

一、实验目的及要求

1. 掌握采样定理;

2. 掌握脉冲编码调制的基本原理;

3. 利用 Matlab/Simulink 建模与仿真数字通信系统;

4. 验证数字通信系统传输原理和信号处理方式;

5. 利用 Matlab/Simulink 对模拟信号的数字化进行建模仿真验证;

6. 分析仿真结果.

二、实验环境及相关情况 (包含使用软件、实验设备、主要仪器及材料等)

Matlab 2023a、电脑.

三、实验原理

(一) 模拟信号的数字化:

在模拟信号数字化方式中,出现最早且应用最广泛的是脉冲编码调制,即PCM编码,它经过抽样(时间离散化)、量化(幅值离散化)和编码(由电平转换为二电平)3个步骤,将一个时间和幅值都连续变换的模拟信号变成二进制数字信号。

1. 抽样: 将模拟信号在时间上离散化。

2. 量化: 为保证在足够大的动态范围内数字电话语音具有足够高的信噪比,人们提出一种非均匀量化的思想: 在小信号时采用较小的量化间距,而在大信号时用大的量化区间。

3. PCM编码和解码: PCM是脉冲编码调制的简称,是现代数字电话系统的标准语音编码方式。A律PCM数字电话系统中规定: 传输语音信号频段为300Hz到3400Hz,采样率为8000次/秒,对样值进行13折线压缩后编码为8 bit二进制数字序列。因此,PCM输出码率为64Kbps。

(二) 数字通信系统建模与仿真:

1. 数字通信系统中,发送端信源输出的消息,经过信源编码得到一个具有若干离散取值的离散时间序列。信源编码的功能是:

① 将模拟信号转换为数字序列; ② 压缩编码,提高通信效率; ③ 加密编码,提高信息传输安全性。

2. 信源编码的输出序列将送入信道编码器,信道编码的功能:

① 负责对数字序列进行差错控制编码,如分组编码,卷积编码,交织和扰码等等,以抵抗信道中的噪声和干扰,提高传输可靠性。

② 对差错控制编码输出的数字序列进行码型变换(也称为基带调制),如单双极性变换,归零-不归零码变换,差分编码,AMI编码,HDB3编码等等,其目的是匹配信道传输特性,增加定时信息,改变输出符号的统计特性并使之具有一定的检错能力。

③ 对输出码型进行波形映射,以适应于带限传输信道,如针对带限信道的无串扰波形的成形滤波,部分响应成形滤波等。

四、实验内容及步骤 (包含简要的实验步骤流程)

(一) 模拟信号的数字化:

1. 实验内容:

(1) 抽样: 设模拟基带信号的频带为 $(0, 200)$ Hz, 对其进行采样的序列为均匀间隔的窄脉冲串, 为保证无失真采样, 最低采样率设计为 400 次/秒。试仿真采样和恢复过程, 观察采样后频谱周期化现象以及采样前后及恢复信号的波形和频谱。

(2) A/D 和 D/A 转换器的仿真: A/D 转换器负责将模拟信号转为数字信号。

(3) PCM 编码和解码。

2. 实验步骤:

(1) 系统分析; (2) 建立系统模型; (3) 仿真;

(二) 数字通信系统建模与仿真:

1. 实验内容:

(1) 基带传输码型设计, 仿真得出单极性不归零码、双极性不归零码的波形; (2) 仿真数字双相码 (曼彻斯特码)、密勒码 (延迟调制码) 以及信号反转码 (CMI 码) 编码输出波形; (3) 试建立 AMI 编码和解码的仿真模型。

2. 实验步骤:

(1) 单极性到双极性的变换用通信模块中的 Unipolar to Bipolar Converter 实现。归零码是不归零码和时相乘 (与 1) 得出的。反之, 由归零码到不归零码的转换可采用采样保持器完成;

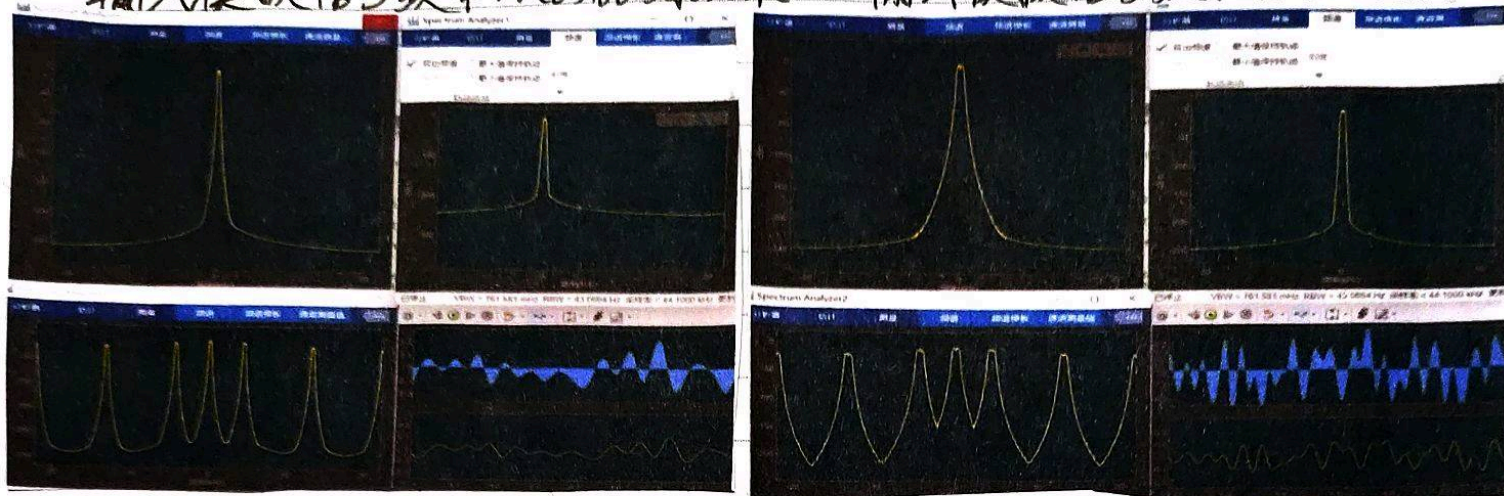
(2) 数字双相码在一个码元传输时间间隔内用两位双极性不归零脉冲表示 "1" 和 "0";

(3) AMI 码也称为信号交替反转码, 其编码规则是: "0" 用零电平表示, "1" 用 $+A$ 和 $-A$ 电平交替表示。

五、实验结果及分析（包括程序或图表、结论陈述、数据记录及分析等，可附页）

(一) 模拟信号的数字化：

输入模拟信号频率为(0,100)的结果： 输入模拟信号频率为(0,250)时：

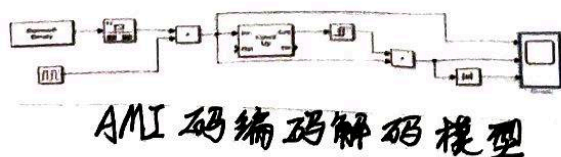
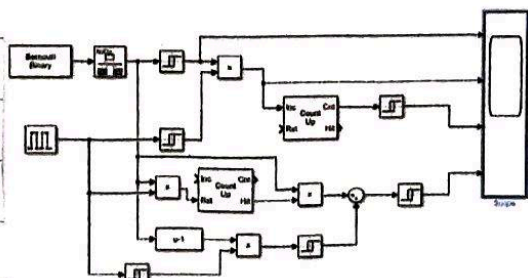
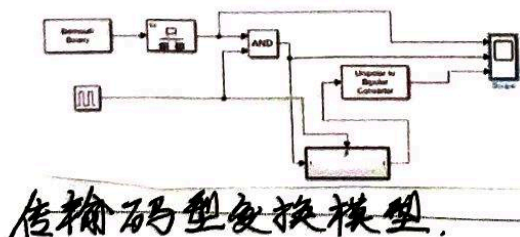


PCM解码器中首先分离出并行数据中的最高位和7位数据，然后将7位数据转换为整数值，再进行归一化、扩张后与双极性的极性码相乘得到解码。编码与解码时转换值都必须在规定范围内，否则会报错。

输入	编码输出	解码输出	误差
0.0625	1011011	0.06447	3.152%
0.125	1100011	0.1235	1.2%
0.1875	11001100	0.185	1.3%
0.25	11010001	0.248	0.8%
0.3125	11010011	0.3091	1.088%
0.375	11010101	0.372	0.8%
0.4375	11010111	0.435	0.57%
0.5	11011001	0.498	0.4%
0.5625	11011010	0.5591	0.6%
0.625	11011011	0.6221	0.464%
0.6875	11011100	0.685	0.36%
0.75	11011101	0.748	0.27%
0.8125	11011110	0.811	0.18%
0.875	11011111	0.874	0.11%
0.9375	11100000	0.937	0.05%

利用解码器与编码器得到左图所示数据。由数据可知，两个解码和编码器的模型均能验证实验原理，且输入值越大，解码的误差就越小。

(二) 数字通信系统建模与仿真：



六、实验总结（包括心得体会、问题回答及实验改进意见，可附页）

1. 要传输模拟信号，可以通过传输抽样定理的抽样值来实现而不是非要传输原本的模拟信号，模拟信号数字化的理论基础就是抽样定理。

2. 量化具有两种方法：只舍不入和有舍有入。量化方法中，取整的时候只舍不入，就是说 $0 \sim 1$ 伏之间输入的所有电压输出都为0伏等；取整的时候有舍有入，即 $0 \sim 0.5$ 伏之间的输出电压输出都为0伏， $0.5 \sim 1.5$ 伏之间的输出电压输出都为1伏等等。采用前者的量化误差通常为负，而后者通常有正有负，误差较小。

3. 通过本次实验我较为系统地掌握了有关PCM脉冲编码调制的设计思路和设计方法，主要对Matlab的仿真方法和开发环境等有了一定的了解并对其进行测试与应用。

4. 老师一方面在理论讲解时详细专业地介绍了本次实验的理论知识，让我对此有了宏观上了解并能够掌握这些理论知识，为以后的实际操作提供了坚实的基础。另一方面在实验过程中也给我们很多技术上的指导让我们在此中学到更多的操作技能。

5. ① AD/DA转换器的输入设置为256时，会报错，因为超出了转换值范围“ $0 \sim 255$ ”，增加一位二进制编码长度即可。

② AD/DA转换器的输入设置为-1时，会因超出范围报错，将其改为有符号数即可。

七、原始数据记录（选填）

