循环冗余校验确保正确的数据通信

作者：Ken Kavanagh

在工业环境中，电子系统通常工作在极端的温度条件下，或处于电子噪声环境，或是其它恶劣条件，而系统在这种条件下能否正常工作至关重要。举例来说，如果发送给控制机器臂位置的 DAC 的数据遭到破坏，机器臂就会按非预期的方向移动，这不仅危险，而且代价巨大。试想一下，机器臂如果砸到生产线上的新车，或者更糟，砸到生产工人，后果会怎样？

有几种方法可以确保收到正确数据后才执行动作。最简单的方式就是控制器回读所发送的数据。如果接收的数据与发送的数据不匹配，则说明其中一者已受到破坏，必须发送新数据并进行验证。这种方法的确可靠，但产生的开销也很大，每段数据都必须经过验证，传输的数据量要翻一倍。

另一种替代方法是*循环冗余校验*（CRC），即随每个数据包发送一个校验和（checksum），接收器就会指示是否存在问题，所以控制器无需验证接收。校验和一般通过向数据应用一个多项式方程式来生成。应用于一个 24 位字时，CRC-8 可产生一个 8 位校验和。将校验和与数据组合在一起，全部 32 位都发送到能够分析该组合的器件，并指示是否出错——这种方法虽然不是无可挑剔解决方案，但却比读写方法更加高效。

ADI 公司的众多 DAC 都采用了*分组差错校验*（PEC）的形式来实现 CRC。不需要 PEC 功能时，则写入 24 位数据。要添加 PEC 功能，24 位数据需增加相应的 8 位校验和。如果接收的校验和与数据不一致，输出引脚被拉低，指示存在错误。控制器清除错误，使引脚返回高电平，并重新发送数据。图 1 所示为如何用 SPI 接口应用数据的示例。表 1 列出了能够采用分组差错校验的 ADI 器件示例。

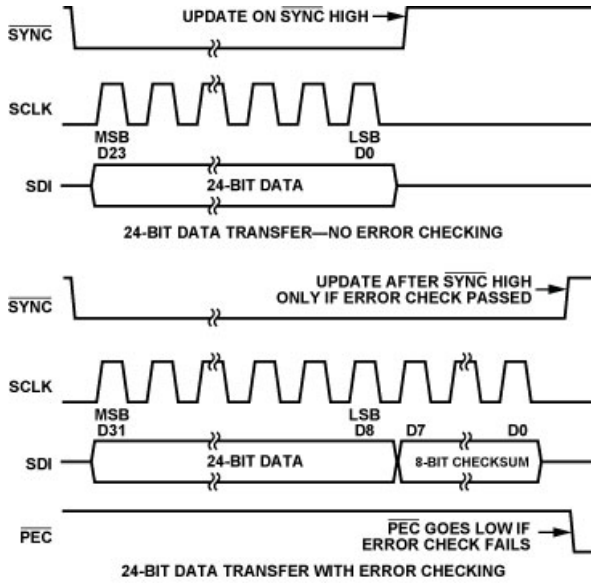

图 1. 采用和不采用分组差错校验的 SPI 写入

表 1. 采用分组差错校验的 ADI 器件示例

产品型号	描述
AD5360/AD5361	16 通道、16 位/14 位、±10 V DAC
AD5362/AD5363	8 通道、16 位/14 位、±10 V DAC
AD5748	电流/电压输出驱动器，适合工业应用
AD5749	电流输出驱动器，适合工业应用
AD5750/AD5750-1	电流/电压输出驱动器，输出范围可编程，适合工业应用
AD5751	电流/电压输出驱动器，适合工业应用
AD5755/AD5735	4 通道、16 位、4 mA 至 20 mA 电流和电压输出 DAC
AD5757/AD5737	4 通道、16 位、4 mA 至 20 mA 电流输出 DAC
ADT7470	温度传感器集线器和风扇控制器

生成分组差错校验和

CRC-8 算法采用多项式 $C(x) = x^8 + x^2 + x^1 + 1$。$x = 2$ 时，此式等于二进制值 100000111。要生成校验和，需将 24 位数据左移 8 位，产生一个后 8 位为逻辑 0 的 32 位数。对齐 CRC 多项式，使其 MSB 与该 32 位数据最左侧的逻辑 1 对齐。对该数据施加一个异或（XOR）函数，以产生一个新（更短）的数字。（数字匹配得到逻辑 0，不匹配得到逻辑 1。）再次对齐 CRC 多项式，使其 MSB 与第一个结果最左侧的逻辑 1 对齐，重复上述步骤。最后，原始数据将减少至小于 CRC 多项式的值。此值即是 8 位校验和。图 2 演示了推演校验和的方法。

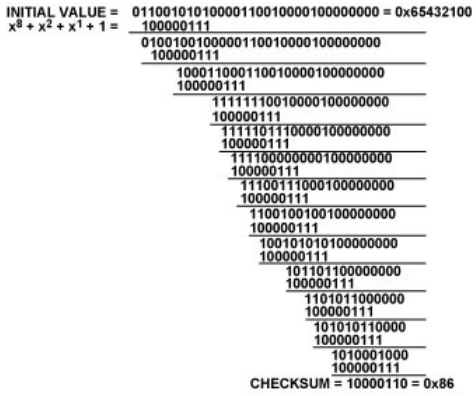

图 2. 生成 24 位数（(0x654321)）的校验和

结论

图 2 中的示例采用（十六进制）值 0x654321 作为 24 位数据字。对该数据应用 CRC-8 多项式可生成校验和 0x86。数据和校验和发送至兼容的 ADI 公司产品时，只有两段数据都正确到达，该数据才会被接收。此方法提高了数据传输的可靠性，并可确保遭破坏的数据几乎永远不会被接收。

关于作者

Ken Kavanagh [ken.kavanagh@analog.com] 是 ADI 公司精密 DAC 部的应用工程师。Ken 自 1994 年起一直在应用部门工作，目前负责为 *nano*DAC®和 *dense*DAC®产品系列提供应用支持。他 1999 年毕业于利默里克大学，获得工学学士学位。