

高等院校规划教材

通信工程及信息安全专业 毕业实习实训教程

主编 周剑玲 魏景新



煤炭工业出版社

高等院校规划教材

通信工程及信息安全专业 毕业实习实训教程

主编 周剑玲 魏景新

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

通信工程及信息安全专业毕业实习实训教程/周剑玲, 魏景新
主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2016

高等院校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 5004 - 7

I. ①通… II. ①周… ②魏… III. ①通信工程—信息安全—
实习—高等学校—教材 IV. ①TN911.2 - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 226532 号

通信工程及信息安全专业毕业实习实训教程 (高等院校规划教材)

主 编 周剑玲 魏景新

责任编辑 李振祥

编 辑 田小琴

责任校对 李新荣

封面设计 于春颖

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

电 话 010 - 84657898 (总编室)

010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京建宏印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17¹/₂ 字数 411 千字

版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

社内编号 7850

定价 38.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010 - 84657880

内 容 提 要

本书系统地介绍了现代通信系统的设计理念、设计方法以及设计实例，内容涵盖了基带传输系统、无线通信系统、数字微波与天线系统、光纤通信系统、移动通信系统以及交换系统等，重点讲解了各种通信系统的组成、设计与实践。

本书主要面向高等院校本科、专科的教学，可作为通信工程、电子信息、自动化、计算机应用技术等相关专业的实验指导的授课教材或者实习实训的培训教材，也可作为相关专业从业人员的自学参考书。

前 言

随着电子信息与通信技术的高速发展, 社会对应用型人才的需求急剧增加, 高校对应用型人才的培养显得尤为重要。高校开设与课堂教学配套的实验课程和实训环节作为培养应用型工程技术类的专业技术课程, 应当重视学生的实践能力和实际动手能力的培养。本书是以通信原理、移动通信、天线与微波技术、光通信、现代交换技术等通信技术理论为基础, 结合实际实验箱、实验仪器和实训环节进行编写。

本书为现代通信技术课堂教学的配套教材, 它遵循工科类通信原理、现代交换技术、移动通信、光通信等课程的实验教学大纲的要求及作者多年从事通信技术实践教学的经验 and 体会编写而成。通过对本书的学习, 读者能够系统地掌握现代通信系统中所涉及的各种通信技术在实际中的应用, 并且能够根据本书的内容动手实践, 对通信系统进行仿真分析或者制作一些能够完成通信功能的产品。为满足不同课程实践教学需求, 本书分为6章: 1章是基本通信系统设计以及构成系统的单元电路实验验证, 培养学生对通信系统的理解与基本实验技能, 由周剑玲编写; 2章是通信信道的设计与仿真以及实训的操作, 培养学生的工程实践能力, 由于臻、段佳勇和魏景新编写; 3章是数字微波与天线系统设计, 该部分为学生提供创新设计平台, 充分发挥学生自主开发能力, 培养学生的电路设计能力、计算机应用能力、综合分析能力, 由叶瑜、于臻和安晶编写; 4章是小型交换机的设计以及软交换技术的实训操作过程, 培养学生自主学习能力和综合应用能力, 由王秀艳编写; 5章是光纤通信系统设计及实验操作过程, 加深学生对光通信的理解, 培养学生的动手能力, 由蒋玲编写; 6章是移动通信系统构成及实验验证过程, 加深学生对移动通信的理解, 培养学生的实验操作能力, 由叶瑜和冉小英编写。

由于编者能力有限, 本书内容难免有不妥之处, 希望读者提出改进意见, 以便今后修订提高。

编 者

2015年7月

目 次

1	通信系统设计	1
1.1	基带传输系统设计	1
1.2	2FSK 传输系统设计	11
1.3	2PSK 传输系统设计	15
1.4	PAM 通信系统设计	23
1.5	PCM 通信系统设计	28
1.6	汉明码系统设计	33
1.7	QPSK 传输系统设计	37
2	无线通信系统设计	48
2.1	无线信道的仿真研究	48
2.2	无线接收机	64
2.3	无线对讲机的安装与调试	68
2.4	PJ-80 型测向机的安装与调试	82
3	数字微波与天线系统设计	88
3.1	数字微波通信系统介绍	88
3.2	数字微波通信系统组装与测试流程	100
3.3	天线与电波传播系统各功能模块的组装与测试	104
3.4	天线的设计软件及性能仿真	135
4	小型交换系统的构成与设计	146
4.1	小型数字程控交换系统的设计	147
4.2	小型数字程控交换系统的实训	151
4.3	小型软交换系统的设计	177
4.4	软交换控制平台配置及管理	185
4.5	小型软交换系统的实训	198
5	光纤通信系统的原理与测试操作	210
5.1	光纤通信系统相关设备介绍	210
5.2	光纤通信系统各功能模块的工作原理	211
5.3	光纤通信实验系统各模块的性能测试	213

6 GSM 移动通信系统	223
6.1 GSM 移动通信实验系统概述	223
6.2 移动通信中的调制技术	229
6.3 GSM 移动通信系统部分实验概述	232
6.4 信道复用、信道特性仿真与均衡实验	251
6.5 GSM 实验系统网络连接配置	267
参考文献.....	270

1 通信系统设计

1.1 基带传输系统设计

数字基带传输系统是通信系统的重要组成部分,一个数字通信系统的可靠性往往取决于与其相对应的基带传输系统,因此设计与研究基带系统的性能就很重要。

1.1.1 设计目的

- (1) 掌握基带系统的构成。
- (2) 理解奈奎斯特第一准则的物理意义。
- (3) 掌握基带系统的线路码型的编译码原理及硬件电路的实现。

1.1.2 数字基带传输系统组成

数字基带传输系统中,其传输的对象通常是二进制数字信号,它可能是来自计算机、电传打字机或其他数字设备的各种数字脉冲,也可能是来自数字电话终端的脉冲编码调制(PCM)信号,这些二进制数字信号的频带范围主要集中在零频附近或靠近零频,这种信号称为数字基带信号。在某些有线信道中,特别是在传输距离不太远的情况下,数字基带信号可以不经调制和解调过程在信道中直接传送,这种不使用调制和解调设备而直接传输基带信号的通信系统称为基带传输系统,其构成如图 1-1 所示。

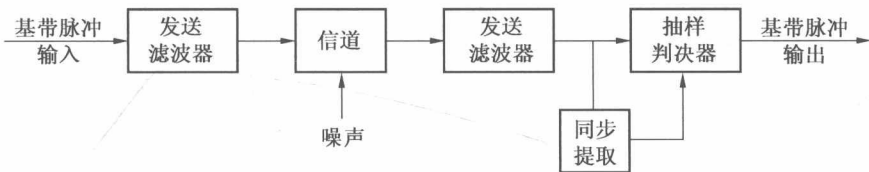


图 1-1 数字基带传输系统组成

1.1.3 数字基带传输系统设计准则

为了保证系统中信号传输的可靠性,要尽可能地减少信号传输过程中出现的码间干扰,这就要求基带传输系统满足奈奎斯特第一准则:当码元间隔 T_s 的数字信号在某理想低通信道中传输时,若信号的传输速率为 $R_b = 2f_H$ (f_H 为理想低通截止频率)、各码元间隔 $T_s = 1/2f_H$,则此时在码元响应的最大值处将不产生码间干扰且信道的频带利用率达到极限,为 $2 \text{ bit}/(\text{s} \cdot \text{Hz})$ 。也就是说传输数字信号所要求的信道带宽应是该信号传输速率的一半,即

$$BW = f_H = \frac{R_b}{2} = \frac{1}{2T_s}$$

当满足上述这一条件时,其他码元的拖尾振幅在对应于某一码元响应的最大值处刚好为零。

1.1.4 基带传输系统的 Matlab 设计

实际传输中，不可能有绝对理想的基带传输系统，因此不得不降低频带利用率，采用具有奇对称滚降特性的低通滤波器作为传输网络。根据推导得出结论：只要滚降低通的幅频特性以点 $(f_H, 1/2)$ 呈奇对称滚降，则可满足无码间干扰的条件。

(1) 滚降系数为 $\alpha = [(f_H + f_\alpha) - f_H] / f_H$

(2) 升余弦滚降滤波器频域特性为

$$H(\omega) = \begin{cases} T_s & 0 \leq |\omega| < \frac{(1-\alpha)\pi}{T_s} \\ \frac{T_s}{2} \left[1 + \sin \frac{T_s}{2\alpha} \left(\frac{\pi}{T_s} - \omega \right) \right] & \frac{(1-\alpha)\pi}{T_s} \leq |\omega| < \frac{(1+\alpha)\pi}{T_s} \\ 0 & |\omega| \geq \frac{(1+\alpha)\pi}{T_s} \end{cases} \quad (1-1)$$

(3) 相应的冲激响应为

$$h(t) = \frac{\sin \pi t / T_s}{\pi t / T_s} \cdot \frac{\cos \alpha \pi t / T_s}{1 - 4\alpha^2 t^2 / T_s^2} \quad (1-2)$$

余弦滚降系统基于 Matlab 仿真源程序如下：

% 数字基带信号传输码间串扰升余弦滚降系统的频谱及其时域波形

% 文件名 syx_gunjiang.m

Ts = 1;

N = 17; dt = Ts/N;

df = 1 - 0 / (20.0 * Ts);

t = -10 * Ts; dt; 10 * Ts;

f = -2/Ts; df; 2/Ts;

a = [0, 0.5, 1];

for n = 1 : length(a)

 for k = 1 : length(f)

 if abs(f(k)) > 0.5 * (1 + a(n)) / Ts

 Xf(n, k) = 0;

 elseif abs(f(k)) < 0.5 * (1 - a(n)) / Ts

 Xf(n, k) = Ts;

 else

 Xf(n, k) = 0.5 * Ts * (1 + cos(pi * Ts / (a(n) + eps) * (abs(f(k)) - 0.5 * (1 - a(n)) / Ts)));

 end;

 end;

xt(n, :) = sinc(t/Ts) .* (cos(a(n) * pi * t/Ts)) ./ (1 - 4 * a(n)^2 * t.^2 / Ts^2 + eps);

end

subplot(211);

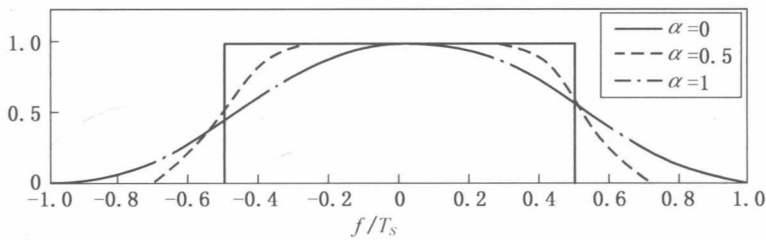
plot(f, Xf);

```

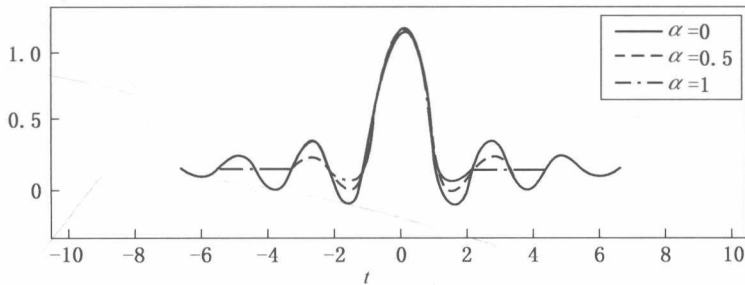
axis([-1 1 0 1 -2]);
xlabel('f/Ts');
ylabel('升余弦滚降系统的频谱');
legend('α=0','α=0.5','α=1');
subplot(212);
plot(t,xt);
axis([-10 10 -0.5 1 -1]);
xlabel('t');
ylabel('升余弦滚降系统的时域波形');
legend('α=0','α=0.5','α=1');

```

该程序运行结果如图 1-2 所示。



(a) 升余弦系统的频谱



(b) 升余弦系统的冲击响应

图 1-2 升余弦滚降系统的特性

在上述运行结果中可以看出，频域波形在滚降段中心频率处呈奇对称特性，满足奈奎斯特第一准则。如图 1-2 所示，滚降系数越大，超出奈奎斯特带宽的扩展量越大，要求带宽增大。时域波形中，滚降系数越大，波形的拖尾衰减越快，对位定时精度要求越低。

眼图是指利用实验的方法估计和改善（通过调整）传输系统性能时在示波器上观察到的一种图形。它能直观地表明数字信号传输系统出现码间干扰和噪声的影响，能评价一个基带系统的性能优劣。观察眼图的方法是：用一个示波器跨接在接收滤波器的输出端，然后调整示波器扫描周期，使示波器水平扫描周期与接收码元的周期同步，这时示波器屏幕上看到的图形像人的眼睛，故称为眼图。从眼图上可以观察出码间串扰和噪声的影响，从而估计系统优劣程度；另外也可以用此图形对接收滤波器的特性加以调整，以减小码间串扰和改善系统的传输性能。眼图“眼睛”张开的大小反映码间串扰的强弱。“眼睛”张

得越大，眼图越端正，表示码间串扰越小；反之，表示码间串扰越大。当存在噪声时，噪声将叠加在信号上，观察到的眼图的线迹会变得模糊不清。若同时存在码间串扰，“眼睛”将张开得更小。与无码间串扰时的眼图相比，原来清晰端正的细线迹变成了比较模糊的带状线，而且很不端正。噪声越大，线迹越宽，越模糊；码间串扰越大，眼图越不端正。眼图对于展示数字信号传输系统的性能提供了很多有用的信息：可以从中看出码间串扰的大小和噪声的强弱，有助于直观地了解码间串扰和噪声的影响，评价一个基带系统的性能优劣；可以指示接收滤波器的调整，以减小码间串扰。

升余弦滚降系统眼图程序段如下：

```
% 数字基带信号波形及其眼图
% 文件名:eye. m
Ts = 1;
N = 15;
eye_num = 6;
a = 1;
N_data = 1000;
dt = Ts/N;
t = -3 * Ts:dt:3 * Ts;
% 产生双极性数字信号
d = sign(randn(1,N_data));
dd = sigexpand(d,N);
% 基带系统冲击响应(升余弦)
ht = sinc(t/Ts) .* (cos(a * pi * t/Ts))./(1 - 4 * a^2 * t.^2/Ts^2 + eps);
st = conv(dd,ht);
tt = -3 * Ts:dt:(N_data + 3) * N * dt - dt;
subplot(211)
plot(tt,st);
axis([0 20 -1 -2 1 -2]);
xlabel('t/Ts');
ylabel('基带信号');
subplot(212)
% 画眼图
ss = zeros(1,eye_num * N);
ttt = 0:dt:eye_num * N * dt - dt;
for k = 3:50
    ss = st(k * N + 1:(k + eye_num) * N);
    drawnow;
    plot(ttt,ss);
    hold on;
end;
```

```

xlabel('t/Ts');
ylabel('基带信号眼图');
% 将输入的序列扩成间隔为 N - 1 个 0 的序列
function[ out ] = sigexpand(d,M)
N = length(d);
out = zeros(M,N);
out(1,:) = d;
out = reshape(out,1,M * N);

```

程序运行后仿真结果如图 1-3 所示。该图中波形幅度没有衰减，无码间串扰。可通过抽样判决后还原接收信号。

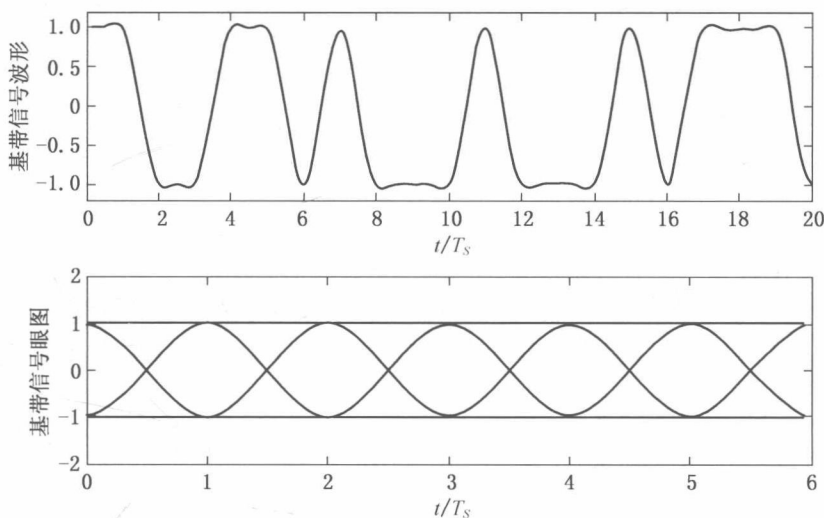


图 1-3 基带传输信号波形及眼图

1.1.5 数字基带传输的实验验证

基带传输系统的输入信号是由终端设备编码器产生的脉冲序列，为了使这种脉冲序列适合于信道的传输，一般要经过码型变换器（信道编码），码型变换器把二进制脉冲序列变为双极性码（AMI 码或 HDB₃ 码），经过信道传输到达接收端译码，最后在定时脉冲到来时，进行抽样判决以恢复基带数字码脉冲，系统模型如图 1-4 所示。

对不同的数字基带传输系统，应根据不同的信道特性及系统指标要求选择不同的数字脉冲波形，原则上可选择任意形状的脉冲作为基带信号波形（如矩形脉冲、三角波、高斯脉冲及升余弦脉冲等），但实际系统常用的数字波形是矩形脉冲，这是由于矩形脉冲易于产生和处理。同时，要选取合适的线路码型，以便于接收端提取定时信号，并具有内在的误码检错能力，提高系统的频带利用率。

常见的传输码型有 NRZ 码、RZ 码、AMI 码、HDB₃ 码及 CMI 码，其中最合适基带传输的码型是 HDB₃ 码。另外，AMI 码也是 CCITT 建议采用的基带传输码型，但其缺点是当长连“0”过多时对定时信号提取不利。

时间参数

久不拨号时间监视	10	国内长途主叫控制再应答时间监视	90
位间隔超时监视	20	占用证实时间监视	2
本地久叫不应时间监视	60	发拆线后等释放监护时间监视	4
国内长途久叫不应时间监视	90	前向切断, 后向切断时间监视	2
忙音时间监视	60	去话局前向信号发送时间监视	15
催挂音时间监视	60	去话局无前向信号发送时间监视	20
本地被叫控制再应答时间监视	60	来话局占用记发器后等到第一个前向信号	15
本地主叫控制再应答时间监视	60	来话局两个连续前向信号间隔时间监视	15

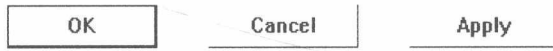


图 1-4 数字基带系统模型

AMI (Alternate Mark Inversion) 码又称为平衡对称码。这种码的编码规则是：把码元序列中的“1”码变为极性交替变化的传输码 1、-1、1、-1、…，而码元序列中的“0”码保持不变。

例如，码元序列：1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0
 AMI 码：1 0 0 -1 1 0 -1 0 1 -1 1 -1 0 0

由 AMI 码的编码规则可以看出，由于 1 和 -1 各占一半，因此这种码中无直流分量，且其低频和低频分量也较少。此外，AMI 码编码过程中，将一个二进制符号变成了一个三进制符号，即这种码脉冲有三种电平，因此把这种码称为伪三电平码，也称为 1B/1T 码型。AMI 码除了上述特点外，还有编译码电路简单及便于观察误码情况等优点。但是，AMI 码有一个重要的缺陷就是当码元序列中出现长连“0”时，会造成提取定时信号的困难，因而实际系统中常采用 AMI 码的改进型 HDB₃ 码。

HDB₃ (High Density Bipolar 3) 码是三阶高密度双极性码，它是为了克服传输波形中出现长连“0”码情况而设计的 AMI 码的改进型。HDB₃ 码的编码规则是：①把码元序列进行 AMI 编码，然后去检查 AMI 码中连 0 的个数，如果没有 4 个以上（包括 4 个）连 0 串时，则这时的 AMI 码就是 HDB₃ 码。②如果出现 4 个以上连 0 串时，则将每 4 个连 0 小段的第 4 个 0 变成与其前一个非 0 码（1 或 -1）相同的码，显然这个码破坏了“极性交替反转”的规则，因而称其为破坏码，用符号 V 表示（即 1 记为 V，-1 记为 -V）。③为了使附加 V 码后的序列中仍不含直流分量，必须保证相邻的 V 码极性交替。这一点，当相邻的 V 码之间有奇数个非 0 码时，是能得到保证的；但当相邻的 V 码之间有偶数个非 0 码时，则得不到保证，这时再将该连 0 小段中的第 1 个 0 变成 B 或 -B，B 的极性与其前一个非 0 码相反，并让后面的非零码从 V 码后开始再极性交替变化。

例如, 码元序列: 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1
 AMI 码: 1 0 0 0 0 -1 0 1 0 0 0 0 -1 0 0 0 0 1 -1
 HDB₃ 码: 1 0 0 0 V -1 0 1 -B 0 0 -V 1 0 0 0 V -1 1

上例中, 第 1 个 V 码和第 2 个 V 码之间, 有 2 个非 0 码 (偶数), 故将第 2 个 4 连 0 小段中的第 1 个 0 变成 -B; 第 2 个 V 码和第 3 个 V 码之间, 有 1 个非 0 码 (奇数), 不需要变化。最后可看出, HDB₃ 码中 V 码与其前一个非 0 码 (1 或 -1) 极性相同, 起破坏作用; 相邻的 V 码极性交替; 除 V 码外, 包括 B 码在内的所有非 0 码极性交替。

虽然 HDB₃ 码的编码规则比较复杂, 但译码却比较简单。从编码过程中可以看出, 每一个 V 码总是与其前一个非 0 码 (包括 B 码在内) 同极性, 因此从收到的码序列中很容易地找到破坏点 V 码, 于是可断定 V 码及其前 3 个码都为 0 码, 再将所有的 -1 变为 1 后, 便可恢复原始信息代码。

HDB₃ 码的特点是: 它既保留 AMI 码无直流分量, 便于直接传输的优点, 又克服了长连 0 串 (连 0 的个数最多 3 个) 的出现, HDB₃ 码的频谱中既消除了直流和甚低频分量, 又消除了方波中的高频分量, 非常适合基带传输系统的特性要求。因此, HDB₃ 码是目前实际系统中应用最广泛的码型。虽然 HDB₃ 码比 AMI 码的性能更好, 但它仍属于 1B/1T 码型。

以 JH5001-4 通信原理综合实验系统为例说明基带传输系统的电路构成。该实验系统采用了 CD22103 专用芯片 (UD01) 实现 AMI/HDB₃ 的编译码实验, 在该电路模块中, 没有采用复杂的线圈耦合的方法来实现 HDB₃ 码的转换, 而是采用运算放大器 (UD02) 完成对 AMI/HDB₃ 输出进行电平变换。变换输出为双极性码或单极性码。由于 AMI/HDB₃ 为归零码, 含有丰富的时钟分量, 因此输出数据直接送到位同步提取锁相环 (PLL) 提取接收时钟。AMI/HDB₃ 编译码系统组成框图如图 1-5 所示。

由图 1-5 可知, 输入的码流进入 UD01 的 1 脚, 在 2 脚时钟信号的推动下输入 UD01 的编码单元, HDB₃ 与 AMI 由跳线开关 KD03 选择。编码之后的结果在 UD01 的 14 (TPD03)、15 (TPD04) 脚输出。输出信号在电路上直接返回到 UD01 的 11、13 脚, 由 UD01 内部译码单元进行译码。通常译码之后 TPD07 与 TPD01 的波形应一致, 但由于当前的输出 HDB₃ 码字可能与前 4 个码字有关, 因而 HDB₃ 的编译码时延较大。运算放大器 UD02A 构成一个差分放大器, 用来将线路输出的 HDB₃ 码变换为双极性码输出 (TPD05)。运算放大器 UD02B 构成一个相加器, 用来将线路输出的 HDB₃ 码变换为单极性码输出 (TPD08)。

跳线开关 KD01 用于输入编码信号选择: 当 KD01 设置在 Dt 位置时 (第 3 竖排), 输入编码信号来自复接模块的 TDM 帧信号; 当 KD01 设置在 ALL1 位置时 (第 1 竖排), 输入编码信号为全 1 码; 当 KD01 设置在 ALL0 位置时 (第 2 竖排), 输入编码信号为全 0 码; 当 KD01 设置在 M 位置时 (第 4 竖排), 输入编码信号来自本地的 m 序列, 用于编码信号观测。本地的 m 序列格式受 CMI 编码模块跳线开关 KX02 控制: KX02 设置在 1_2 位置 (左端), 为 15 位周期 m 序列 (111100010011010); KX02 设置在 2_3 位置 (右端), 为 7 位周期 m 序列 (1110010)。

跳线开关 KD02 用于选择将双极性码或单极性码送到位同步提取锁相环提取接收时钟: 当 KD02 设置在 1_2 位置 (左端), 输出为双极性码; 当 KD02 设置在 2_3 位置 (右端),

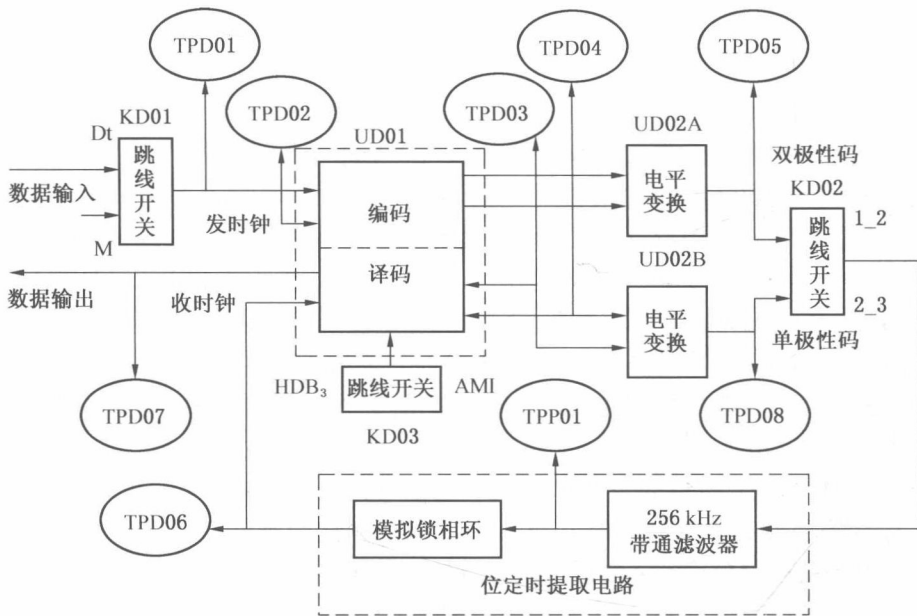


图 1-5 AMI/HDB₃ 编译码系统组成框图

输出为单极性码。

跳线开关 KD03 用于 AMI 或 HDB₃ 方式选择：当 KD03 设置在 HDB₃ 状态时（左端），UD01 完成 HDB₃ 编译码系统；当 KD03 设置在 AMI 状态时（右端），UD01 完成 AMI 编译码系统。

该模块内各测试点的安排为：TPD01，编码输入数据（256 kbps）；TPD02，256 kHz 编码输入时钟（256 kHz）；TPD03，HDB₃ 输出“+”；TPD04，HDB₃ 输出“-”；TPD05，HDB₃ 输出（双极性码）；TPD06，译码输入时钟（256 kHz）；TPD07，译码输出数据（256 kbps）；TPD08，HDB₃ 输出（单极性码）。

1. AMI 码编码规则验证

(1) 由于 AMI 实验用的时钟信号是由复接解复接提供，因此首先用 10 针排线连接排针插槽该模块 JKD01 和复接解复接模块的 JKB02，以获取时钟信号；将输入信号选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（第 4 竖排）、单/双极性码输出选择开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端）、AMI/HDB₃ 编码开关 KD03 设置在 AMI 位置（右端），使该模块工作在 AMI 码方式下。

(2) 将 CMI 编码模块内的跳线开关 KX01 设置在 2_3 位置（右端），将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 2_3 位置（右端），产生 7 位周期 m 序列。用示波器同时观测输入数据 TPD01 和 AMI 输出双极性编码数据 TPD05 波形及单极性编码数据 TPD08 波形，观测时用 TPD01 同步。

分析：观测输入数据与输出数据关系是否满足 AMI 编码关系，并画一个 M 序列周期的测试波形。

(3) 将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置（左端），

产生 15 位周期 m 序列；重复上述测试步骤，记录测试结果。

(4) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 ALL1 位置时（第 1 竖排），输入编码信号为全 1 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

(5) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 ALL0 位置时（第 2 竖排），输入编码信号为全 0 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

2. AMI 码译码和时延测量

(1) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端）；将 CMI 编码模块内的跳线开关 KX01 设置在 2_3 位置（右端），CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置（左端），产生 15 位周期 m 序列；将锁相环模块内输入信号选择跳线开关 KP01、KP02 设置在 HDB₃ 位置（右端），为 AMI 恢复译码时钟。

(2) 用示波器同时观测输入数据 TPD01 和 AMI 译码输出数据 TPD07 波形，观测时用 TPD01 同步。

分析：观测 AMI 译码输出数据是否正确，并画测试波形。此时，AMI 编码和译码的数据时延是多少？

(3) 将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 2_3 位置（右端），产生 7 位周期 m 序列；重复上述测试步骤，记录测试结果。

分析：此时，AMI 编码和译码的数据时延是多少？

思考：数据时延量测量应考虑到什么因数？

3. AMI 编码信号中同步时钟分量定性观测

(1) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端），将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置，产生 15 位周期 m 序列；将锁相环模块内输入信号选择跳线开关 KP01、KP02 设置在 HDB₃ 位置（右端），为 AMI 恢复译码时钟。

(2) 将极性码输出选择跳线开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端），产生单极性码输出，用示波器测量模拟锁相环模块 TPP01 波形；然后将跳线开关 KD02 设置在 1_2 位置（左端），产生双极性码输出，观测 TPP01 波形变化。

分析：①AMI 编码信号转换为双极性码或单极性码后，哪一种码型时钟分量更丰富？为什么？

②接收机应将接收到的信号转换成何种码型才有利于收端位定时电路对接收时钟进行提取？

(3) 将极性码输出选择跳线开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端），产生单极性码输出，使输入数据为全 1 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

(4) 使输入数据为全 0 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

思考：具有长连“0”码格式的数据在 AMI 编译码系统中传输会带来什么问题？如何解决这些问题？

4. AMI 译码位定时恢复测量

(1) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端），将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2（或 2_3）位置，将锁相环模块内输入信号选择跳线开关 KP01、KP02 设置在 HDB₃ 位置（右端），为 AMI 恢复译码时钟。

(2) 先将跳线开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端），单极性码输出，用示波器测量的

同时观测发送时钟测试点 TPD02 和接收时钟测试点 TPD06 波形，测量时用 TPD02 同步，此时两收发时钟应同步。然后，再将跳线开关 KD02 设置在 1_2 位置（左端），单极性码输出，观测 TPD02 和 TPD06 波形并记录和分析测量结果。

(3) 将跳线开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端），单极性码输出，再将跳线开关 KD01 拔除，使输入数据为全 1 码或全 0 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

思考：为什么在实际传输系统中使用 HDB₃ 码？用其他方法可以吗（如扰码）？

5. HDB₃ 码变换规则验证

(1) 首先将输入信号选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端）、单/双极性码输出选择开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端）、AMI/HDB₃ 编码开关 KD03 设置在 HDB₃ 位置（左端），使该模块工作在 HDB₃ 码方式下。

(2) 将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 2_3 位置（右端），产生 7 位周期 m 序列。用示波器同时观测输入数据 TPD01 和 HDB₃ 输出双极性编码数据 TPD05 波形及单极性编码数据 TPD08 波形，观测时用 TPD01 同步。

分析：观测输入数据与输出数据关系是否满足 HDB₃ 编码关系，并画一个 M 序列周期的测试波形。

(3) 将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置（左端），产生 15 位周期 m 序列；重复上述测试步骤，记录测试结果。

(4) 使输入数据端口悬空产生全 1 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

(5) 使输入数据为全 0 码；重复上述测试步骤，记录测试结果。

6. HDB₃ 码译码和时延测量

(1) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端）；将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置（左端），产生 15 位周期 m 序列；将锁相环模块内输入信号选择跳线开关 KP01、KP02 设置在 HDB₃ 位置（右端），为 AMI 恢复译码时钟。

(2) 用示波器同时观测输入数据 TPD01 和 HDB₃ 译码输出数据 TPD07 波形，观测时用 TPD01 同步。分析观测 HDB₃ 编码输入数据与 HDB₃ 译码输出数据关系是否满足 HDB₃ 编译码系统要求，并画测试波形。

分析：此时，HDB₃ 编码和译码的数据时延是多少？

(3) 将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 2_3 位置（右端），产生 7 位周期 m 序列；重复上述测试步骤，记录测试结果。

分析：此时，HDB₃ 编码和译码的数据时延是多少？为什么？

7. HDB₃ 编码信号中同步时钟分量定性观测

(1) 将输入数据选择跳线开关 KD01 设置在 M 位置（右端），将 CMI 编码模块内的 M 序列类型选择跳线开关 KX02 设置在 1_2 位置，产生 15 位周期 m 序列；将锁相环模块内输入信号选择跳线开关 KP01、KP02 设置在 HDB₃ 位置（右端），为 AMI 恢复译码时钟。

(2) 将极性码输出选择跳线开关 KD02 设置在 2_3 位置（右端），产生单极性码输出，用示波器测量模拟锁相环模块 TPP01 波形；然后将跳线开关 KD02 设置在 1_2 位置（左端），产生双极性码输出，观测 TPP01 波形变化。

分析：HDB₃ 编码信号转换为双极性码和单极性码中哪一种码型时钟分量丰富？