

# 基于 FPGA 的 RS 交织译码设计与实现

王文哲

中国电子科技集团公司第三十八研究所 安徽合肥 230000

**摘要:** 在卫星测控领域, 由于下行遥测通道存在多种干扰, 会使得接收数据产生误码, 为了提高遥测译码的可靠性, RS 交织译码被广泛应用。本文阐述了 RS 交织码的原理, 并且以数据率较高时交织深度为 2 的 RS(255,223) 译码为例, 提出了一种基于 FPGA 的设计方案, 介绍了译码过程中的数据流向以及硬件设计, 同时进行了实现和仿真, 验证了译码结果的正确性和设计方案的可靠性。

**关键词:** RS 译码; 交织 FPGA

## 引言

RS(Reed-Solomon) 码是在数字通信系统内一种纠错能力很强的非二进制 BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 码, 被作为标准应用在各种卫星遥测信道中。由于 RS 码的纠错能力有限, 当连续产生多个误码, 信道的遥测误码率便无法得到降低, 此时可采用交织的技术, 将连续误码转换为多个码块中的分散误码, 这样可大大提高信道译码的可靠性。

在本文中, 采用卫星测控领域遥测通道常用的 RS(255,223) 码, 介绍了在数据率较高时, 交织深度为 2 的译码方案, 并基于现场可编程门阵列平台, 进行了设计和仿真实现, 验证方案的正确性。

## 1. RS 与交织技术

RS 码是数字通信中非常有效的纠错码, 属于 BCH 码, 能很好的纠正随机和突发误码。在域  $GF(2^m)$  上, RS 码型为  $(n,k)$ , 其中,  $n$  为码字长度,  $k$  为信息长度,  $n=2^m-1$ ,  $n-k=2t$ ,  $t$  为纠错能力。

在既有随机错误又有突发错误的信道传输系统中, 仅采用信道纠错译码技术并不能取得很好的效果, 便出现了交织技术。交织的作用是将一个较长的突发错误离散成随机差错, 再用纠正随机差错的编码技术消除随机差错。

将交织技术与 RS 译码结合, 可以使误码随机化, 从而使 RS 译码达到更加理想的性能, 提高信道译码的可靠性。

## 2. 基于 FPGA 的交织深度为 2 的 RS 译码实现方案

下面以 RS(255,223), 交织深度为 2 的译码为例, 介绍译码实现过程。图 1 为交织深度为 2 的 RS(255,223) 译码过程数据示意图。RS(255,223) 码的码字长度  $n$  为 255byte, 信

息长度  $k$  为 223byte, 译码前的整帧数据是两个码块交织在一起的, 交织深度为 2 时, 奇数位置数据为码块 1 数据, 偶数位置数据为码块 2 数据。将两个码块的数据提取出来, 分别进行译码, 便可得到译码后两个码块的数据, 再重新进行交织, 同样的, 在交织深度为 2 的情况下, 码块 1 数据放在奇数位置, 码块 2 数据放在偶数位置, 即可得到最终的译码后整帧数据。

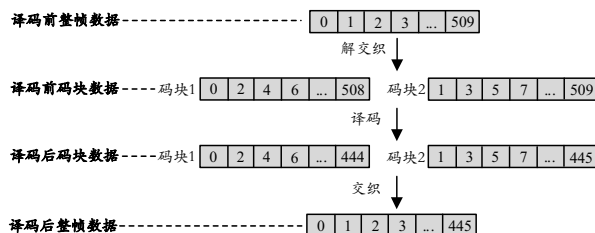


图 1 RS(255,223) 交织深度为 2 的译码数据示意图

清楚译码过程的数据流向后, 对译码进行实现。在数据率较低的情况下, 可按照图 1, 将译码前数据写进缓存, 再按照交织的地址分别将两个码块的数据读取出来, 然后进行译码, 最后将两个译码后的码块数据重新交织便可得到译码后的整帧数据。但是若数据率较高, 译码前数据到来的速度比缓存读取的速度快, 在读取第一帧数据缓存中的码块内容使, 第二帧的数据已经到来, 此时第二帧的数据再写进缓存, 会导致缓存内数据错乱, 此处采用两个缓存来实现输入译码前数据的存储避免这个问题。

图 2 为译码实现的硬件模块框图。解交织阶段, 例化两个缓存来存储输入轮流将每帧内容写进去, 通过控制信号  $wr\_flag$ ,  $wr\_flag$  写完一帧翻转一次, 用  $wr\_flag$  作为两个写

缓存的控制使能和读取控制, 得到两个码块的译码前数据。译码阶段, 通过例化的 RS(255,223) 译码器 ipcore 对解交织后两个码块数据分别进行译码, 得到两个码块的译码数据。

交织阶段, 将两个码块的译码结果缓存起来, 并产生交织的读地址, 按照交织的顺序读取缓存数据, 即可得到交织后的整帧译码结果。

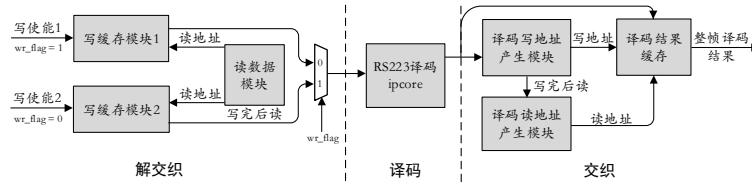


图 2 RS(255,223) 交织深度为 2 的译码实现框图

此方案以 RS(255,223) 交织深度为 2 为例, 介绍了一种数据率较高时的 RS 交织译码实现方法, 也可扩展至其他交织深度的 RS 码。

### 3. 仿真

本文基于现场可编程门阵列平台, 根据图 1 的流程进行了仿真实验。为了验证仿真结果的正确性, 译码输入由交织深度为 2 的 RS(255,223) 编码得到, 将编码前数据和译码后数据进行对比, 可知交织译码的可靠性。

输入信号分别为 rs\_decoder\_in[7:0]、rs\_decoder\_in\_valid 和 rs\_decoder\_in\_last。其中, rs\_decoder\_in 为交织深度为 2 的 RS(255,223) 编码数据, 是计算得到的理论编码结果; rs\_

decoder\_in\_valid 为 rs\_decoder\_in 的有效标识, 每 10 个 clk 拉高一次; rs\_decoder\_in\_last 为 rs\_decoder\_in 的结尾标识, 为每帧最后一个数据的位置。

输出信号为 rs\_decoder\_out[7:0]、rs\_decoder\_out\_valid 和 rs\_decoder\_out\_last。另外还包括一些状态: event\_RS\_input\_last\_missing(拉高异常)、event\_RS\_input\_last\_missing(拉高异常)、event\_RS\_cfg\_invalid(拉高异常) 以及 RS\_Dec\_status(非零异常) 和 RS\_Dec\_status\_valid(为 1 有效)。通过图 3, 可以看到, 得到译码结果时, 所有的状态都正常, 译码结果与编码前数据比较正确。

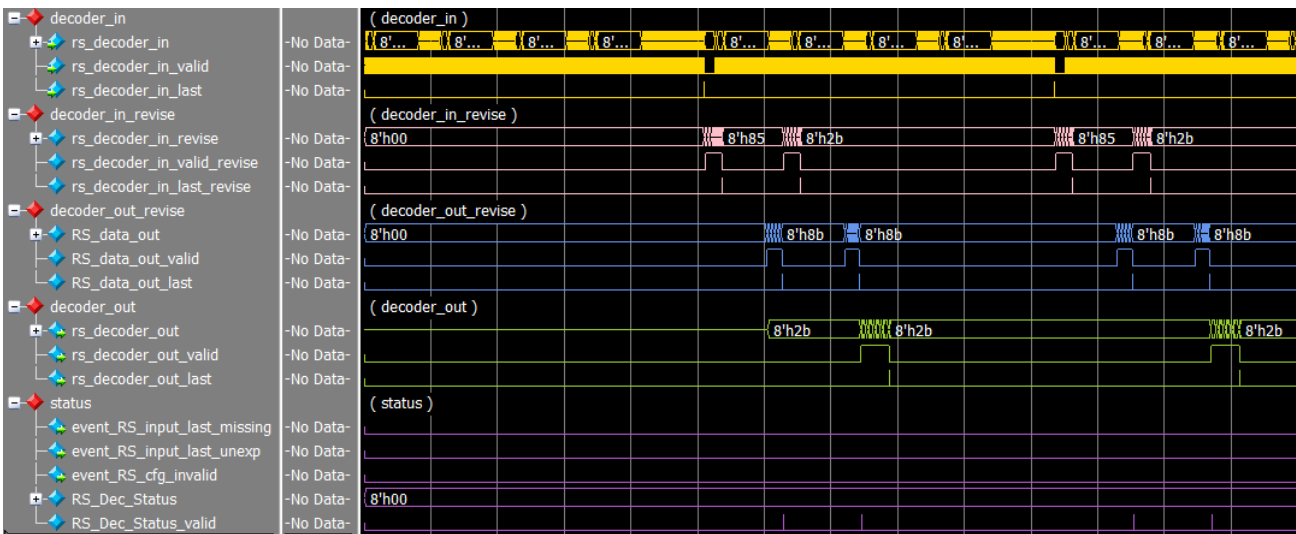


图 3 RS(255,223) 交织深度为 2 的译码仿真结果

### 4. 结语

为了提高卫星测控系统中遥测信道译码的可靠性, RS 交织译码通常被使用。本文介绍了 RS 编码和交织技术, 并且以交织深度为 2 的 RS 译码为例, 在现场可编程门阵列平台实现了数据率较高时 RS(255,223) 的译码器设计, 并对设

计方案进行了仿真实验, 将译码结果与编码前数据进行对比, 仿真结果表明, 译码结果正确, 译码状态正常, 译码器性能满足要求。

#### 参考文献:

[1] 钱唯欢, 葛万成, 龚国强. 交织 RS 码的仿真研究与

实现 [J]. 通信技术 ,2008,(11):17-19.

[2] 邓宏贵,黎辉勇,李志坚.RS+ 交织 + 卷积码级联纠错的 FPGA 实现 [J]. 信息与控制 ,2007,(06):772-776.

[3] 丁琳,孙建伟,武振平.基于高速存储平台的高性能

RS 编译码器设计 [J]. 遥测遥控 ,2024,45(03):58-64.

[4] 汪智杰,周治柱.基于国产 FPGA 的 RS 编译码器设计与应用 [J]. 电子设计工程 ,2022,30(22):140-144.

DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2022.22.029.