

# Turbo códigos

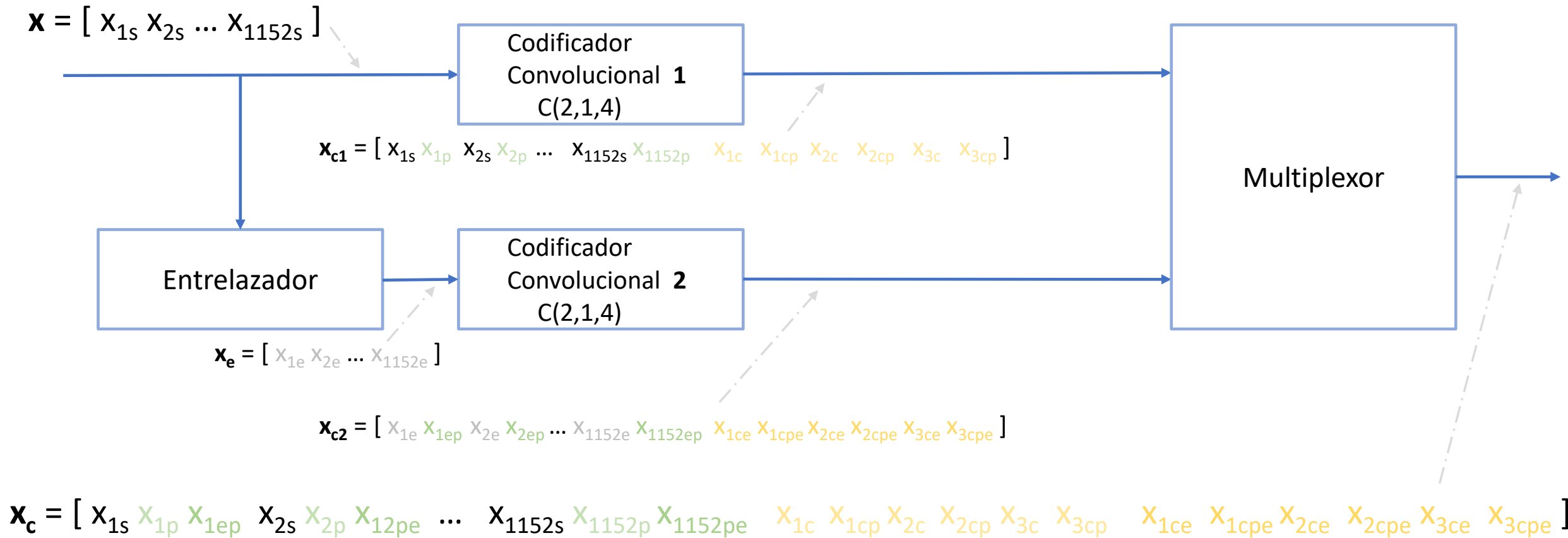
(Decodificación iterativa)

## Práctica 4

# Decodificación iterativa

A. Turbo Codificador

$\mathbf{x}$  : mensaje (1152 d.b.)     $\mathbf{x}_c$  : palabra código enviada (3468 d.b.  $1152 \times 3 + 3 \times 2 + 3 \times 2$ )



# Decodificación iterativa

## B. Turbo Decodificador

### B.1. El decodificador BCJR

Un turbo decodificador tiene 2 decodificadores.

El decodificador básico sin realimentación (BCJR en la práctica) calcula para cada instante  $i$  :

- $LLR(x_i/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$ 
  - $L^{(c)} = 2 \cdot y_{is} / \sigma^2$
  - $L^{(e)} = \ln \left[ \frac{(\sum \alpha_{i-1} \cdot \exp(y_{ip} \cdot c_{ip}^{(1)} / \sigma^2) \cdot \beta_i)}{(\sum \alpha_{i-1} \cdot \exp(y_{ip} \cdot c_{ip}^{(0)} / \sigma^2) \cdot \beta_i)} \right]$ 
    - $\alpha_{i-1}$  y  $\beta_i$  dependen de  $2 \cdot y_s / \sigma^2$  y  $2 \cdot y_p / \sigma^2$
  - $L^{(a)} = \ln \left[ P(x_i=1) / P(x_i=0) \right]$

# Decodificación iterativa

## B. Turbo Decodificador

### B.1. El decodificador BCJR

El decodificador sin realimentación calcula:

- $LLR(x_i/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$ 
  - $L^{(c)}$  : Influencia del canal y las coordenadas sistemáticas recibidas en el instante  $i$  (en  $x_i$ ). En este caso  $y_{is}$  (o  $y_{ie}$ ).
    - $L^{(c)} = 2 \cdot y_{is} / \sigma^2$  y su versión entrelazada  $L^{(c)}_e = 2 \cdot y_{ie} / \sigma^2$
  - $L^{(e)}$  : Influencia del canal y del histórico y del “futuro” recibido y las coordenadas de paridad recibidas en el instante  $i$  (en  $x_i$ ). En este caso  $y_{ip}$  (o  $y_{ipe}$ ).
    - $L^{(e)} = \ln \left[ \left( \sum \alpha_{i-1}^{(1)} \cdot \exp(y_{ip} \cdot c_{ip}^{(1)} / \sigma^2) \cdot \beta_i^{(1)} \right) / \left( \sum \alpha_{i-1}^{(0)} \cdot \exp(y_{ip} \cdot c_{ip}^{(0)} / \sigma^2) \cdot \beta_i^{(0)} \right) \right]$   
o su versión entrelazada
    - $L^{(e)}_e = \ln \left[ \left( \sum \alpha_{i-1e}^{(1)} \cdot \exp(y_{iep} \cdot c_{iep}^{(1)} / \sigma^2) \cdot \beta_{ie}^{(1)} \right) / \left( \sum \alpha_{i-1e}^{(0)} \cdot \exp(y_{iep} \cdot c_{iep}^{(0)} / \sigma^2) \cdot \beta_{ie}^{(0)} \right) \right]$
  - $L^{(a)}$  : Influencia de las probabilidades a priori (en  $x_i$ ).
    - $L^{(a)} = \ln \left[ P(x_i=1) / P(x_i=0) \right]$  (obviamente, también tiene versión entrelazada)

# Decodificación iterativa

## B. Turbo Decodificador

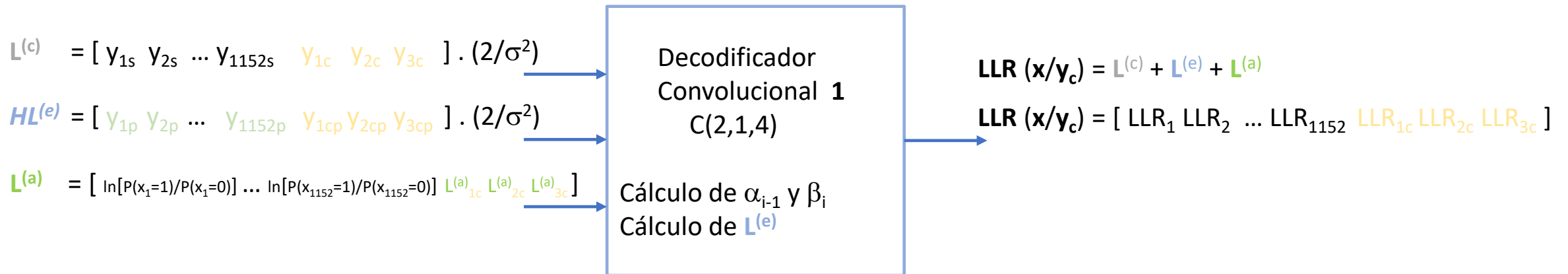
### B.1. El decodificador BCJR

**Organización vectorial de**  $\text{LLR}(x_i/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$

$$\text{LLR}(x/y_c) = [ \text{LLR}_1 \dots \text{LLR}_{1152} \text{LLR}_{1c} \text{LLR}_{2c} \text{LLR}_{3c} ]$$

$$\text{LLR}(x/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$$

$$\text{LLR}(x/y_c) = [L^{(c)}_1 \dots L^{(c)}_{1152} L^{(c)}_{1c} L^{(c)}_{2c} L^{(c)}_{3c}] + [L^{(e)}_1 \dots L^{(e)}_{1152} L^{(e)}_{1c} L^{(e)}_{2c} L^{(e)}_{3c}] + [L^{(a)}_1 \dots L^{(a)}_{1152} L^{(a)}_{1c} L^{(a)}_{2c} L^{(a)}_{3c}]$$



# Decodificación iterativa

B. Turbo Decodificador

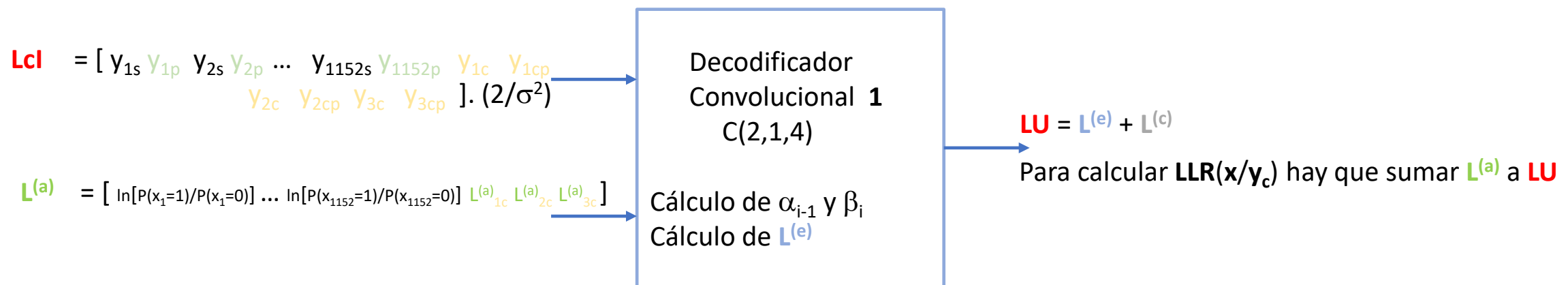
B.1. El decodificador BCJR

**Organización vectorial de  $\text{LLR}(x_i/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$  en MATLAB**

$$\text{LLR}(x/y_c) = [ \text{LLR}_1 \dots \text{LLR}_{1152} \text{LLR}_{1c} \text{LLR}_{2c} \text{LLR}_{3c} ]$$

$$\text{LLR}(x/y_c) = L^{(c)} + L^{(e)} + L^{(a)}$$

$$\text{LLR}(x/y_c) = [L^{(c)}_1 \dots L^{(c)}_{1152} L^{(c)}_{1c} L^{(c)}_{2c} L^{(c)}_{3c}] + [L^{(e)}_1 \dots L^{(e)}_{1152} L^{(e)}_{1c} L^{(e)}_{2c} L^{(e)}_{3c}] + [L^{(a)}_1 \dots L^{(a)}_{1152} L^{(a)}_{1c} L^{(a)}_{2c} L^{(a)}_{3c}]$$



# Decodificación iterativa

B.Turbo Decodificador

B.2. Turbo Decodificador

- La palabra recibida es  $\mathbf{y}_c$  (3468 d.b.  $1152 \times 3 + 3 \times 2 + 3 \times 2$ )

$$\mathbf{y}_c = [ y_{1s} \ y_{1p} \ y_{1ep} \ y_{2s} \ y_{2p} \ y_{12pe} \ \dots \ y_{1152s} \ y_{1152p} \ y_{1152pe} \ y_{1c} \ y_{1cp} \ y_{2c} \ y_{2cp} \ y_{3c} \ y_{3cp} \ y_{1ce} \ y_{1cpe} \ y_{2ce} \ y_{2cpe} \ y_{3ce} \ y_{3cpe} ]$$

- Se decodifica 2 veces la secuencia recibida

- Decodificador 1: decodifica secuencia no entrelazada  $\mathbf{y}_s = [ y_{1s} \ y_{2s} \ \dots \ y_{1152s} ]$  a partir de:

$$\mathbf{y}_{c1} = [ y_{1s} \ y_{1p} \ y_{2s} \ y_{2p} \ \dots \ y_{1152s} \ y_{1152p} \ y_{1c} \ y_{1cp} \ y_{2c} \ y_{2cp} \ y_{3c} \ y_{3cp} ]$$

- Decodificador 2: decodifica secuencia entrelazada  $\mathbf{y}_e = [ y_{1e} \ y_{2e} \ \dots \ y_{1152e} ]$  a partir de:

$$\mathbf{y}_{c2} = [ y_{1e} \ y_{1ep} \ y_{2e} \ y_{2ep} \ \dots \ y_{1152e} \ y_{1152ep} \ y_{1ce} \ y_{1cpe} \ y_{2ce} \ y_{2cpe} \ y_{3ce} \ y_{3cpe} ]$$

- Cada codificador coge la influencia de la paridad ( $\mathbf{L}^{(e)}$ ) como estimación de la influencia de las probabilidades a priori ( $\mathbf{L}^{(a)}$ )

- Justificación:

- No se dispone de  $\mathbf{L}^{(a)}$  y es una entrada necesaria
- La paridad de  $x_i$  contribuye a decidir si  $x_i$  es un 1 o un 0

# Decodificación iterativa

B. Turbo Decodificador  
B.2. Turbo decodificador

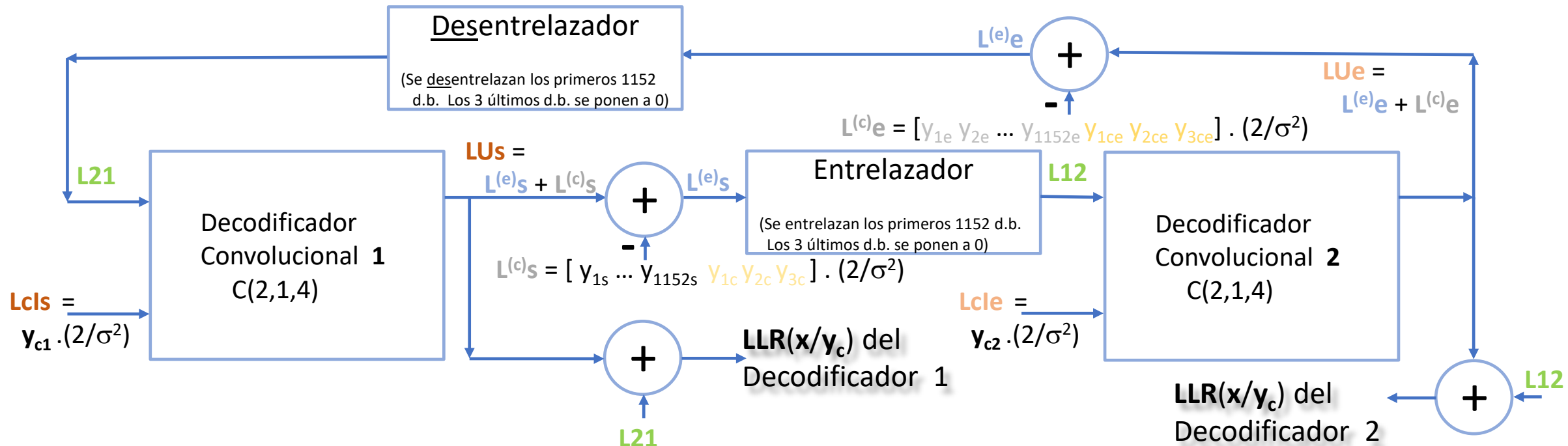
## Decodificador en la práctica 4 de MATLAB

$\mathbf{y}_c$  : palabra recibida (3468 d.b. 1152x3+3x2+3x2)

$$\mathbf{y}_c = [ y_{1s} \ y_{1p} \ y_{1ep} \ y_{2s} \ y_{2p} \ y_{12pe} \ \dots \ y_{1152s} \ y_{1152p} \ y_{1152pe} \ y_{1c} \ y_{1cp} \ y_{2c} \ y_{2cp} \ y_{3c} \ y_{3cp} \ y_{1ce} \ y_{1cpe} \ y_{2ce} \ y_{2cpe} \ y_{3ce} \ y_{3cpe} ]$$

$$\mathbf{y}_{c1} = [ y_{1s} \ y_{1p} \ y_{2s} \ y_{2p} \ \dots \ y_{1152s} \ y_{1152p} \ y_{1c} \ y_{1cp} \ y_{2c} \ y_{2cp} \ y_{3c} \ y_{3cp} ]$$

$$\mathbf{y}_{c2} = [ y_{1e} \ y_{1ep} \ y_{2e} \ y_{2ep} \ \dots \ y_{1152e} \ y_{1152ep} \ y_{1ce} \ y_{1cpe} \ y_{2ce} \ y_{2cpe} \ y_{3ce} \ y_{3cpe} ]$$





# Decodificación iterativa

B. Turbo Decodificador

B.2. Turbo decodificador

## Decodificador en la práctica 4 de MATLAB

```
hDec=comm.APPDecoder('TrellisStructure',  
Enrejado,'TerminationMethod','Terminat  
ed','Algorithm','Max');
```

