

实验6 眼图观察测量实验

一、实验目的

学会观察眼图及其分析方法，调整传输滤波器特性。

二、实验仪器

1. 眼图观察电路(位于大底板右上角，实物图片如下)
2. 时钟与基带数据发生模块，位号：G
3. PSK 调制模块，位号 A
4. 噪声模块，位号 B
5. PSK 解调模块，位号 C
6. 复接/解复接、同步技术模块，位号：I
7. 20M 双踪示波器 1 台



三、实验原理

在整个通信系统中，通常利用眼图方法估计和改善（通过调整）传输系统性能。

我们知道，在实际的通信系统中，数字信号经过非理想的传输系统必定要产生畸变，也会引入噪声和干扰，也就是说，总是在不同程度上存在码间串扰。在码间串扰和噪声同时存在情况下，系统性能很难进行定量的分析，常常甚至得不到近似结果。为了便于评价实际系统的性能，常用观察眼图进行分析。

眼图可以直观地估价系统的码间干扰和噪声的影响，是一种常用的测试手段。

什么是眼图？

所谓“眼图”，就是由解调后经过接收滤波器输出的基带信号，以码元时钟作为同步信号，基带信号一个或少数码元周期反复扫描在示波器屏幕上显示的波形称为眼图。干扰和失真所产生的传输畸变，可以在眼图上清楚地显示出来。因为对于二进制信号波形，它很像人的眼睛故称眼图。

在图 8-1 中画出两个无噪声的波形和相应的“眼图”，一个无失真，另一个有失真(码间串扰)。

图 8-1 中可以看出，眼图是由虚线分段的接收码元波形叠加组成的。眼图中央的垂直线表示取样时刻。当波形没有失真时，眼图是一只“完全张开”的眼睛。在取样时刻，所有可能的取样值仅有两个： $+1$ 或 -1 。当波形有失真时，“眼睛”部分闭合，取样时刻信号取值

就分布在小于+1 或大于-1 附近。这样，保证正确判决所容许的噪声电平就减小了。换言之，在随机噪声的功率给定时，将使误码率增加。“眼睛”张开的大小就表明失真的严重程度。

为便于说明眼图和系统性能的关系，我们将它简化成图 8-2 的形状。

由此图可以看出：(1)最佳取样时刻应选择在眼睛张开最大的时刻；(2)眼睛闭合的速率，即眼图斜边的斜率，表示系统对定时误差灵敏的程度，斜边愈陡，对定位误差愈敏感(3)在取样时刻上，阴影区的垂直宽度表示最大信号失真量；(4)在取样时刻上，上下两阴影区的间隔垂直距离之半是最小噪声容限，噪声瞬时值超过它就有可能发生错误判决；(5)阴影区与横轴相交的区间表示零点位置变动范围，它对于从信号平均零点位置提取定时信息的解调器有重要影响。实验室理想状态下的眼图如图 8-3 所示。

衡量眼图质量的几个重要参数有：

1. 眼图开启度 $(U-2\Delta U)/U$

指在最佳抽样点处眼图幅度“张开”的程度。无畸变眼图的开启度应为 100%。

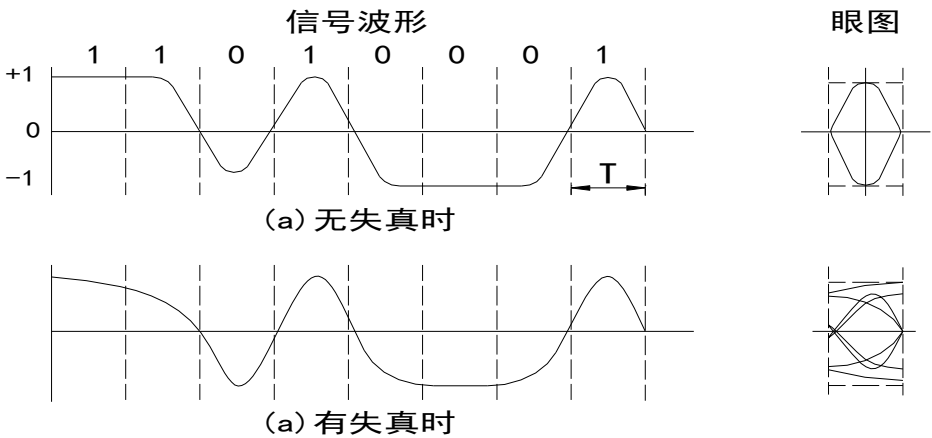


图 8-1 无失真及有失真时的波形及眼图
(a) 无码间串扰时波形；无码间串扰眼图
(b) 有码间串扰时波形；有码间串扰眼图

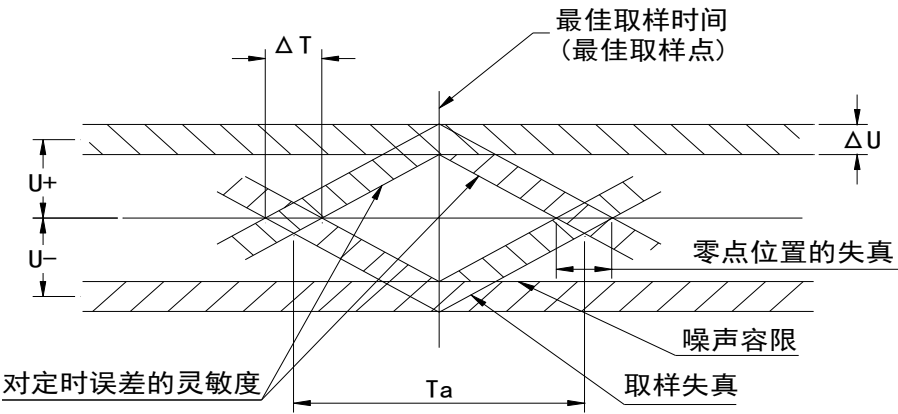


图 8-2 眼图的重要性质

其中 $U=U_++U_-$

2. “眼皮”厚度 $2\Delta U/U$

指在最佳抽样点处眼图幅度的闭合部分与最大幅度之比，无畸变眼图的“眼皮”厚度应等于0。

3. 交叉点发散度 $\Delta T/T$

指眼图过零点交叉线的发散程度，无畸变眼图的交叉点发散度应为0。

4. 正负极性不对称度

指在最佳抽样点处眼图正、负幅度的不对称程度。无畸变眼图的极性不对称度应为0。

最后，还需要指出的是：由于噪声瞬时电平的影响无法在眼图中得到完整的反映，因此，即使在示波器上显示的眼图是张开的，也不能完全保证判决全部正确。不过，原则上总是眼睛张开得越大，误判越小。

在图 8-3 中给出从示波器上观察到的比较理想状态下的眼图照片。本实验主要是完成 PSK 解调输出基带信号的眼图观测实验。

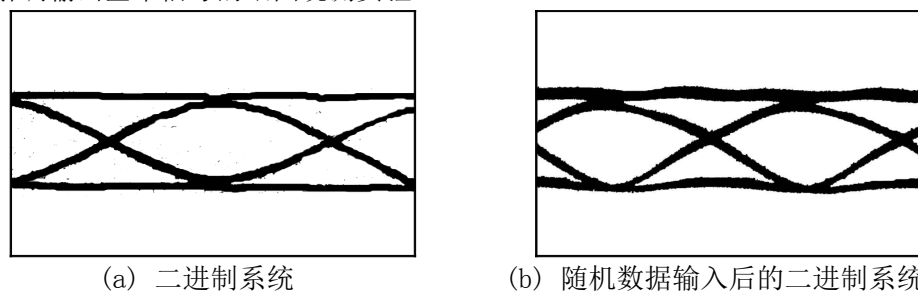


图 8-3 实验室理想状态下的眼图

四、各测量点和可调元件作用

底板右边“眼图观察电路”

W06: 接收滤波器特性调整电位器。

P16: 眼图观察信号输入点。

P17: 接收滤波器输出升余弦波形测试点（眼图观察测量点）。

五、实验步骤

1. 插入有关实验模块：

在关闭系统电源的条件下，将“时钟与基带数据发生模块”、“PSK 调制模块”、“噪声模块”、“PSK 解调模块”，插到底板“G、A、B、C”号的位置插座上（具体位置可见底板右下角的“实验模块位置分布表”）。注意模块插头与底板插座的防呆口一致，模块位号与底板位号的一致。

2. BPSK 信号线连接：

用专用导线将 4P01、37P01；37P02、3P01；3P02、38P01；38P02、P16 连接（底板右边“眼图观察电路”）。

注意连接铆孔的箭头指向，将输出铆孔连接输入铆孔。

3. 加电：

打开系统电源开关，底板的电源指示灯正常显示。若电源指示灯显示不正常，请立即关闭电源，查找异常原因。

4. 跳线开关设置：

“PSK 调制模块”跳线开关 37K02 的 1-2、3-4 相连。“时钟与基带数据发生模块”的拨码器 4SW02：设置为“00001”，4P01 产生 32Kb/s 的 15 位 m 序列输出。

5. 无噪声眼图波形观察:

- (1) 噪声模块调节: 调节 3W01, 将 3TP01 噪声电平调为 0;
- (2) 调节 3W02, 调整 3P02 信号幅度为 4V。
- (3) 调整好 PSK 调制解调电路状态, 即 37P01 与 38P02 波形一致 (可以反相), 若不一致, 可调整 38W01 电位器。
- (4) 调整接收滤波器 $H_{r(\omega)}$ (这里可视为整个信道传输滤波器 $H_{(\omega)}$) 的特性, 使之构成一个等效的理想低通滤波器。

(5) 用示波器的一根探头 **CH1** 放在 4P02 (码元时钟) 上, 另一根探头 **CH2** 放在 P17 (数字基带信号的升余弦波) 上, 选择示波器触发方式为 **CH1**, 调整示波器的扫描旋钮, 则可观察到若干个并排的眼图波形。眼图上面的一根水平线由连 1 引起的持续正电平产生, 下面一根水平线由连 0 码引起的持续的负电平产生, 中间部分过零点波形由 1、0 交替码产生。

观看眼图, 调整电位器 W06 直到眼图波形的过零点位置重合、线条细且清晰, 此时的眼图为无码间串扰、无噪声时的眼图。在调整电位器 W06 过程中, 可发现眼图波形过零点线条有时弥散, 此时的眼图为有码间串扰、无噪声时的眼图, 并且线条越弥散, 表示码间串扰越大; 在调整过程中, 还可发现 W06 在多个不同位置, 眼图波形的过零点都重合, 由于 W06 不同位置, 对应 $H(\omega)$ 的不同特性, 它正好验证了无码间串扰传输特性不是唯一的。

6. 有噪声眼图波形观察:

调节 3W01, 增加噪声电平。因为噪声的影响, PSK 解调输出的基带信号中将出现干扰的毛刺信号 (实为电平毛刺, 在后续再生信号中容易引起判决错误, 出现误码), 此时的眼图线条变粗、变模糊并且呈毛刺状。噪声越大, 线条越粗, 越模糊。

7. 另外, 噪声也可直接与基带眼图信号混合, 然后观测眼图。此时用专用导线将 4P01 与 P16 及 P17 与 3P01 相连。即将基带眼图信号直接接入“噪声模块”, 调节 3W01, 增加噪声电平, 此时需在 3P02 铆孔观测眼图波形。

8. 关机拆线:

实验结束, 关闭电源, 拆除信号连线, 并按要求放置好实验模块。

注: 本实验电路要求输入的基带信号为 32Kb/s 速率。

六、实验报告要求

1. 分析电路的工作原理, 叙述其工作过程。
2. 叙述眼图的产生原理以及它的作用。