

	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
	15		

5. CRC 校验码

① 采用 CRC 校验码实现编码/解码，首先选择一个用于在接收端进行校验时，对接收的帧进行异或运算的除数（二进制数据串，通常以多项式方式表示，所以 CRC 又称多项式编码方法，这个多项式称为“生成多项式”）。这个除数可以随机选择（最大位和最小位必须是 1，即格式必须是 1xxx1），也可以选择以下列表中的标准对应的简记式。

名称	多项式	简记式	应用标准
CRC-1	$D+1$	0x1	
CRC-5-CCIT	$D^5 + D^3 + D + 1$	0xB	ITU G.704
CRC-5-USB	$D^5 + D^2 + 1$	0x5	USB 信令包
CRC-7	$D^7 + D^3 + 1$	0x9	
CRC-8-ATM	$D^8 + D^2 + D + 1$	0x7	ATM HEC
CRC-8-CCITT	$D^8 + D^5 + D^2 + 1$	0x0D	1-Wire 总线
CRC-8-Dallas/Maxim	$D^8 + D^5 + D^4 + 1$	0x31	1-Wire 总线
CRC-8	$D^8 + D^7 + D^6 + D^4 + D^2 + 1$	0xD5	
CRC-10	$D^{10} + D^9 + D^5 + D^4 + D + 1$	0x133	
CRC-12	$D^{12} + D^{11} + D^3 + D^2 + D + 1$	0x233	
CRC-16-CCITT	$D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$	0x021	X25, V.41, 蓝牙, PPP, IrDA
CRC-16-IBM	$D^{16} + D^{15} + D^2 + 1$	0x8005	
CRC-16-BBS	$D^{16} + D^{15} + D^{10} + D^3$	0x8408	XMODEM 协议
CRC-32-IEEE 802.3	$D^{32} + D^{26} + D^{23} + D^{22} + D^{16} + D^{12} + D^{11} + D^{10} + D^8 + D^7 + D^5 + D^4 + D^2 + D + 1$	0x04C11DB7	

② 10 位数据 1011000111，CRC-4 多项式（即“除数”） $X^4+X^1+X^0$ (10011)，CRC 校验码的编码原理如下图 1.5.1 左边所示。假设除数的二进制位数为 k 位，则在要发送的数据（假设为 m 位）后面加上 $k-1$ 位“0”，然后以这个加了 $k-1$ 个“0”的新数（ $m+k-1$ 位）“异或”上面这个选定的除数，所得到的余数（ $k-1$ 位比特串）就是该数的 CRC 校验码，也称之为 FCS（帧校验序列）。注意：余数的位数一定要是比选定的除数位数少一位，即使前面的位是 0，甚至是全为 0（整除时）也都不能省略。下图 1.5.1 右边显示的是另一种借

助串行 D 触发器链来实现异或的校验码生成方式。

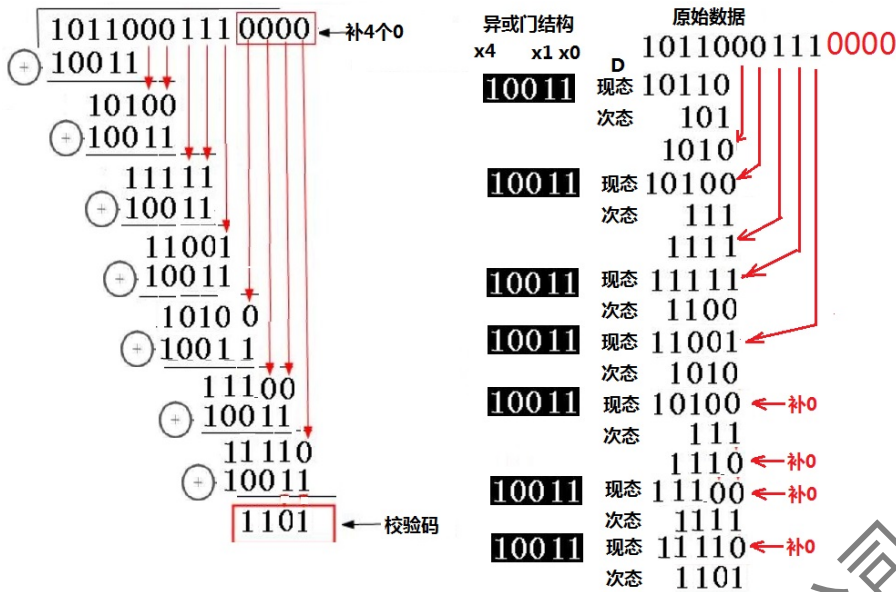


图 1.5.1 CRC 校验码生成原理

③与上述图 1.5.1 对应的校验码生成电路如下图 1.5.2 所示：图 1.5.2 左边是基于并行异或运算的校验码生成电路，原理如上图 1.5.1 左边所示；图 1.5.2 右边是串行 D 触发器链的校验码生成电路，原理如上图 1.5.1 右边所示。CRC 校验码的编码原理是发送端先要在要发送的数据低位拼接一个上述的 CRC 校验码，生成一个新数发送给接收端。这个附加的校验码要使所生成的新数能被发送端和接收端共同选定的除数（例如上述 CRC-4 多项式）“整除”，即不断异或，直到结果最终为 0。

CRC 校验码的译码原理是：把到达接收端的数据帧异或收发端共同选定的除数。因为在发送端，待传送的数就已通过拼接一个 CRC 校验码，做了“去余”处理（即使其能“整除”），所以异或结果应该是余数为 0，可以“整除”。若余数不为 0，表明该数据帧（包括发送的数据及校验码）在传输过程中出现差错，同时余数值可推算错误位的位置。

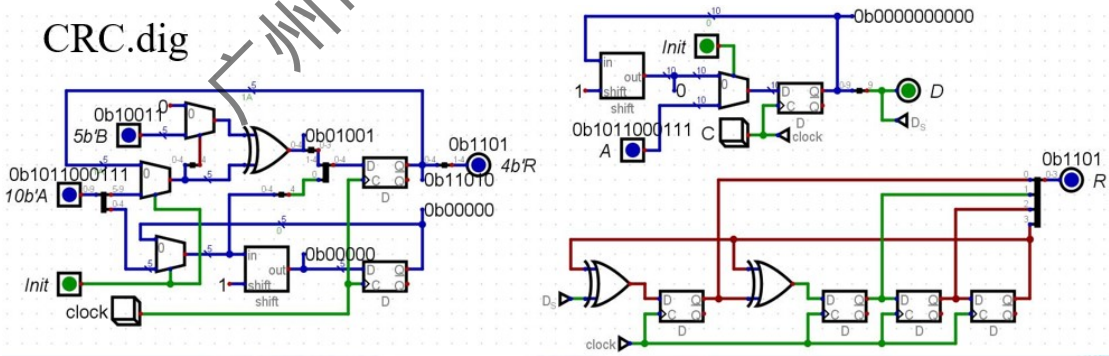


图 1.5.2 基于并行异或运算和串行 D 触发器链的校验码生成电路【CRC.dig】

④根据图 1.5.2 的校验码电路图，设置输入端的相应数据，并控制相应输入端的电平；观察输出端的电平和数据，并将结果填入表 1.5 中。

表 1.5

输入端数据 DS	CRC 校验码 R

四、思考题

1. 请在上图 1.2 所示的 LED matrix.dig 电路中，显示一个汉字“英”。
2. 请问奇偶校验码可以检测出错误位的位置么？在什么情况下，奇偶校验码无法检测出数据位发生畸变？如果奇偶校验码不能保证 100%有效，为何还要使用这种方法？
3. 请参考上图 1.3 所示的 7 位偶校验码电路，画出 7 位奇校验码电路。
4. 上图 1.4 所示的海明码的编码/译码电路，假设端口 A 的原始数据依旧是 2D（6 位数据），接收到的 10 位 hanmming 码为 2F4（6 位数据+4 位纠错码），请问数据传输是否正确？如果不正确，假设只有一位出错，请问能否找出是哪一位出错？假设有多位错，请举例说明能否纠正出多位错误。

广州市帆越信息科技有限公司