的整体结构

画出 2ASK 数字调制通信系统的整体结构图，指出各点的输出波形应该是什么。特别指出为什么这里的位同步信号要从同步信号提取模块提取，而不能直接从信号源接入。

## 五、实验步骤

1、将信号源模块、数字调制模块、数字解调模块、同步提取模块、频谱分析模块小心地固定在主机箱中，确保电源接触良好。

2、插上电源线，打开主机箱右侧的交流开关，再分别按下五个模块中的开关 POWER1、POWER2，对应的发光二极管 LED01、LED02 发光，按一下信号源模块的复位键，五个模块均开始工作。（注意，此处只是验证通电是否成功，在实验中均是先连线，后打开电源做实验，不要带电连线）

### 3、ASK 调制实验

(1)将信号源模块产生的码速率为 15.625KHz(即将 SW04, SW05 拨为 00000001 00101000) 的周期性 NRZ 码(所谓周期性例如: 00010001 00010001 00010001) 和 64KHz 的正弦波(幅度为 3V 左右) 分别送入数字调制模块的信号输入点“ASK 基带输入”和“ASK 载波输入”。以信号输入点“ASK

基带输入”的信号为内触发源，用示波器双踪同时观察点“ASK 基带输入”和点“ASK 调制输出”输出的波形。并将这两点的信号送入频谱分析模块进行分析，观察其频谱。

(2) 改变送入的基带信号，重复上述实验。

#### 4、ASK 解调实验

(1) 将信号源模块的位同步信号 (BS) 的频率设置为 15.625KHz (即将 SW04, SW05 拨为 00000001 00101000)，将信号源模块产生的 NRZ 码设置为周期性码，将同步信号提取模块的拨码开关 SW01 的第一位拨上。

(2) 用信号源模块产生的 NRZ 码为基带信号，合理连接信号源模块与数字调制模块，使数字调制模块的信号输出点“ASK 调制输出”能输出正确的 ASK 调制波形。

(3) 将“ASK 调制输出”的输出信号送入数字解调模块的信号输入点“ASK-IN”，观察信号输出点“ASK-OUT”处的波形，并调节标号为“ASK 判决电压调节”的电位器，直到在该点观察到稳定的 NRZ 码为止。将该点波形送入同步信号提取模块的信号输入点“NRZ-IN”，再将同步信号提取模块的信号输出点“位同步输出”输出的波形送入数字解调模块的信号输入点“ASK-BS”，观察信号输出点“OUT1”、“OUT2”、“OUT3”、“ASK 解调输出”处的波形，并与信号源产生的 NRZ 码进行比较。

(4) 改变信号源产生的 NRZ 码的设置，重复上述观察。

5、信道实验 (插入在 ASK 调制之后，ASK 解调之前)。旋转信道模拟模块的噪声功率调节电位器，改变信道内噪声功率大小，观察信道输入波形、信道噪声波形与信道输出波形。观察噪声对信号的影响。

6、终端实验 (插入在 2ASK 解调部分之后)：将信号源的基带信号接入终端的信道 1，2ASK 解调信号接入终端的信道 2，观察两组信道对应的发光二极管的亮灭情况是否一致。

7、将信道模拟模块中的噪声调高，重复上述观察。

## 六、输入、输出点参考说明

### 1、信号源模块：

ASK 基带输入： 信号源测试点 NRZ 输出的 NRZ 码  
(000100010001000100010001)  
(SW04、SW05 设置为 00000001 00101000, 128 分频)；

ASK 载波输入： 信号源测试点 64K 正弦波输出的正弦波；

BS FS

### 2、信号输入点参考说明

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/177012166165010005>