

课程设计报告

通信原理II

题目： 数字基带传输系统的设计

学院： 信息与通信工程学院

专业： 通信工程

学生姓名： _____

班级： _____

学号： _____

《通信原理 II 课程设计》任务书

序号	内 容	基本要求	参考学时
1	实现输入信号的模拟	设计实现单频正弦波、方波、声波信号(以两个不同频率正弦波相加模拟)的仿真。要求正弦波、方波的幅度和频率可按要求调整	4
2	实现模拟波形到数字波形的 PCM 编码变换	设计实现抽样、量化、编码。要求抽样率可根据输入信号最大频率自动调整。编码可采用均匀量化编码或 A 律 13 折线编码	
3	数字基带传输系统的设计	设计实现 HDB3 、AMI 和数字双向码基带信号的编码传输, 画出码形变换前后的信号波形	4
4	数字频带传输系统的设计	设计实现 2ASK 、2PSK 、2FSK 、2DPSK 、QPSK 调制解调系统, 画出调制前后的信号波形	4
5	传输信道建模和设计系统和系统误码性能分析	设计实现 AWGN 信道、简单衰落信道、瑞利衰落信道; 通过改变信道条件, 仿真信道传输误码率性能, 画出系统误码率曲线; 分析不同调制方式、编码方式对系统传输性能的影响	2
6	采用信道编码系统的设计	设计实现汉明码的编译码; 循环码的编译码; 卷积码的编译码; 正交编码的编译码系统	2
7	系统图形化界面的设计	运用 Matlab 图形界面开发工具设计并实现仿真系统的图形化界面	
8	其他扩展功能	自行设计发挥	

目录

摘要	4
概述	5
设计原理	5
设计过程	11
实验心得体	14
参考文献	14
附录	14

摘要

输入：首先输入模拟信号，给出此模拟信号的时域波形。

数字化：将模拟信号进行数字化，得到数字信号，选择 PCM 编码。

信道编码：实现简单的信道编译码（7,3）循环码

信源编码：实现基带码形变换（HDB3 码）

信道：采用加性高斯信道。

PCM 解码：给出解码后的模拟信号的时域波形，并与输入信号进行比较。

系统性能分析：比较在不同调制方式下，该数字频带传输系统的性能指标，即该系统的输出误码率随输入信噪比的变化曲线。

关键词：PCM 编码、解码，（7,3）循环码编码、解码，HDB3 编码、解码

一、概述

通信原理 II 课程设计是《通信原理》课的辅助环节。它以小型课题方式来加深、扩展通信原理所学知识，课程设计着重体现通信原理教学知识的运用，着重培养学生主动研究的能力。通过课程设计，主要达到以下目的：

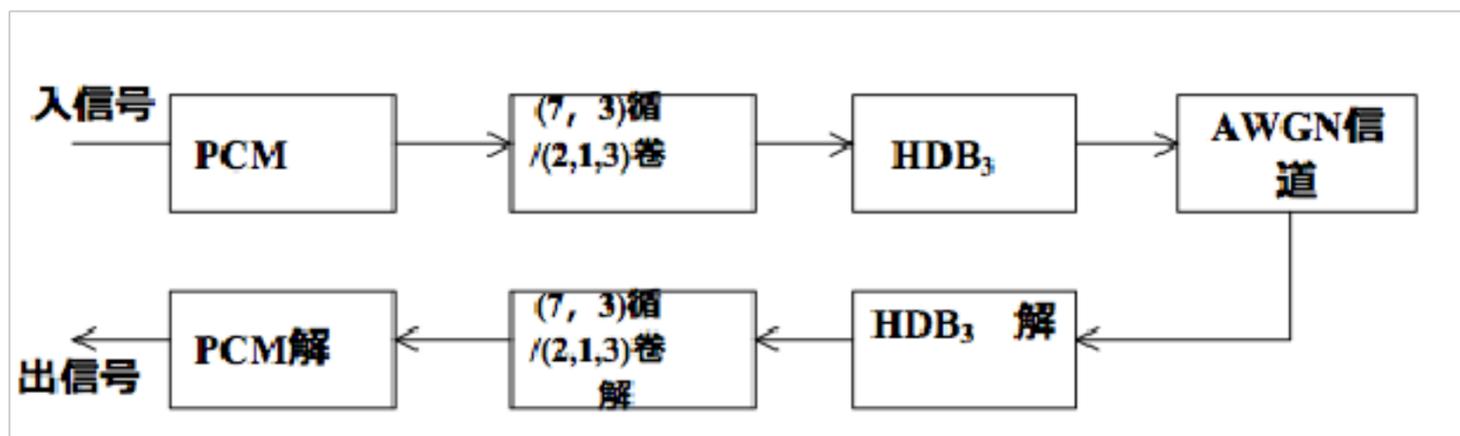
- (1) 使我们增进对通信系统的认识，加深对通信原理知识的理解。
- (2) 使我们掌握通信系统仿真设计方法。

二、设计原理

1、实验要求：

- (1) 实现对给定信号 PCM 编码(单频正弦信号、模拟音频信号或其他信号)：10 分；
- (2) 对基带传输系统：实现基带码形变换(HDB₃ 码或密勒码)，并正确画出码形变换前后的波形：30 分；
- (3) 实现简单的信道编译码 (7, 3)循环码 20 分；
- (4) 仿真系统整体运行正常：20 分；
- (5) 正确设置信道仿真参数，仿真得出误码曲线，并画出接收信号波形：20 分；

其中系统误码率曲线基本要求为信道条件 SNR 值在 1.5dB ~ 4.5dB 之间均匀选取 5 个点进行仿真。



2、原理简述：

(1) PCM 调制过程有抽样、量化和编码三个步骤。

电话语音信号的 PCM 码组由八位二进制组成，模拟信号为调制信号，二进制脉冲序列为载波，样值改变脉冲序列的码元取值，故称 PCM。

A 律 PCM 编码规则

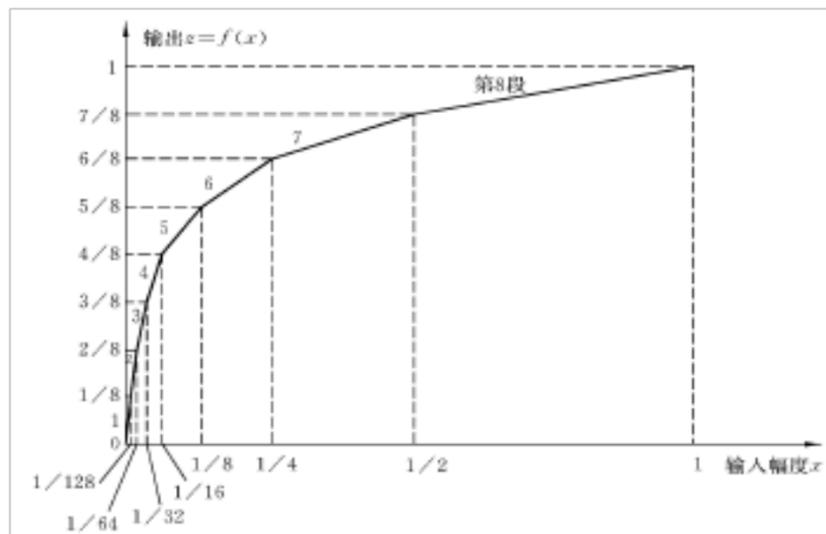
M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8

M1—极性码，1 为正极性，0 为负极性；

M2 M3 M4—段落电平码，表示信号绝对值处在哪个段落，3 位码共可表示 8 个段落，代表 8 个段落的起始电平值；

M5 M6 M7 M8—任一段落内的 16 个量化电平值。

A 律 13 折逼近 A=87.6 的压缩特性如图：



解码输出：

段落起始电平+段内电平码*段内量化间隔+半个该层量化间隔

(为了使编码造成的量化误差小于量化间隔的一半)

(2) 数字调制：用数字基带信号控制载波，把数字基带信号变换为数字带通信号（已调信号）的过程成为数字调制。

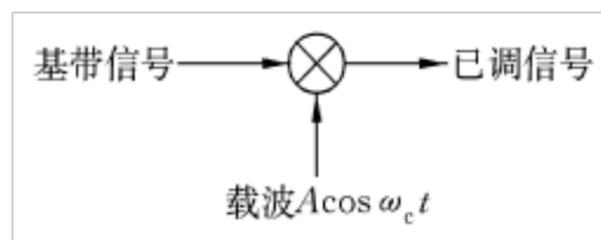
数字调制与模拟调制的基本原理相同，但数字信号有离散取值的特点。因此数字调制技术有两种方法：①利用模拟调制的方法实现数字调制，即把数字调制看成是模拟调制的特例把数字基带信号当成是模拟信号的特殊情况处理；②利用数字信号的离散取值特点通过开关键控制载波，从而实现数字调制。这种方法称为键控法，比如对载波的振幅，频率和相位进行键控，便可得到振幅键控 ASK，频移键控 FSK 和相移键控 PSK 三种基本的数字调制方式。

(2) 振幅键控 ASK

振幅键控利用载波的幅度变化来传递数字信息，而其频率和初始相位保持不变。在 2ASK 中，载波的幅度只有两种变化状态，分别为对应二进制信息“0”或“1”。常用的二进制振幅键控方式称为通断键控，2ASK 信号的一般表达式为 $s(t) = a_n g(t) \cos \omega t$ 其中

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

2ASK 调制器见右图



2ASK 有两种基本的解调方法：非相干解调和相干解调，解调方式如下：

非相干解调方式：

带通滤波器——全波整流器——低通滤波器——抽样判决器——输出

相干解调方式：

带通滤波器——相乘器——低通滤波器——抽样判决器——输出

1. 2ASK 信号及其调制方法

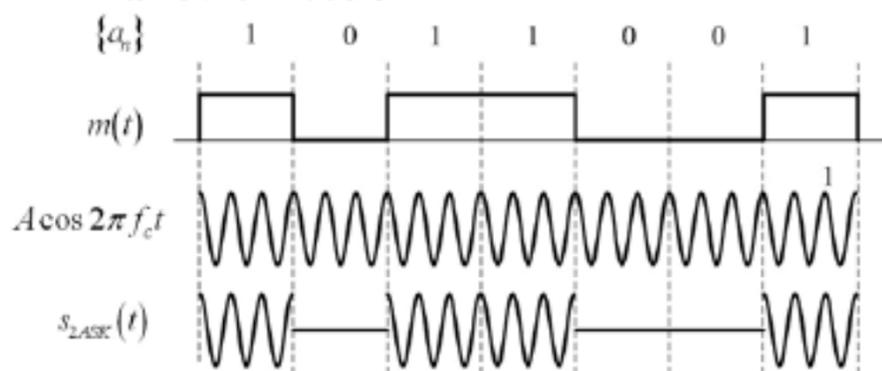


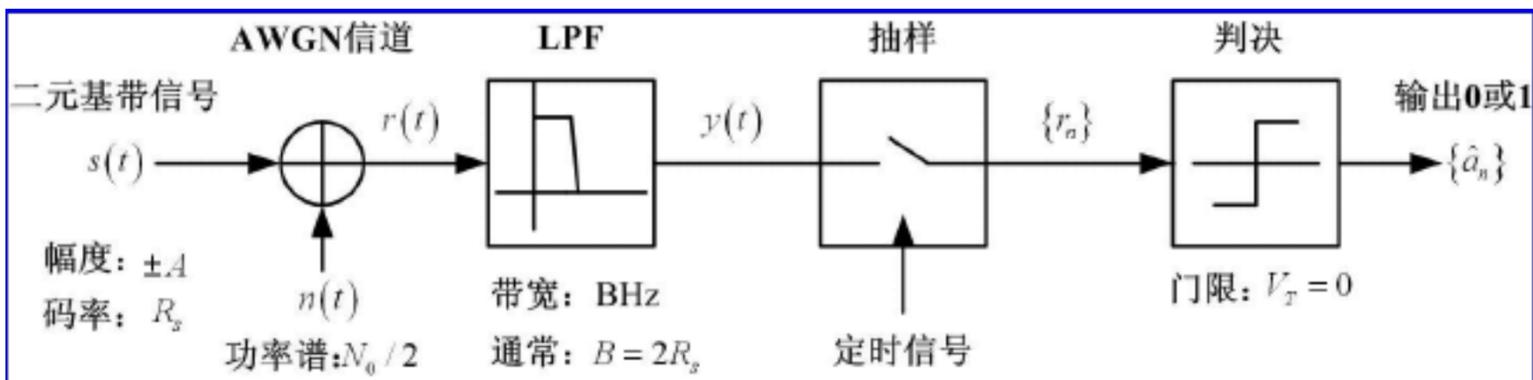
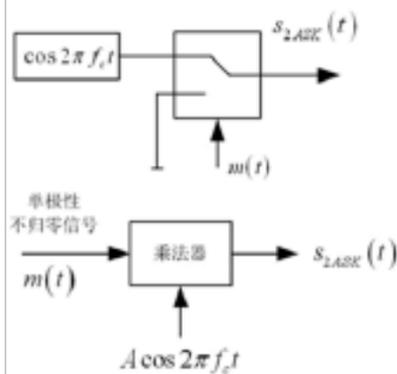
图 5.1.1 2ASK (或 OOK) 信号的波形

二进制序列 $\{a_n\}$ 取值 0、1: $m(t) = \sum_n a_n g_T(t - nT_b)$

$$s_{2ASK}(t) = Am(t)\cos 2\pi f_c t$$

或, “**传号**” —— 码元 1, “**空号**” —— 码元 0

$$s_{2ASK}(t) = \begin{cases} A\cos 2\pi f_c t & \text{"传号"} \\ 0 & \text{"空号"} \end{cases}, \quad (n-1)T_b \leq t \leq nT_b$$



2. 包络检波解调方法

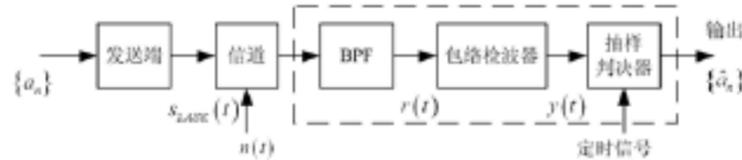


图 5.1.3 2ASK 包络检波解调框图

(1) 带通滤波器：中心频率为 f_c ，带宽为 $B_{BPF} = 2B$ ，

$$r(t) \approx s_{2ASK}(t) + n(t)$$

(2) 整流滤波提取包络，（如果信号足够强）， $\approx m(t)$

(3) 抽样器的定时信号由符号同步单元提供。

$$\text{判决器: } y \geq A/2, \text{ 即 } \hat{a}_n = \begin{cases} 1 & \text{若 } y > A/2 \\ 0 & \text{若 } y < A/2 \end{cases}$$

系统的误码率： $P_e \approx \frac{1}{2} e^{-\gamma/4}$

BPF 的输出信噪比：

$$\gamma = A^2 / (2\sigma_n^2) = A^2 / (2N_0 B_{BPF})。$$

(3) 汉明码

校验

与其他的错误校验码类似，汉明码也利用了奇偶校验位的概念，通过在数据位后面增加一些比特，可以验证数据的有效性。利用一个以上的校验位，汉明码不仅可以验证数据是否有效，还能在数据出错的情况下指明错误位置。

纠错

在接受端通过纠错译码自动纠正传输中的差错来实现码纠错功能，称为前向纠错 FEC。在数据链路中存在大量噪音时，FEC 可以增加数据吞吐量。通过在传输码列中加入冗余位（也称纠错位）可以实现前向纠错。但这种方法比简单重传协议的成本要高。汉明码利用奇偶块机制降低了前向纠错的成本。

校验方法

进行奇偶校验的方法是先计算数据中 1 的个数，通过增加一个 0 或 1（称为校验位），使 1 的个数变为奇数（奇校验）或偶数（偶校验）。例如，数据 1001 总共是 4 个比特位，包括 2 个 1，1 的数目是偶数，因此，如果是偶校验，那么增加的校验位就是一个 0，反之，增加一个 1 作为校验位。通过“异或”运算来实现偶校验，“同或”运算来实现奇校验。单个比特位的错误可以通过计算 1 的数目是否正确来检测出来，如果 1 的数目错误，说明有一个比特位出错，这表示数据在传输过程中受到噪音影响而出错。利用更多的校验位，汉明码可以检测两位码错，每一位的检错都通过数据中不同的位组合来计算出来。校验位的数目与传输数据的总位数有关，可以通过汉明规则进行计算：

$d+p+1 \leq 2$ 的 p 次方

d 表示传输数据位数， p 表示校验位数。两部分合称汉明码字，通过将数据位与一个[生成矩阵](#)相乘，可以生成汉明码字。

2008-07-05 19:10

针对 4 位数据的汉明码编码示意图

汉明码是一个在原有数据中插入若干校验码来进行错误检查和纠正的编码技术。以典型的 4 位数据编码为例，汉明码将加入 3 个校验码，从而使实际传输的数据位达到 7 个（位），它们的位置如果把上图中的位置横过来就是：

数据位

1 2 3 4 5 6 7

代码

P1 P2 D8 P3 D4 D2 D1

说明

第 1 个汉明码

第 2 个汉明码

第 1 个数据码

第 3 个汉明码

第 2 个数据码

第 3 个数据码

第 4 个数据码

注： D_x 中的 x 是 2 的整数幂（下面的幂都是指整数幂）结果，多少幂取决于码位， D_1 是 0 次幂， D_8 是 3 次幂，想想二进制编码就知道了。另外，汉明码加插的位置也是有规律的。以四位数据为例，第一个汉明码是第一位，第二个是第二位，第三个是第四位，1、2、4 都是 2 的整数幂结果，而这个幂次数是从 0 开始的整数。这样我们可以推断出来，汉明码的插入位置为 1（2⁰）、2（2¹）、4（2²）、8（2³）、16（2⁴）、32（2⁵）……

汉明码的编码原理

现以数据码 1101 为例讲讲汉明码的编码原理，此时 $D_8=1$ 、 $D_4=1$ 、 $D_2=0$ 、 $D_1=1$ ，在 P1 编码时，先将 D_8 、 D_4 、 D_1 的二进制码相加，结果为奇数 3，汉明码对奇数结果编码为 1，偶数结果为 0，因此 P1 值为 1， $D_8+D_2+D_1=2$ ，为偶数，那么 P2 值为 0， $D_4+D_2+D_1=2$ ，为偶数，P3 值为 0。这样，参照上文的位置表，汉明码处理的结果就是 1010101。在这个 4 位数据码的例子中，我们可以发现每个汉明码都是以三个数据码为基准进行编码的。下面就是它们的对应表：

汉明码

编码用的数据码

P1

D_8 、 D_4 、 D_1

P2

D_8 、 D_2 、 D_1

P3

D_4 、 D_2 、 D_1

从编码形式上，我们可以发现汉明码是一个校验很严谨的编码方式。在这个例子中，通过对 4 个数据位的 3 个位的 3 次组合检测来达到具体码位的校验与修正目的（不过只允许一个位出错，两个出错就无法检查出来了，这从下面的纠错例子中就能体现

出来)。在校验时则把每个汉明码与各自对应的数据位值相加，如果结果为偶数（纠错代码为 0）就是正确，如果为奇数（纠错代码为 1）则说明当前汉明码所对应的三个数据位中有错误，此时再通过其他两个汉明码各自的运算来确定具体是哪个位出了问题。

还是刚才的 1101 的例子，正确的编码应该是 1010101，如果第三个数据位在传输途中因干扰而变成了 1，就成了 1010111。检测时， $P_1+D_8+D_4+D_1$ 的结果是偶数 4，第一位纠错代码为 0，正确。 $P_2+D_8+D_2+D_1$ 的结果是奇数 3，第二位纠错代码为 1，有错误。 $P_3+D_4+D_2+D_1$ 的结果是奇数 3，第三位纠错代码为 1，有错误。那么具体是哪个位有错误呢？三个纠错代码从高到低排列为二进制编码 110，换算成十进制就是 6，也就是说第 6 位数据错了，而数据第三位在汉明码编码后的位置正好是第 6 位。

(4) 循环码

通常，将接收到的循环码组进行除法运算，如果除尽，则说明正确传输；如果未除尽，则在寄存器中的内容就是错误图样，根据错误图样可以确定一种逻辑，来确定差错的位置，从而达到纠错的目的。用于纠错目的的循环码的译码算法比较复杂，感兴趣的话可以参考一些参考书。而用于检错目的循环码，一般使用 ARQ 通信方式。检测过程也是将接受到的码组进行除法运算，如果除尽，则说明传输无误；如果未除尽，则表明传输出现差错，要求发送端重发。用于这种目的的循环码经常被成为循环冗余校验码，即 CRC 校验码。CRC 校验码由于编码电路、检错电路简单且易于实现，因此得到广泛的应用。在通过 MODEM 传输文件的协议如 ZMODEM、XMODEM 协议中均用到了 CRC 校验技术。在磁盘、光盘介质存储技术中也使用该方法。

在 SystemView 中没有提供专用的 CRC 循环冗余校验码编码器，读者可根据有关参考书设计一个相应的仿真电路。如果不想亲自动手设计，可以在 CDMA 库 (IS95) 中找到一个现成的专用的 CRC 编码器和译码器。该图符 (FrameQ) 是的接入信道的数据帧品质指示编码器，其中使用了多种不同比特率的数据模型，通过 CRC 校验来判断接入信道的质量好坏。其中规定每一帧的长度为 20ms 的数据。一个典型 IS-95-A 标准规定的 9600 信道的 CRC 测试码的长度为 192 比特，其中信息位 172 位、校验位 12 比特、尾部全零 8 比特。感兴趣的读者可以加入一个速率为 860bps ($192\text{bit}/0.2\text{ms}=860$) 的 PN 数据，然后观察经过 CRC 编码后的波形。并可用对应的译码器译码观察输出波形是否与输入的 PN 码一致。

(5) HDB3 编码规则：

1 先将消息代码变换成 AMI 码，若 AMI 码中连 0 的个数小于 4，此时的 AMI 码就是 HDB3 码；

2 若 AMI 码中连 0 的个数大于 3，则将每 4 个连 0 小段的第 4 个 0 变换成与前一个非 0 符号 (+1 或 -1) 同极性的符号，用表示 (+1+, -1-);

3 为了不破坏极性交替反转，当相邻符号之间有偶数个非 0 符号时，再将该小段的第 1 个 0 变换成 +B 或 -B，符号的极性与前一非零符号的相反，并让后面的非零符号从符号开始再交替变化。

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/286214125235011005>