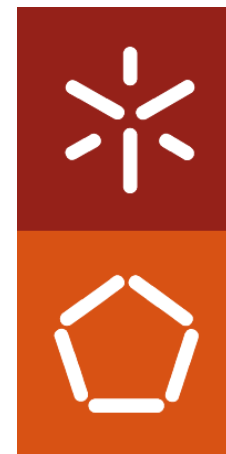


Protocolos de Ligação

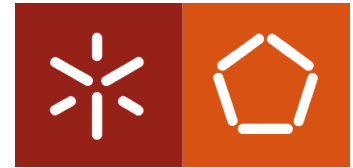
**Mestrado Integrado em
Engenharia de Comunicações**

3º ano - 1º semestre

2012/2013



Sumário



- HDLC (High Level Data Link Control)
 - Modos de operação
 - Definição das Tramas
 - Verificação de erros
 - Endereçamento
 - Controlo
 - Primitivas de serviço
 - Interacção com a camada superior
- LLC (Logical Link Control)



- **Protocolo HDLC (High-level Data Link Control)**
 - norma da ISO (ISO 3309, 4335) para uso em ligações PP e MP
 - outros protocolos de ligação (LLC, PPP) derivam do HDLC
 - orientado ao bit; muito usado em redes de computadores
- **O HDLC suporta**
 - estações: primárias, secundárias e mistas (combinadas)
 - configurações: não balanceada e balanceada (HDX e FDX)
 - modos de operação:
 - *Normal Response Mode* (NRM) (não balanceado)
 - *Asynchronous Response Mode* (ARM) (não balanceado)
 - *Asynchronous Balanced Mode* (ABM) (balanceado)

Protocolos de ligação

HDLC – Modos de Operação



- **NRM**

a estação primária pode iniciar a transferência de dados; a secundária apenas pode transmitir em resposta a um *poll*. exemplo: ligações computador-terminal/periférico

- **ARM**

a estação secundária pode iniciar a transmissão sem receber qualquer solicitação da estação primária, mas a estação primária controla a ligação exemplo: ligação computador-periférico onde este necessite tomar a iniciativa (pouco usado)

- **ABM**

qualquer estação pode tomar a iniciativa na transmissão exemplo: ligações computador-computador (é o mais usado)



- **Estrutura das trama HDLC**

- utiliza transmissão síncrona
- as mensagens de controlo e os dados são transportadas em tramas de formato único e normalizado
 - *flag*: 8 bits de padrão de alinhamento de trama: 01111110
 - endereço: um ou mais octetos
 - controlo: um ou dois octetos (formato normal ou estendido)
 - dados: campo de informação de tamanho variável
 - FCS: Frame Check Sequence (16 ou 32 bits)



← sentido da transmissão

Protocolos de ligação

HDLC – Estrutura das Tramas



- O protocolo HDLC usa a técnica de *bit stuffing* para obter transparência dos dados, isto é, para evitar que um possível padrão 01111110 dentro da trama seja tomado como *flag*.
- É inserido um 0 após cinco 1 consecutivos
- O receptor retira cada 0 que suceda a cinco 1 consecutivos

Exemplo

- se a trama contém a sequência:

00111111010111111111110101011101011111000101

- após *bit-stuffing* é transmitido:

00111111**0**101011111**0**11111**0**10101011101011111**0**000101



- **Frame Check Sequence (FCS)**

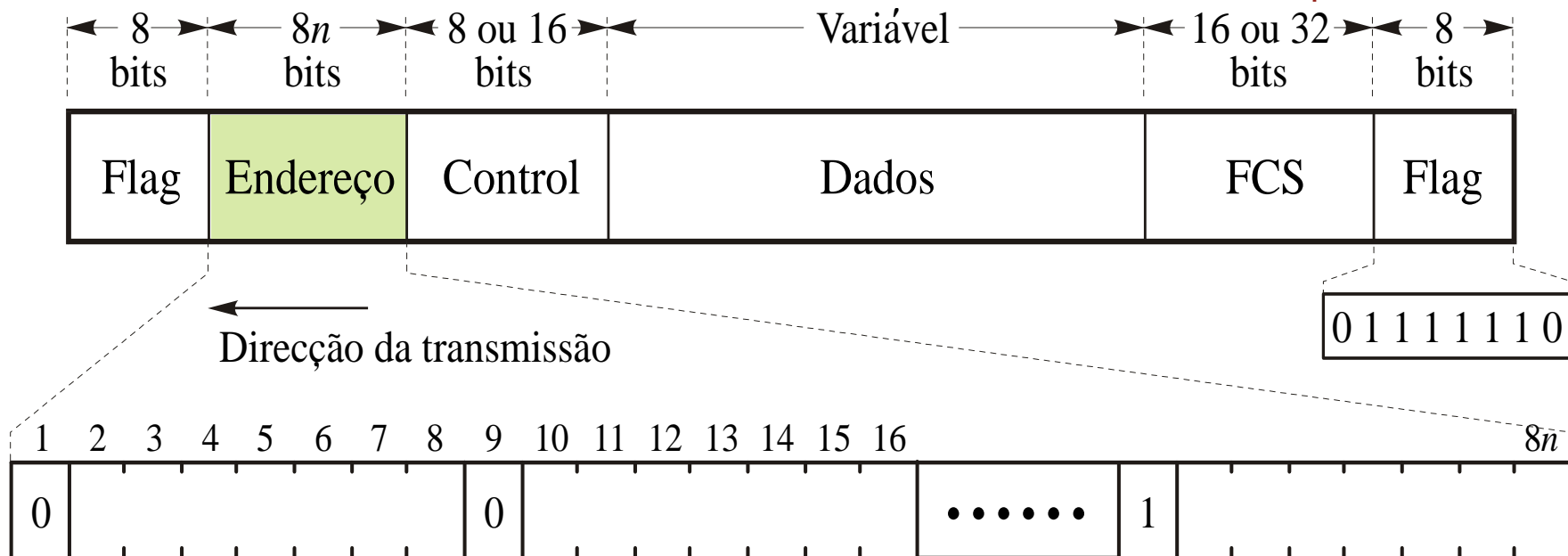
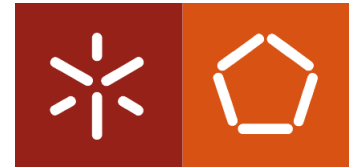
- É calculado sobre toda a trama, exceptuando as *flags*
- pode ser usado CRC-16 ou CRC-32 de acordo com o tamanho das tramas ou a fiabilidade da linha (Bit Error Rate, BER):

CRC-16: $x^{16}+x^{12}+x^5+1$

CRC-32: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$

Protocolos de ligação

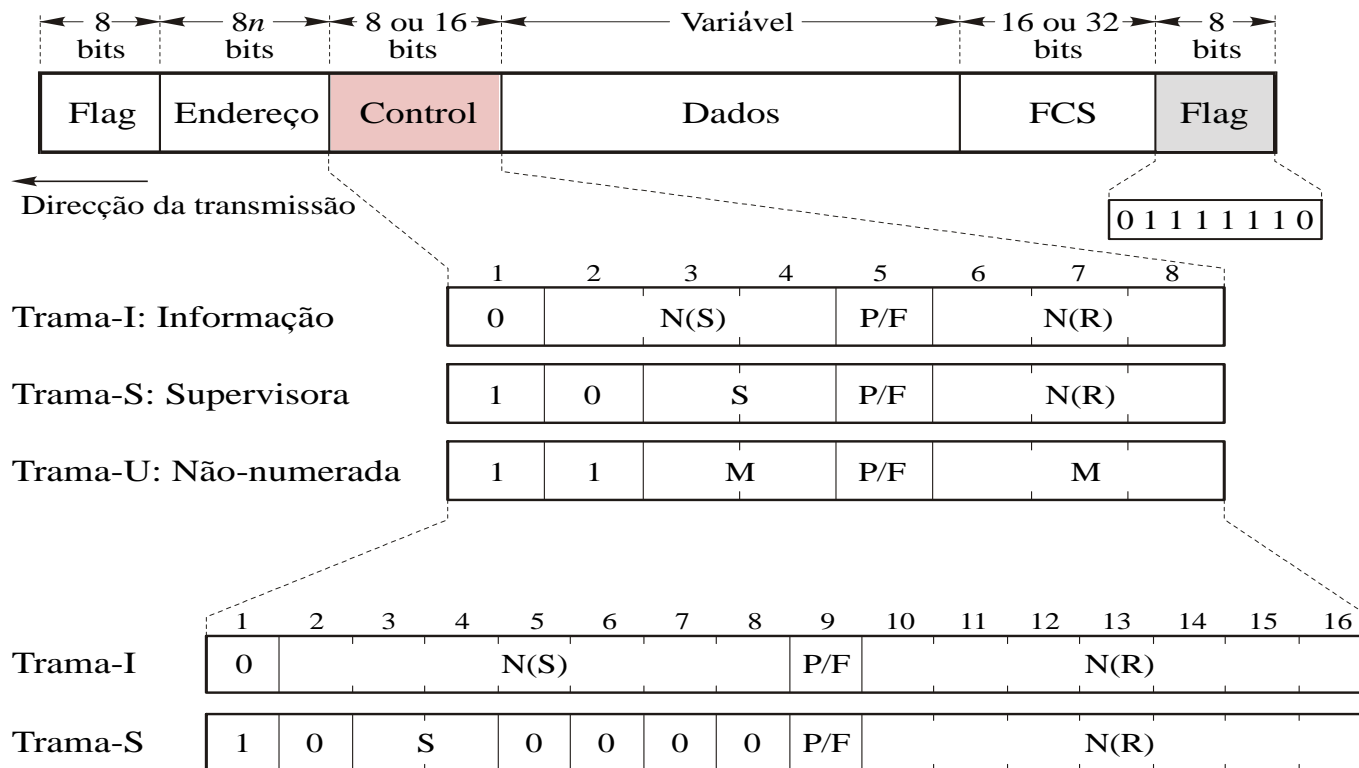
HDLC – Endereçamento



- **O conteúdo do campo endereço varia com o modo de operação; suporta endereços de grupo ou difusão**
- **O primeiro bit indica se o octeto corrente do endereço é o último (=1) ou se lhe seguem outros (=0)**

Protocolos de ligação

HDLC – Controlo



N(S) = número de sequência de envio (Send)
 N(R) = número de sequência de recepção (Receive)
 S = bits da função Supervisora

M = bits da função não-numerada
 P/F = bit *Poll*/Final

Protocolos de ligação

HDLC – Tipos de Trama



- **Tipos de tramas (I, S, U):**
 - (I) informação - usadas para transporte de dados do utilizador
 - (S) supervisão - usadas para controlo de fluxo e de erros
 - (U) não-numeradas - usadas para iniciar/terminar a ligação
- **As tramas são também classificadas como *comando* ou *resposta***
- **Formato do campo de controlo normal para cada tipo de trama:**

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------|---|---|-----|------|---|---|
| 0 | N(S) | | | P/F | N(R) | | |
| 1 | 0 | S | | P/F | N(R) | | |
| 1 | 1 | M | | P/F | M | | |

Tipo I

Tipo S

Tipo U



- **Tramas de informação**

- o campo de dados é passado de/para o nível protocolar superior
- N(S) número sequencial da trama corrente enviada
- N(R) número sequencial da próxima trama esperada receber
- Variáveis de estado protocolares V(S) e V(R) são mapeadas para N(S) e N(R)

*O campo N(R) possibilita, à estação que envia, a confirmação implícita de tramas l recebidas - confirmação em **piggyback***

- **O bit P/F (Poll/Final) é usado para efectuar o *poll* de uma estação forçando-a a uma resposta**



- **Tramas de supervisão**

- **RR** N(R) (*Receiver Ready*)
 - usadas na impossibilidade de fazer **piggyback**
 - confirmação mais rápida
- **RNR** (*Receiver Not Ready*)
 - indicam indisponibilidade temporária para a recepção de tramas-I
- **REJ** N(R) ou **SREJ** N(R)
 - retransmissão a partir da trama N(R) ou retransmissão selectiva da trama N(R)
- não contêm informação do utilizador (nível superior)
- usadas unicamente na fase de transferência de dados, em geral são usadas como tramas resposta (ou comando quando P=1)

Protocolos de ligação

HDLC – Tipos de Trama



- **Tramas não-numeradas**
 - **SABM ou SABME** (*set asynchronous balanced mode/extended*)
 - inicia a ligação lógica e estabelece o modo de operação
 - **DISC**
 - termina a ligação lógica
 - **UA** (*Unnumbered Ack*)
 - confirma o estabelecimento ou terminação da ligação
 - **DM** (*Disconnect Mode*)
 - trama resposta quando a ligação lógica esta desligada
 - **CMDR/FRMR** (*Command/Frame Reject*)
 - se ocorre um erro não recuperável - força a reinicialização

Protocolos de ligação

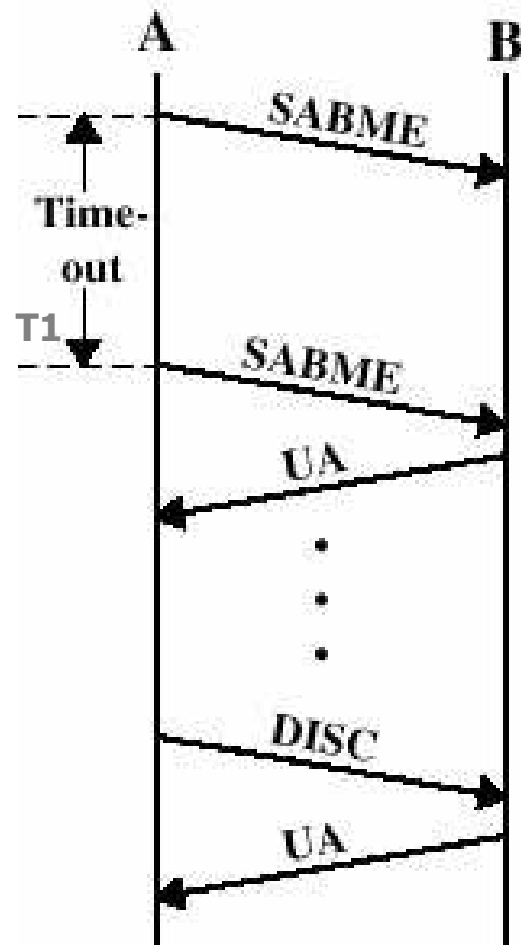
HDLC – Codificação do Campo de Controlo



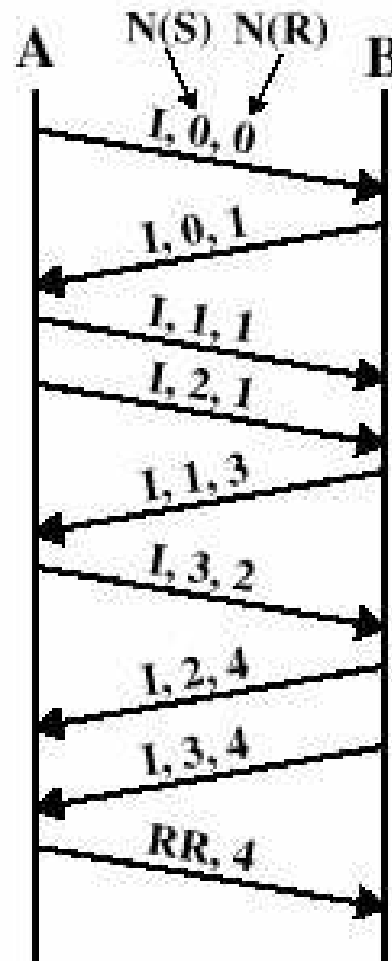
| | Código no campo de controlo | | | | | | | | Com/ Resp | Trama | Descrição |
|---|-----------------------------|---|------|---|-----|---|------|---|--------------|-------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | |
| I | 0 | – | N(S) | – | P/F | – | N(R) | – | C/R | I | Informação |
| S | 1 | 0 | 0 | 0 | P/F | – | N(R) | – | C/R | RR | Receive Ready |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | P/F | – | N(R) | – | C/R | REJ | Reject |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | P/F | – | N(R) | – | C/R | RNR | Receive not ready |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | P/F | – | N(R) | – | C/R | SREJ | Selective reject |
| U | 1 | 1 | 0 | 0 | P/F | 0 | 0 | 0 | C/R | UI | Unnumbered info |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | P | 0 | 0 | 1 | C | SNRM | Set NRM mode |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | P | 0 | 1 | 0 | C | DISC | Disconnect |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 0 | 1 | 0 | R | RD | Request disconnect |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 1 | 0 | 0 | R | UP | Unnumbered poll |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | F | 1 | 1 | 0 | R | UA | Unnumbered ack |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 0 | 0 | C/R | | Nonreserved 0 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 0 | 1 | C/R | | Nonreserved 1 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 1 | 0 | C/R | | Nonreserved 2 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | P/F | 0 | 1 | 1 | C/R | | Nonreserved 3 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | P | 0 | 0 | 0 | C | SIM | Set init mode |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | F | 0 | 0 | 0 | R | RIM | Request init mode |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | F | 0 | 0 | 1 | R | FRMR | Frame reject |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 0 | 0 | C | SARM | Set ARM mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | F | 0 | 0 | 0 | R | DM | Disconnect mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 0 | 1 | C | RSET | Reset |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 1 | 0 | C | SARME | Set ARM extended |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 0 | 1 | 1 | C | SNRME | Set NRM extended |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P | 1 | 0 | 0 | C | SABM | Set ABM mode |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | P/F | 1 | 0 | 1 | C/R | XID | Exchange identific |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | F | 1 | 1 | 0 | C | SABME | Set ABM extended |

Protocolos de ligação

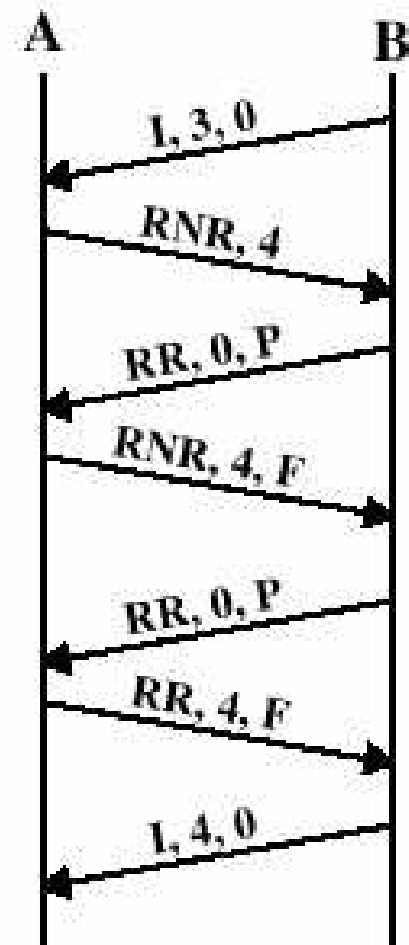
HDLC – Exemplos de Operação



a) Estabelecimento e terminação da ligação



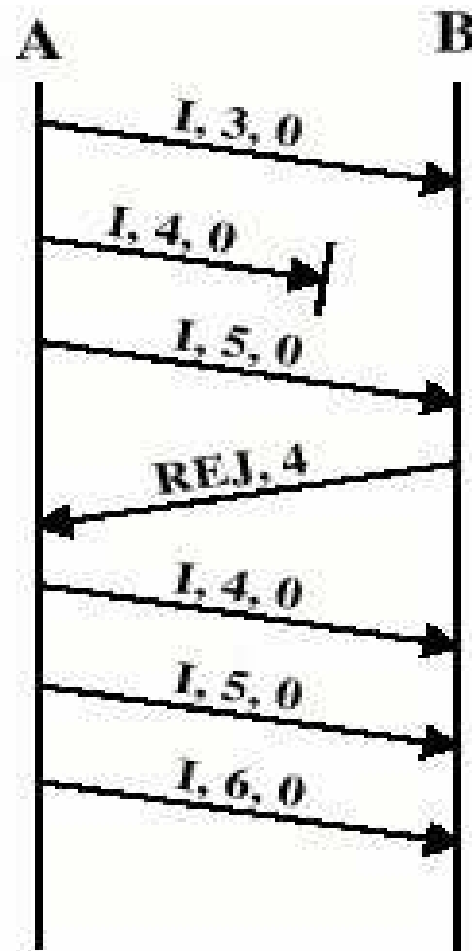
b) Transferência de dados em duplex



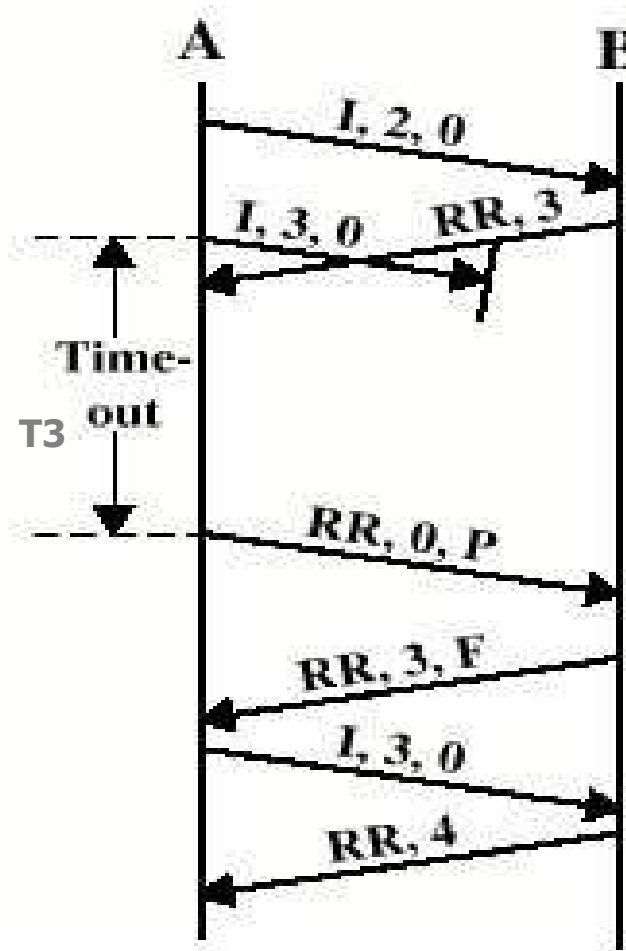
c) Estado estação A ocupada

Protocolos de ligação

HDLC – Exemplos de Operação



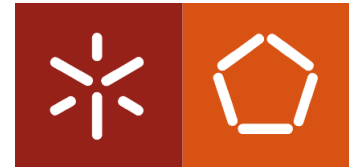
d) Recuperação de Reject



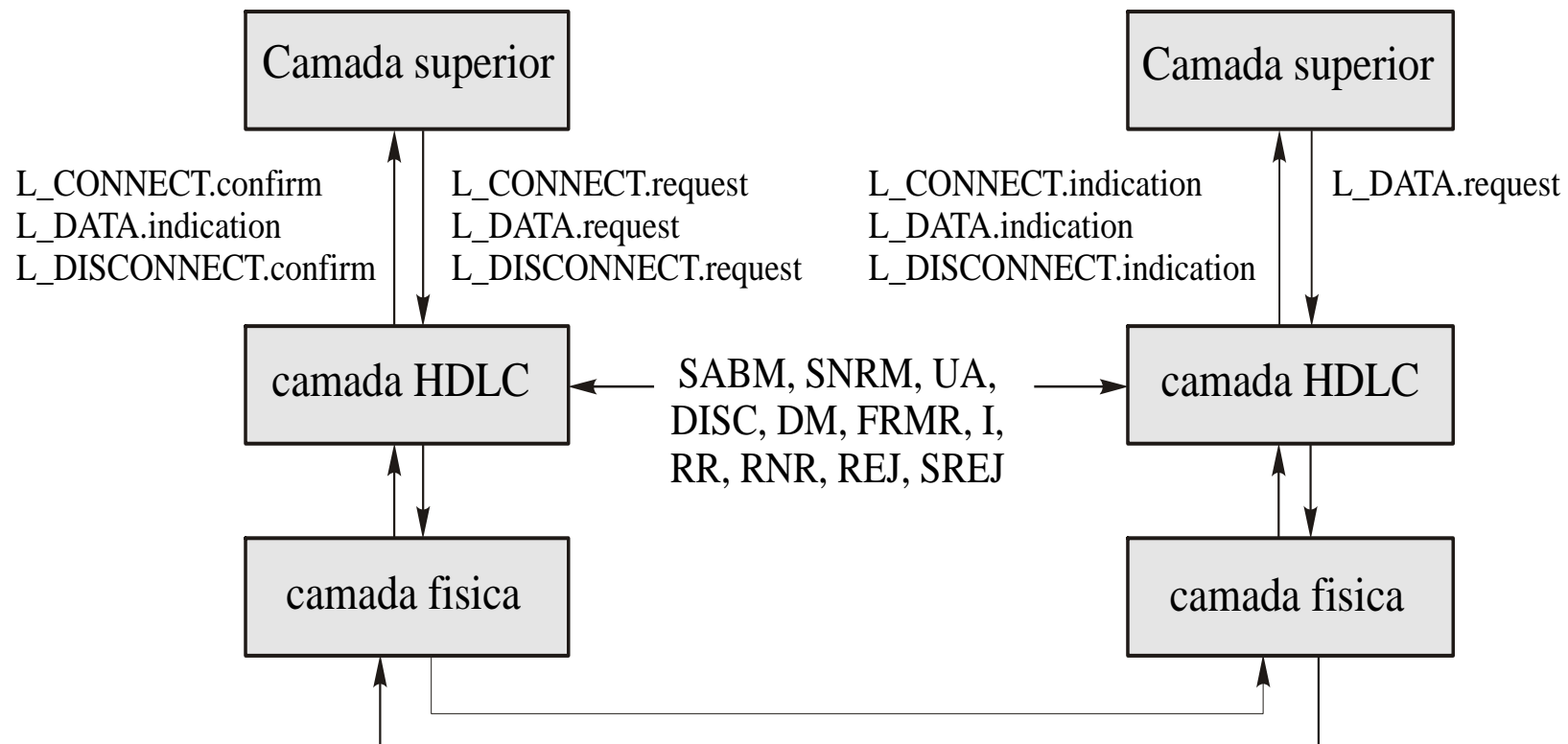
e) Recuperação de Timeout

Protocolos de ligação

HDLC – Primitivas de Serviço

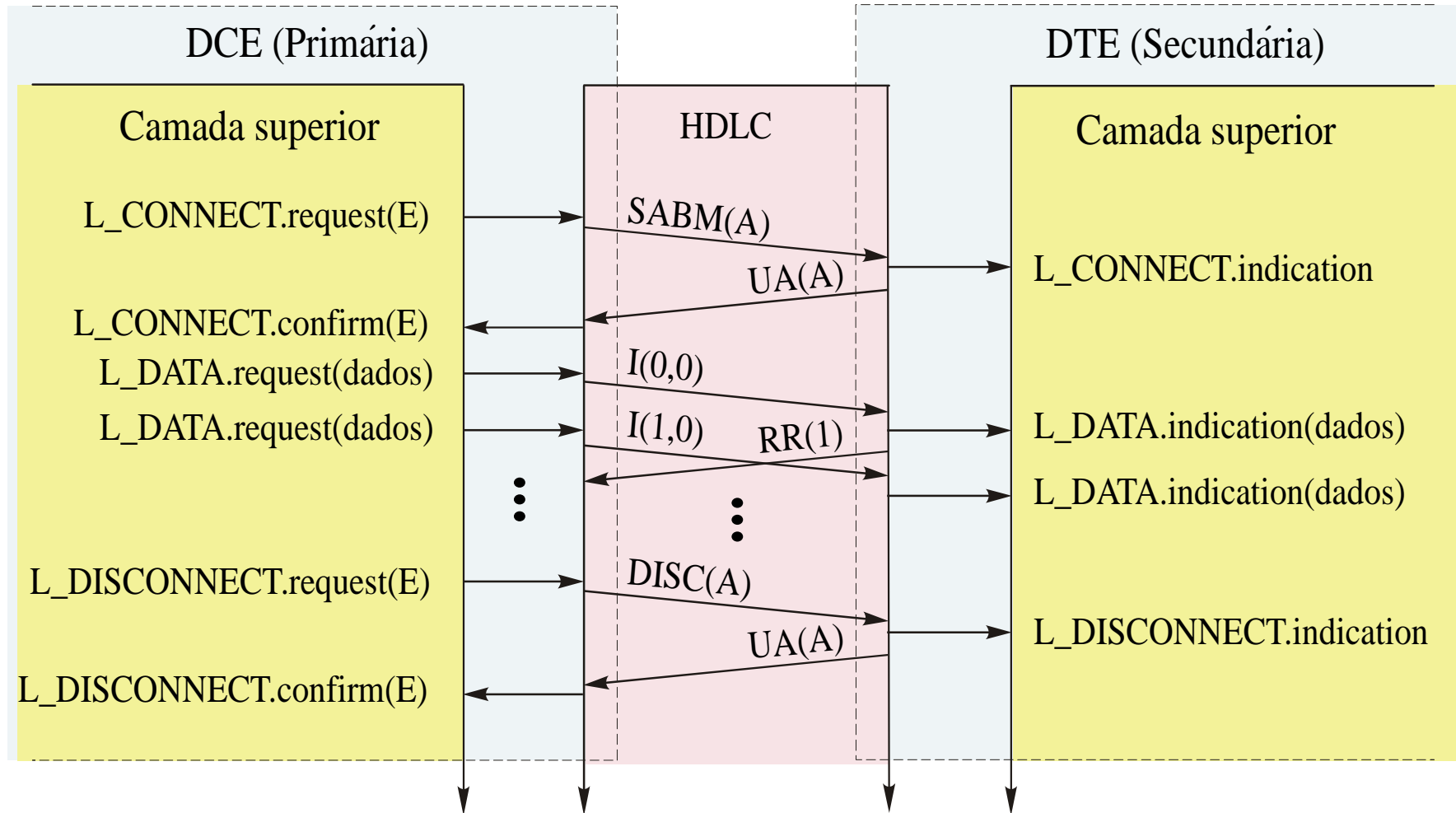


- O serviço de ligação prestado à camada protocolar superior é feito por funções designadas primitivas de serviço (*request, confirm e indication*)



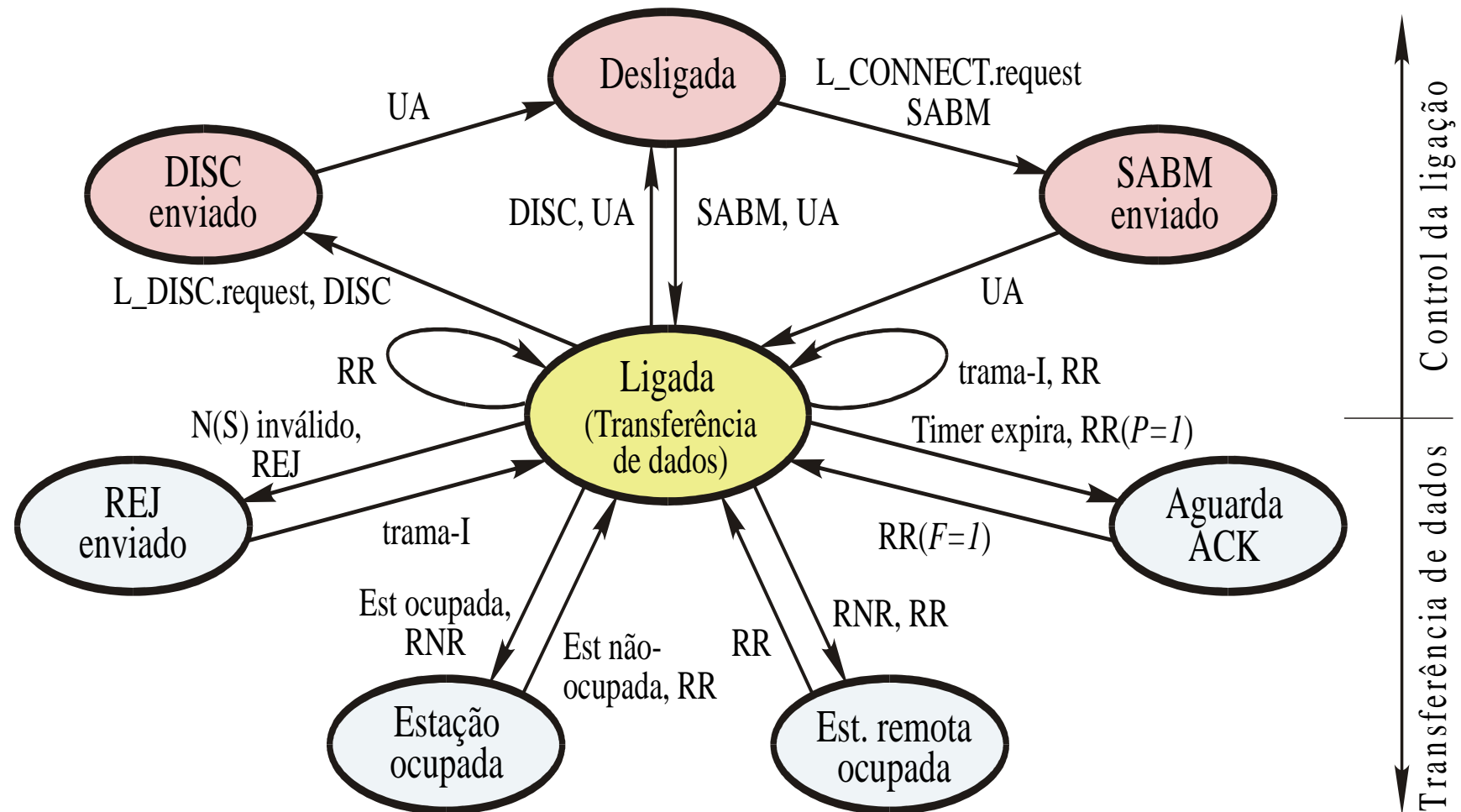
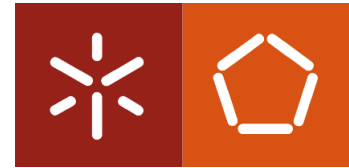
Protocolos de ligação

HDLC – Interacção com a camada superior



Protocolos de ligação

HDLC – Especificação usando uma máquina de estados finita



Protocolos de ligação

HDLC – Parâmetros



- **T1: Timeout(FrameACK)**
tempo máximo de espera por um ACK antes de retransmitir a trama
- **T2: Timeout(ResponseTime)**
tempo de espera entre a recepção de uma trama-I e o envio do ACK (RR,RNR,REJ)
- **T3: Timeout(CHECKTime)**
tempo máximo de inatividade antes de enviar um *poll* para testar a ligação
- **T4: Timeout(DisconnectTime)**, tempo máximo de inatividade antes de terminar automaticamente a ligação
- **N1: comprimento máximo das tramas**
- **N2: número máximo de retransmissões de uma trama**
- **K: abertura da janela de controlo de fluxo**

T1 deve ser maior que T2 e T3/T4 deve ser muito maior (~ 10 vezes) que T1 ou T2. T1 deve ser 2 vezes superior ao tempo que demora a transmitir uma trama e a receber a confirmação.

Protocolos de ligação

LLC (*Logical Link Control*)

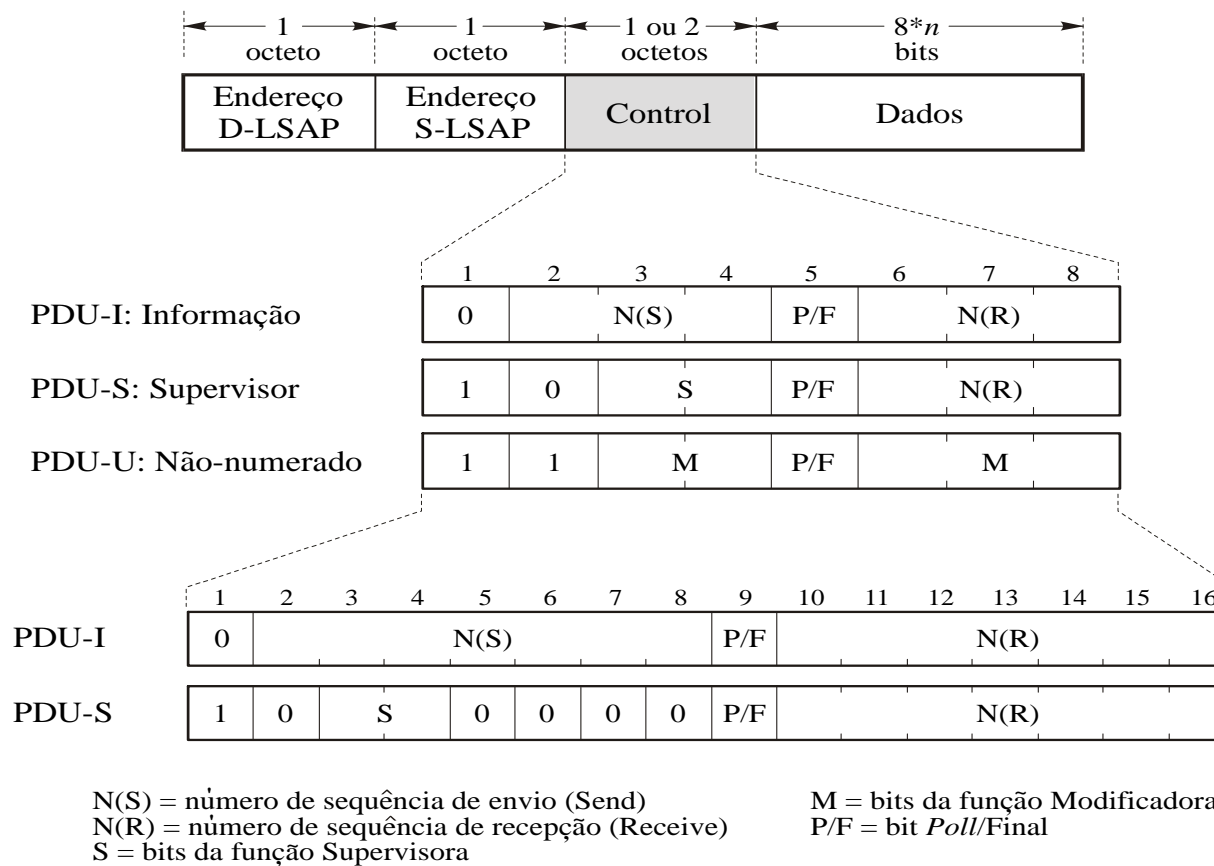


- **Logical Link Control (LLC)**

- normalizado pelo IEEE 802.2, semelhante ao HDLC mas formato do LLC-PDU é distinto do HDLC-PDU porque é usado para efectuar uma ligação lógica servida por uma camada MAC (*medium access layer*), ié , o LLC opera sobre um nível MAC, por exemplo IEEE 802.3
- a detecção de erros é efectuada no nível MAC (CRC-32)
- opera com estações *mistas*
- usa 2 endereços: emissor e receptor designados por:
 - Destination-Link Service Access Points (D-LSAP) e
 - Source- Link Service Access Point (S-LSAP)

Protocolos de ligação

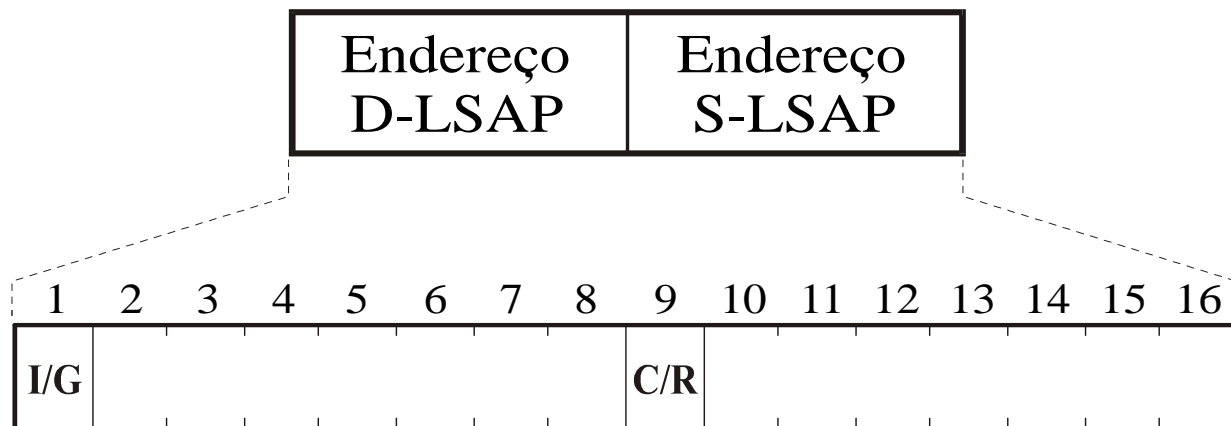
LLC (Logical Link Control)



Formatos do campo de controlo (normal e estendido)

Protocolos de ligação

LLC (Logical Link Control)



I/G = 0 D-LSAP individual
 1 D-LSAP de grupo

C/R = 0 Comando
 1 Resposta

Formatos dos campos de endereço (*destination e source*)