

---

# 1 FSK 制式信号描述

根据《中国来电显示标准》，在两次振铃之间产生数据传送。FSK 制式信号是连续相位移频键控，由两种不同的频率表示逻辑 0 和逻辑 1。

FSK 数据要求：

逻辑 1：1200Hz±1%

逻辑 0：2200Hz±1%

传输速率：1200bit/s±1%

在基于特定平台的路由交换系统中，其交换机的发送速率为 8KHz，接收速率也为 8KHz。

|            |
|------------|
| 信道占用信号*    |
| 标志信号       |
| 消息类型       |
| 标志位 (0-10) |
| 消息长度       |
| 标志位 (0-10) |
| 消息字        |
| 更多的消息字     |
| 标志位 (0-10) |
| 校验字        |

图 1 单数据消息帧格式

如图 1 所示，为单数据消息帧格式，在现在的交换机系统中，其由固定的 300 个 0/1 交替组成的信道占用信号，180 个连续 1 组成的标志信号，10 个 bit 组成的消息字组成，消息字中间存在 7 个连续的 1 组成的标志位。

## 2 算法描述及仿真

### 2.1 算法描述

过零检测法是一种常用且简便的解调方法，2FSK 信号的过零点数随载频的变化而不同，因此检测出过零点个数就可以得到载频的差异，从而进一步得到调制信号的信息，过零检测法的原理如下：

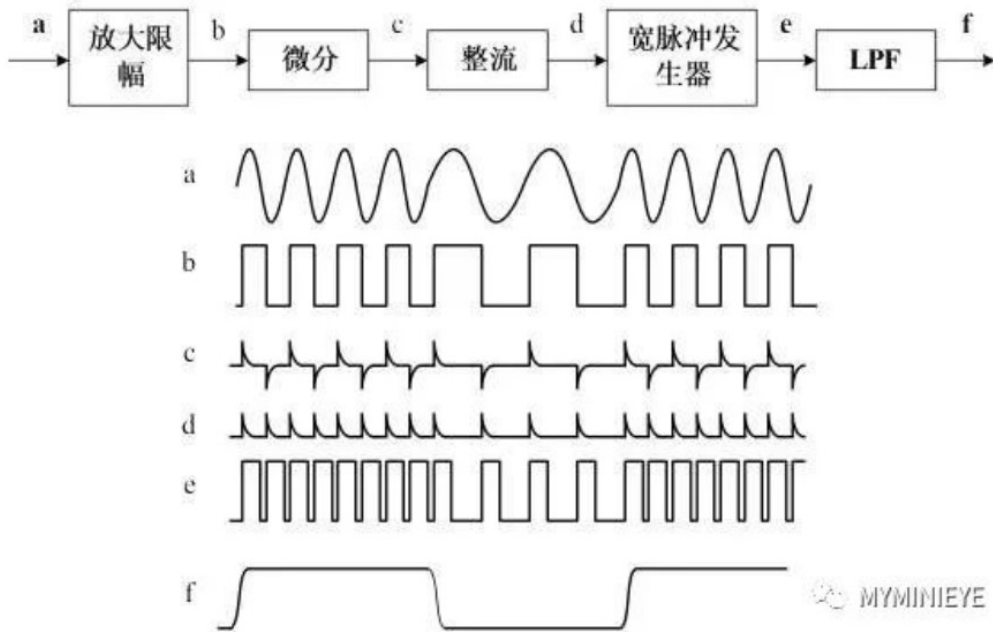


图 2 过零检测法解调原理

如图 2 所示，为过零检测法解调原理。其目的是将 FSK 调制的采样信号转换为 ASK 调制的信号。FSK 信号经过限幅、微分、整流后形成与频率变化相对应的脉冲序列，由此再形成 相同宽度的矩形脉冲，矩形脉冲的低频分量与数字信号相对应，由滤波器滤出低频分量，然后经抽样判决，即可得到原始的数字调制信号。

过零检测法本质是一种模拟解调的方法，这里用数字信号处理的方式对其进行了软件实现。

### 2.2 仿真

这里采用了一段真实接收的信号作为仿真实验。

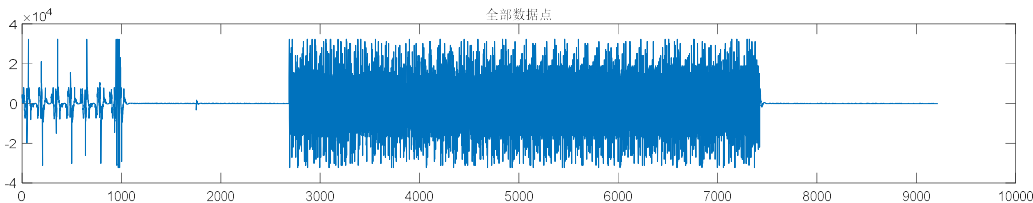


图 3 一段电话号码的采样数据

如图 3 所示，一段 1.2KHz 的 FSK 调制信号由 8KHz 的 AD 进行采样，大约 9000 个采样点。前 1000 个点是响铃，后边一长段是一段信号的有用数据。

在进行数字信号处理前，对其进行 3 倍插值。一段 8KHz 采样的 1.2KHz 频率的信号，每 20 个采样点有 3 个完整 bit，单个 bit 有 6~7 个采样点。为了使其方便后续处理，对采样点进行 3 倍插值，插值后的数据每 20 个采样点代表 1 个完整的 bit。

采样数据 3 倍插值后，对其放大限幅，这里实际进来的是满量程的 short 型数据，所谓的放大限幅是将其转换为了能够代表变化快慢的方波，所以这里对其修改为，大于 0 的为幅值 100，小于 0 的为幅值-100。

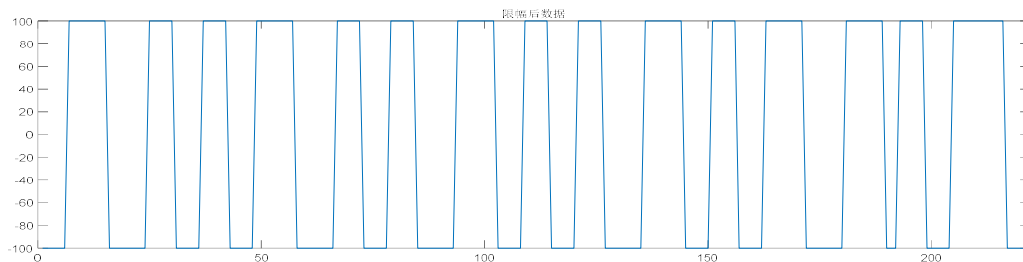


图 4 放大限幅后的数据

微分部分，在数字信号处理中用差分表示，用后一个采样 bit 减去前一个采样 bit 即可。

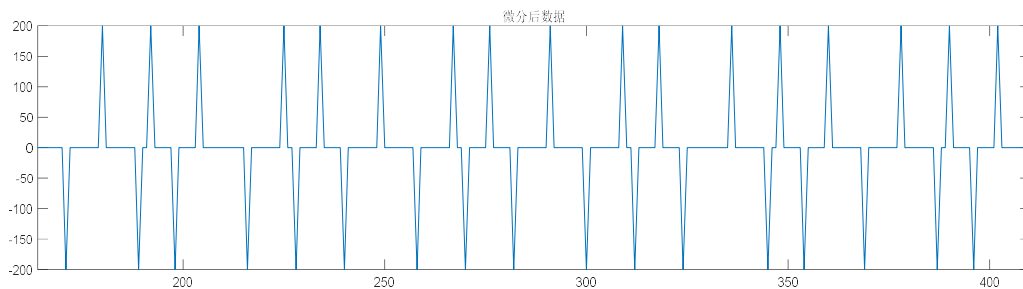


图 5 微分后数据

随后对其进行整流，这里直接对其取绝对值。

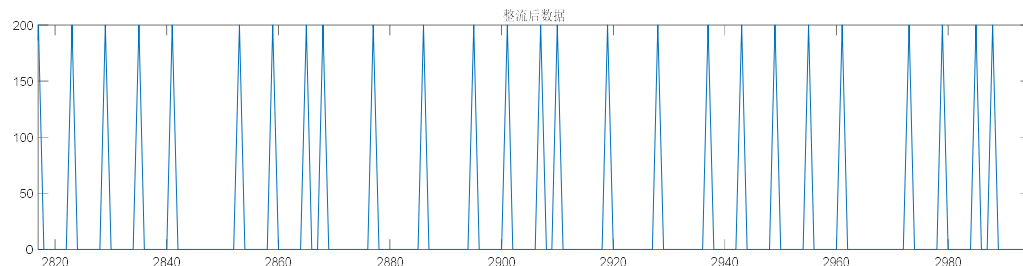


图 6 整流后数据

然后对其进行相同脉宽的脉宽调制，这里每有一个幅值为 200 的点，将其宽度扩展为 3 个点处理。

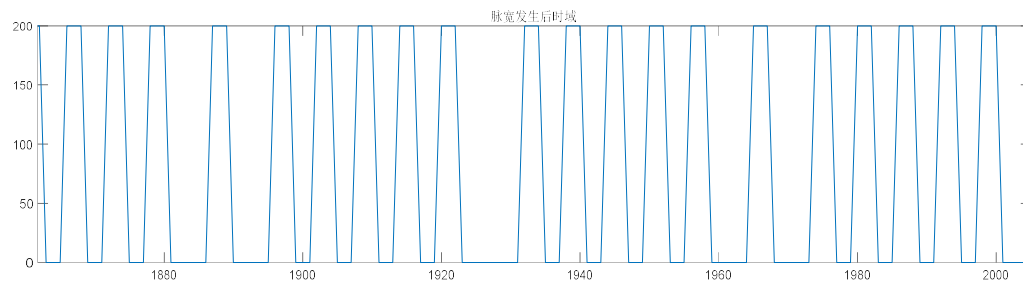


图 7 脉宽调制后数据

对输入的原始采样数据进行一系列处理后，将其调制为了如图 7 所示的脉冲数随频率变化的脉宽信号。

将频率不同的脉宽信号过低通滤波器，滤除其高频分量。

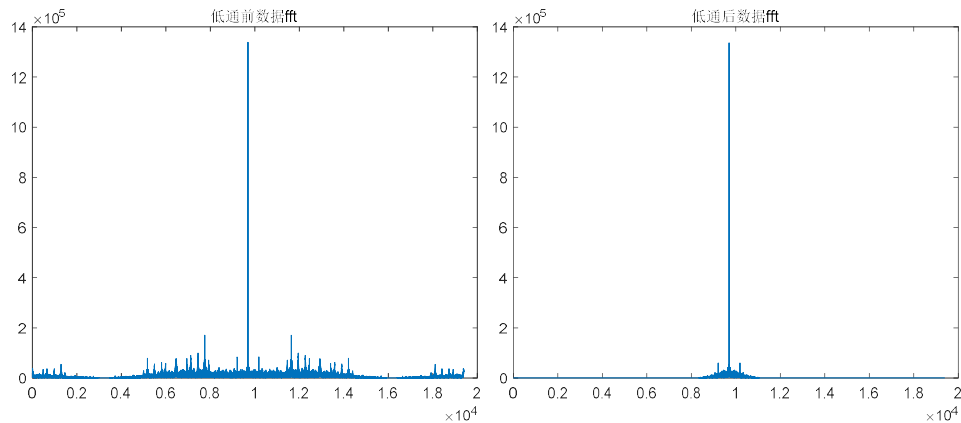


图 8 低通前后数据频谱图

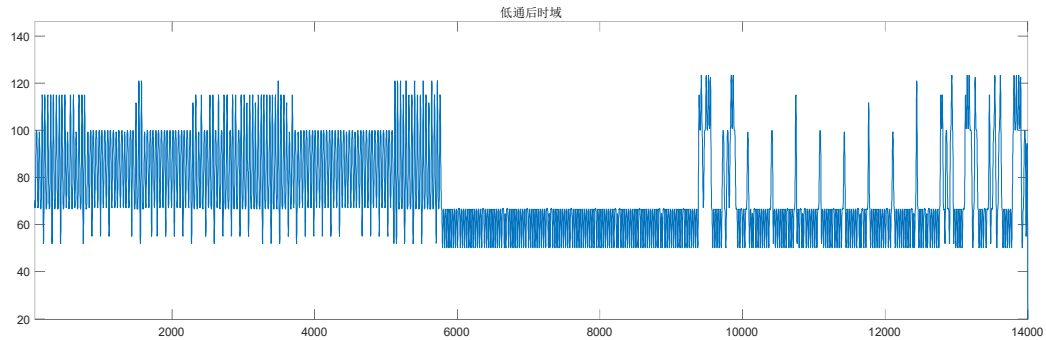


图 9 低通滤波器输出信号

从图 9 中可以看到，不同频率的信号明显被调制为了不同幅度的信号，变化快的 2.2KHz 信号幅值高，变化慢的 1.2KHz 信号幅值低。图 9 为一段数据的全部输出，前边交替变化的是 300 个 0、1，中间一段低幅值信号是 180 个 1，后边的则是 0 开始 1 结尾的消息字和穿插在其中的标志位。

将 FSK 经过如上方法转换为了 ASK 信号，将其找到一个合适的门限值，即可将 0 和 1 准确判断出来。

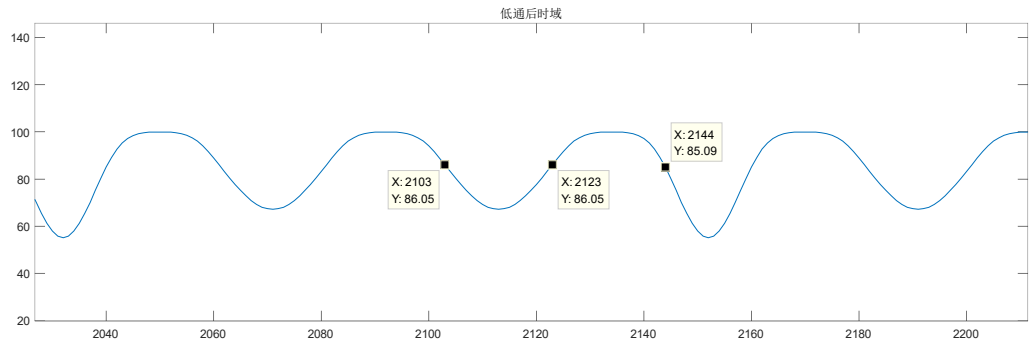


图 10 低通滤波后部分采样点

如图 10 所示，将 86 作为此次数据的门限值，超过门限的做 0 处理，低于门限的做 1 处理。从图中可以看出，0 和 1bit 基本是每 20 个采样点一个的。实际 C 代码编写中，将 300 个信道占用信号 0、1 对门限进行训练。

训练方法为，初始化门限值为 80，300 个信道占用信号有总计 6000 个采样点，利用其中 5000 个采样点，每 200 个为一组，分为 25 组。因为 200 个点是 10 个 bit 的 0、1 值，并且 0 和 1 的数量是相等的，将其 200 个点进行累加，理论值是 100，利用这些数据对门限进行调节，最终使门限值收敛与接近最优的门

限值。

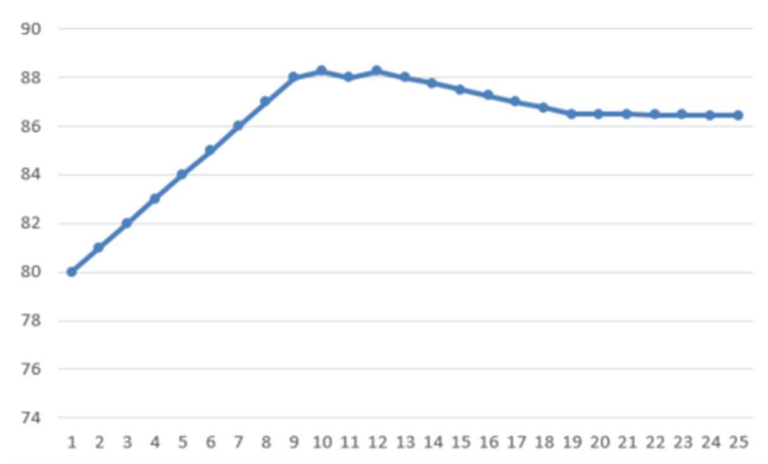


图 11 门限值变化

如图 11 所示，门限值逐步收敛于一个定值。

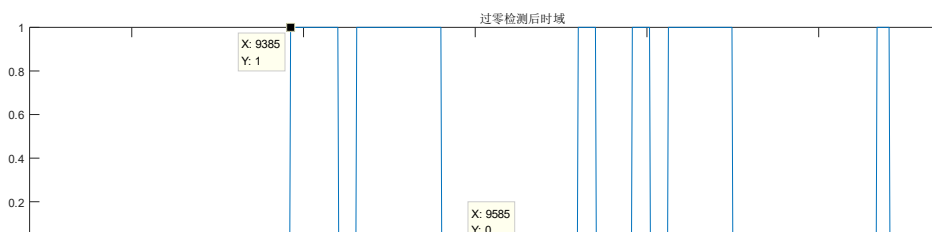


图 12 过零检测后结果

如图 12 所示，按照门限值，大于门限值为 1，小于门限值为 0。每 20 个 bit 进行一次判决，大于 10 的为 0，小于 10 的为 1。