# Exp.01 - CRC与码块分割

## 1.1 CRC生成与添加

## 1.2 码块分割

# 1.1

# CRC生成与添加

# （LTE上行共享信道）

# 1.1 CRC生成与添加（LTE上行共享信道）

1. LTE 加CRC的原理
2. 3GPP LTE加CRC的协议定义
3. LTE 加CRC的接口定义及实现框图

# LTE 加CRC的原理

- CRC即Cyclic Redundancy Check，循环冗余校验码
- 加CRC：在一个长度为***A***的二进制信息比特序列（**信息码**）之后，附加一个长度为***L***的二进制检验比特序列（**校验码**），从而构成一个总长为***B=A+L***的二进制传输序列（**传输码**）；
- **检验码**与**信息码**的“内容”之间存在着某种特定的紧密关系
- **传输码**中的某一位或某些位发生错误，这种特定关系就会被破坏，可以被检出
- 实现对**信息码**正确性的检验

# LTE 加CRC的原理

## 基于伽罗华域【GF(2)】编码理论

- 信息码的多项式： $A(D) = a_0 D^{A-1} + a_1 D^{A-2} + \ldots + a_{A-2} D + a_{A-1}$
- CRC生成多项式： $G(D) = g_0 D^{L} + g_1 D^{L-1} + \ldots + g_{L-1} D + g_L$
- 校验码多项式： $P(D) = p_0 D^{L-1} + p_1 D^{L-2} + \ldots + p_{L-2} D + p_{L-1}$
- 传输码多项式： $T(D) = A(D) * D^{L} + P(D)$

N阶生成多项式，有N+1位长，但首尾位均为1，所以只有N-1个自由变量

$$A_{seq} = [a_0, a_1, \ldots, a_{A-2}, a_{A-1}]$$

$$G_{seq} = [g_0, g_1, \ldots, g_{L-1}, g_L], g_0 = 1, g_L = 1$$

$$(A_{seq}, G_{seq}) \xrightarrow{\text{CRC算法}} P_{seq} = [p_0, p_1, \ldots, p_{L-2}, p_{L-1}]$$

$$T_{seq} = [A_{seq}, P_{seq}]$$

# LTE 加CRC的原理

## 基于伽罗华域【GF(2)】编码理论

- 信息码的多项式： $A(D) = a_0 D^{A-1} + a_1 D^{A-2} + \ldots + a_{A-2} D + a_{A-1}$
- CRC生成多项式： $G(D) = D^L + g_1 D^{L-1} + \ldots + g_{L-1} D + 1$
- 校验码多项式： $P(D) = p_0 D^{L-1} + p_1 D^{L-2} + \ldots + p_{L-2} D + p_{L-1}$
- 传输码多项式： $T(D) = A(D) * D^L + P(D)$

$$P(D) = rem_2\left(A(D) * D^L, G(D)\right)$$

$$P_{seq} = \text{取余}_2\left(G_{seq}\left[A_{seq}, \overbrace{0,0,\ldots,0}^{L}\right]\right)$$

# LTE 加CRC的原理

**基于伽罗华域【GF(2)】编码理论**

$$P_{seq}^{CRC} = \text{取余}_2\left(G_{seq}\overline{\left[A_{seq},\overbrace{0,0,...,0}^{L}\right]}\right)$$

示例:

$A_{seq} = 1010001101$，长度$A = 10$

$G_{seq}$ =110101，阶数$L = 5$

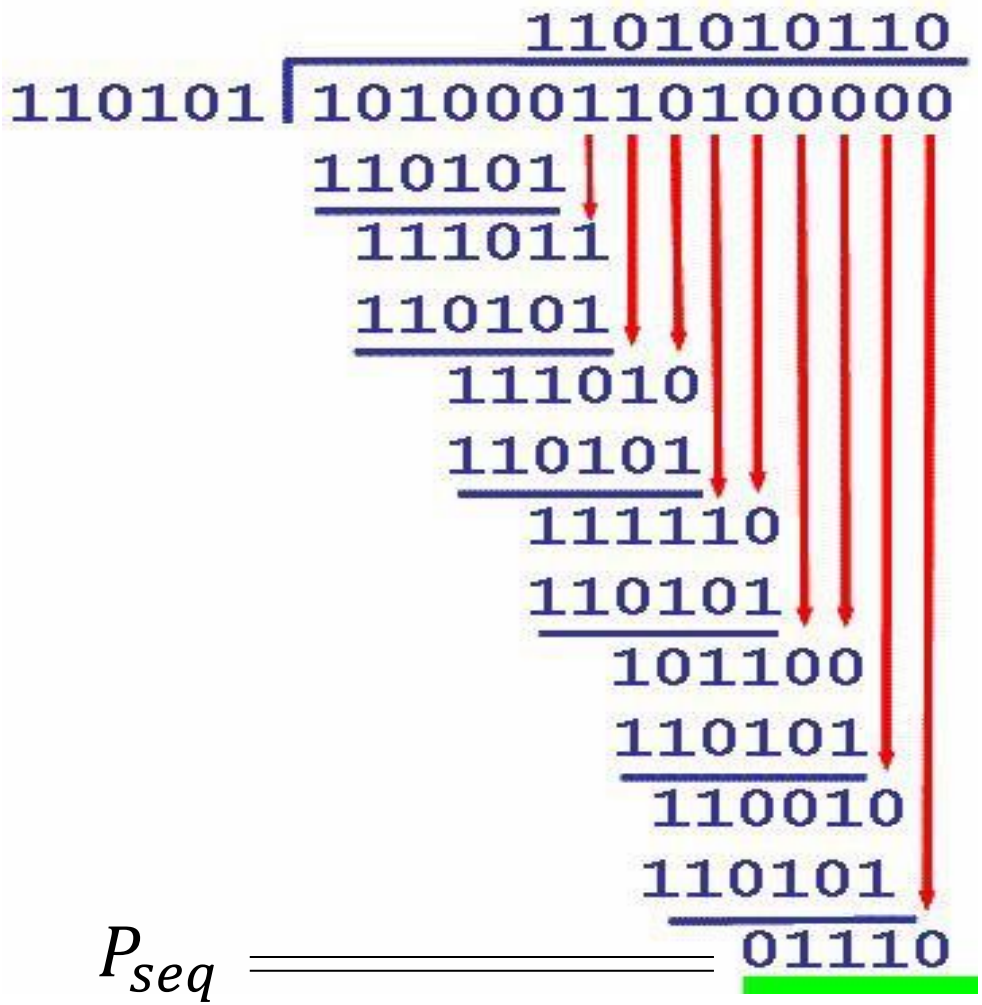
$$\left[A_{seq},\overbrace{0,0,...,0}^{L}\right] = 1010001101\,00000$$

$$P_{seq} = \text{取余}_2\left(110101\overline{1010001101\,00000}\right) = ?$$

# LTE 加CRC的原理

基于伽罗华域【GF(2)】编码理论

模2除法



# 3GPP LTE加CRC的协议定义

LTE的CRC规范在3GPP 36.212中5.1.1中规定

## 5.1.1 CRC calculation

Denote the input bits to the CRC computation by $a_0, a_1, a_2, a_3, ..., a_{A-1}$, and the parity bits by $p_0, p_1, p_2, p_3, ..., p_{L-1}$. $A$ is the size of the input sequence and $L$ is the number of parity bits. The parity bits are generated by one of the following cyclic generator polynomials:

- $g_{CRC24A}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^{18} + D^{17} + D^{14} + D^{11} + D^{10} + D^7 + D^6 + D^5 + D^4 + D^3 + D + 1]$ and;
- $g_{CRC24B}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1]$ for a CRC length $L = 24$ and;
- $g_{CRC16}(D) = [D^{16} + D^{12} + D^5 + 1]$ for a CRC length $L = 16$.
- $g_{CRC8}(D) = [D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1]$ for a CRC length of $L = 8$.

The encoding is performed in a systematic form, which means that in GF(2), the polynomial:

$$a_0 D^{A+23} + a_1 D^{A+22} + ... + a_{A-1} D^{24} + p_0 D^{23} + p_1 D^{22} + ... + p_{22} D^1 + p_{23}$$

# 3GPP LTE加CRC的协议定义

上行TB加CRC在3GPP 36.212中5.2.2中规定

## 5.2.2 Uplink shared channel

Figure 5.2.2-1 shows the processing structure for the UL-SCH transport channel. Data arrives to the coding unit in the form of a maximum of one transport block every transmission time interval (TTI). The following coding steps can be identified:

### 5.2.2.1 Transport block CRC attachment

Error detection is provided on UL-SCH transport blocks through a Cyclic Redundancy Check (CRC).

The entire transport block is used to calculate the CRC parity bits. Denote the bits in a transport block delivered to layer 1 by $a_0, a_1, a_2, a_3, \ldots, a_{A-1}$, and the parity bits by $p_0, p_1, p_2, p_3, \ldots, p_{L-1}$. $A$ is the size of the transport block and $L$ is the number of parity bits. The lowest order information bit $a_0$ is mapped to the most significant bit of the transport block as defined in section 6.1.1 of [5].

The parity bits are computed and attached to the UL-SCH transport block according to section 5.1.1 setting $L$ to 24 bits and using the generator polynomial $g_{CRC24A}(D)$.

# 3GPP LTE加CRC的协议定义

- LTE TDD系统采用了4种格式的CRC: CRC24A、CRC24B、CRCl6、CRC8

| CRC类型 | 使用的信道 |
| --- | --- |
| CRC-24A | PDSCH/PUSCH/PMCH/PCH |
| CRC-24B | PDSCH/PUSCH/PMCH/PCH |
| CRC-16 | PBCH |
| CRC-8 | 控制信令 |

# LTE 加CRC的接口定义

- TD-LTE加CRC接口函数:

  par24A = lte_CRC24A(inf_bits)

  par24B = lte_CRC24B(inf_bits)

  par16 = lte_CRC16(inf_Bits)

  par8 = lte_CRC8(inf_ Bits)

- 参数定义:

inf_bits： 信息比特序列，待进行CRC校验的信息序列

par： inf_bits的CRC序列，长度为24，MSB在前，LSB在后

[MSB, …, LSB]与[$D^{23}…D^{0}$]对应

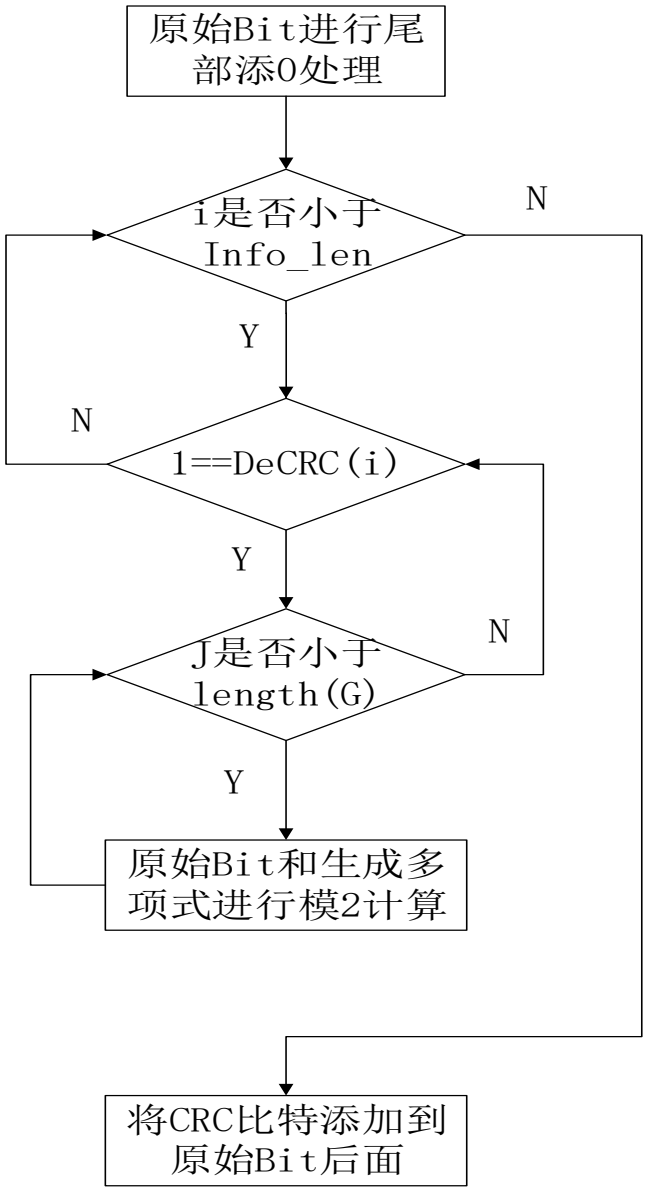
备注：CRC添加实验中的LTE传输块（TB）即是信息比特序列，TB后跟随CRC校验序列par后，形成码块分割实验的输入

- 校验CRC生成多项式为：（参见标准）

$g_{CRC24A}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^{18} + D^{17} + D^{14} + D^{11} + D^{10} + D^{7} + D^{6} + D^{5} + D^{4} + D^{3} + D + 1]$ and;

$g_{CRC24B}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^{6} + D^{5} + D + 1]$ for a CRC length $L = 24$ and;

# LTE 加CRC的实现流程框图



# Exp.01 - CRC与码块分割

## 1.1 CRC生成与添加

## 1.2 码块分割

1.2

# LTE 码块分割原理及其实现

# 内容

1. LTE 码块分割的原理
2. 3GPP LTE码块分割的协议定义
3. LTE 码块分割接口定义及实现框图

# LTE 码块分割的原理

在实际的传输信道中传输数字信号中，由于信道的传输特性不理想以及一些噪声带来的影响，从而导致接收到的信号不可避免的发生错误，为了保证传输的可靠性，就需要对传输差错控制，在进行CRC校验后要判断此时数据长度是否大于信道交织表中所规定的最大数据长度，如果大于就要进行码块分割。

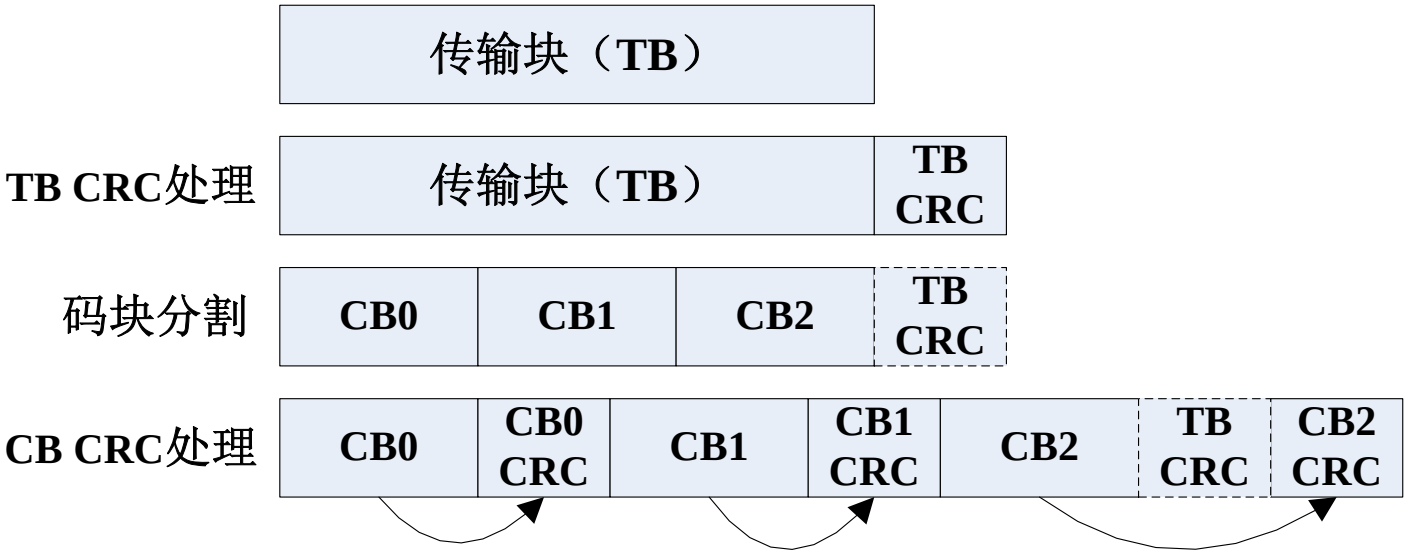
# LTE 码块分割的原理

码块分割部分的输入序列表示为：$b_0, b_1, b_2, b_3, \ldots, b_{B-1}$ ，$B > 0$。如果B大于最大码块长度Z（Z=6144），需要对输入序列进行码块分割，并且在每一个编码块的后面添加长度为$L = 24$的CRC检验序列，即进行第二次CRC检验。

如果填充比特F的数目不为0，那么将填充比特添加到第一个编码块的前面。如果B<40，那么在编码块的开始位置添加填充比特。在程序设计中，用NaN表示填充比特。

# LTE 码块分割的原理

码块分割和CRC校验间的相互联系可通过下面的来说明



# 3GPP LTE码块分割的协议定义

LTE码块分割在3GPP 36.212中5.1.2中定义

- 5.1.2 Code block segmentation and code block CRC attachment

The input bit sequence to the code block segmentation is denoted by $b_0, b_1, b_2, b_3, \ldots, b_{B-1}$, where $B > 0$. If $B$ is larger than the maximum code block size $Z$, segmentation of the input bit sequence is performed and an additional CRC sequence of $L = 24$ bits is attached to each code block. The maximum code block size is:

- $Z = 6144$.

If the number of filler bits $F$ calculated below is not 0, filler bits are added to the beginning of the first block.

Note that if $B < 40$, filler bits are added to the beginning of the code block.

The filler bits shall be set to $<NULL>$ at the input to the encoder.

Total number of code blocks $C$ is determined by:

if $B \le Z$

$L = 0$

Number of code blocks: $C = 1$

$B' = B$

else

# 3GPP LTE码块分割的协议定义

## LTE码块分割在3GPP 36.212中5.1.2中定义

The bits output from code block segmentation, for $C \neq 0$, are denoted by $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \ldots, c_{r(K_r-1)}$, where $r$ is the code block number, and $K_r$ is the number of bits for the code block number $r$.

Number of bits in each code block (applicable for $C \neq 0$ only):

First segmentation size: $K_+$ = minimum $K$ in table 5.1.3-3 such that $C \cdot K \geq B'$

if $C = 1$

the number of code blocks with length $K_+$ is $C_+ = 1$, $K_- = 0$, $C_- = 0$

else if $C > 1$

Second segmentation size: $K_-$ = maximum $K$ in table 5.1.3-3 such that $K < K_+$

$\Delta_K = K_+ - K_-$

---

Number of segments of size $K_-$: $C_- = \left\lfloor \frac{C \cdot K_+ - B'}{\Delta_K} \right\rfloor$.

Number of segments of size $K_+$: $C_+ = C - C_-$.

end if

Number of filler bits: $F = C_+ \cdot K_+ + C_- \cdot K_- - B'$

# LTE 码块分割的接口定义

TD-LTE码块分割接口函数

[Cp, Kp, Cm, Km, F, cdblkseg_data] = lte_pusch_cb_seg(tbCrcBits)

实现功能:

将带有CRC的传输块tbCrcBits进行分割，注意分割后每个编码块大小不超过6144Bit

参数定义:

tbCrcBits： 添加了CRC后的TB比特块

Cp: 第一分割码块的码块数

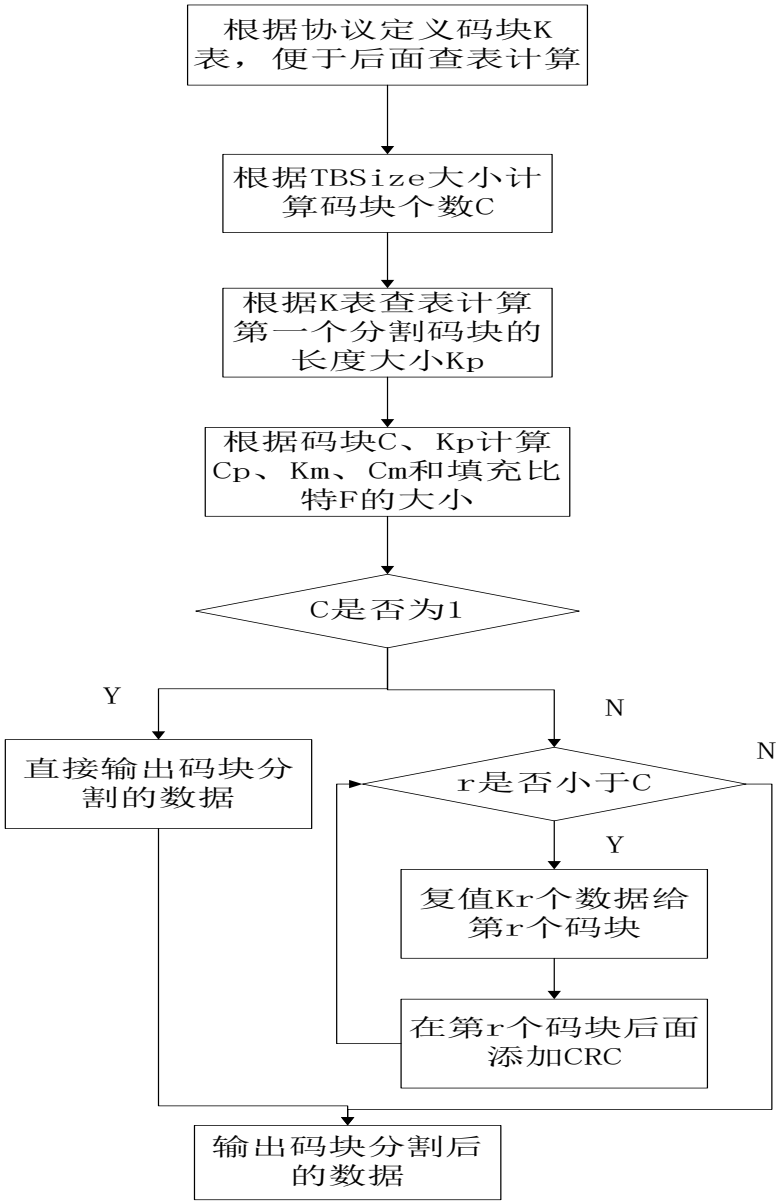
Kp: 第一分割码块的长度大小

# LTE 码块分割的接口定义

参数定义:

Cm: 第二分割码块的码块数
Km: 第二分割码块的长度大小
F: 填充Bit
cdblkseg_data: 码块分割后的编码块数据，
- 行数 = C = Cp+Cm
- 列数 = Kp
- 第*i*行表示第*i*个编码块（CB）

# LTE 码块分割的实现框图



# Exp.01 CRC与码块分割

## 编码规范与调试提示

1. 变量名尽量避免使用一个字母，除非是与标准文本对应；
2. 输出结果变量名，必须与课件提供的函数所带的输出参数名一致；
3. 实验结果通过SeqSign ()函数生成签名序列进行验收
4. 硬件设备如果发现数据无法导入，请首先检查license是否正常！

# Exp.01 CRC与码块分割

课程代码相关

- exp4lte_main_v01.m 是主代码，版本号为v01，后续发布会逐渐升级版本号；
- info_data.mat是信息比特文件，用load语句读取；
- SeqSign.m是签名函数，用于生成实验结果数据的签名序列
- courseworks文件夹是学生（函数）代码存放空间，已有本次实验的代码框架样例，具体实现请各显神通☺