

# Arquitectura de Computadores I

## Sistemas Digitais Sequenciais

António M. Gonçalves Pinheiro

Departamento de Física  
Universidade da Beira Interior  
Covilhã - Portugal

pinheiro@ubi.pt

## Circuitos Biestáveis ("Latches")

$Q'$  - Representa o próximo  $Q$

### Biestável com NAND

$\bar{R}$	$\bar{S}$	Q	$Q'$	$\bar{Q}'$	
0	0	0	1	1	
0	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	"RESET"
0	1	1	0	1	"RESET"
1	0	0	1	0	"SET"
1	0	1	1	0	"SET"
1	1	0	0	1	Manutenção
1	1	1	1	0	Manutenção

$Q'$  - Representa o próximo  $Q$

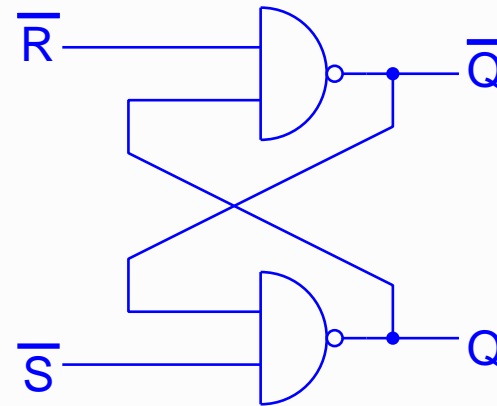
$\bar{R}$  activo em 0  $\Rightarrow$  "RESET"

## Circuitos Biestáveis (“Latches”)

**Circuito Biestável (“Latch”)** - Circuito com capacidade de armazenamento de um bit

### Biestável com NAND

$\bar{R}$	$\bar{S}$	Q	$Q'$	$\bar{Q}'$	
0	0	0	1	1	
0	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	“RESET”
0	1	1	0	1	“RESET”
1	0	0	1	0	“SET”
1	0	1	1	0	“SET”
1	1	0	0	1	Manutenção
1	1	1	1	0	Manutenção



$\bar{R}$	$\bar{S}$	$Q'$	
0	0	—	Não usado
0	1	0	“RESET”
1	0	1	“SET”
1	1	Q	Manutenção

$Q'$  - Representa o próximo Q

$\bar{S}$  activo em 0  $\Rightarrow$  “SET”

$\bar{R}$  activo em 0  $\Rightarrow$  “RESET”

## Circuitos Biestáveis (“Latches”)

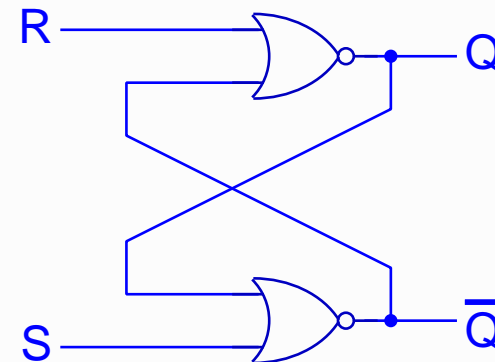
### Biestável com NOR

R	S	Q	Q'	Q'	
0	0	0	<b>0</b>	1	Manutenção
0	0	1	<b>1</b>	0	Manutenção
0	1	0	<b>0</b>	1	“SET”
0	1	1	<b>0</b>	1	“SET”
1	0	0	<b>1</b>	0	“RESET”
1	0	1	<b>1</b>	0	“RESET”
1	1	0	<b>0</b>	0	
1	1	1	<b>0</b>	0	

Q' - Representa o próximo Q

S activo em 1 ⇒ “SET”

R activo em 1 ⇒ “RESET”



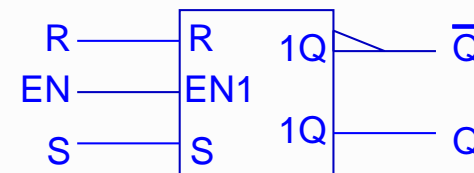
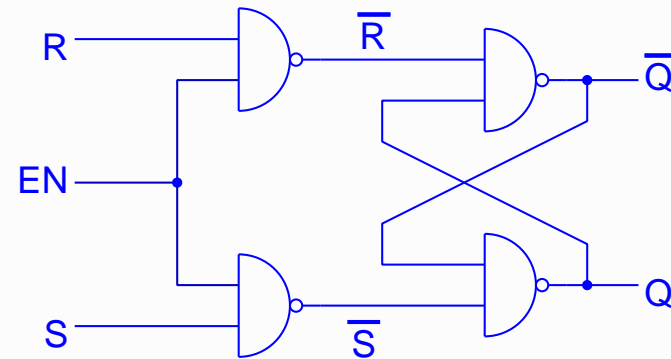
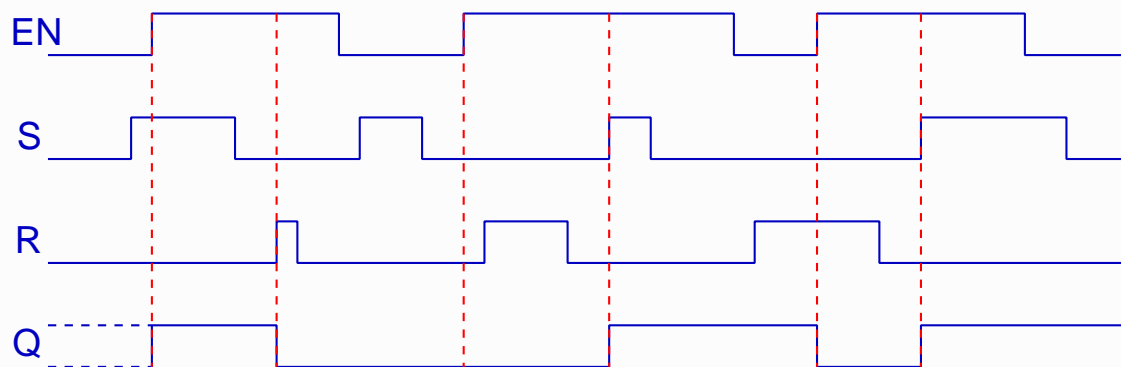
R	S	Q'	
0	0	<b>Q</b>	Manutenção
0	1	<b>1</b>	“SET”
1	0	<b>0</b>	“RESET”
1	1	—	Não usado

## Circuitos Biestáveis (“Latches”)

### Biestável controlado

EN	R	S	Q'	
0	—	—	Q	Manutenção
1	0	0	Q	Manutenção
1	0	1	1	“SET”
1	1	0	0	“RESET”
1	1	1	—	(não usado)

Q' - Representa o próximo Q



## FLIP-FLOPS

### Flip-Flops - armazenam um bit

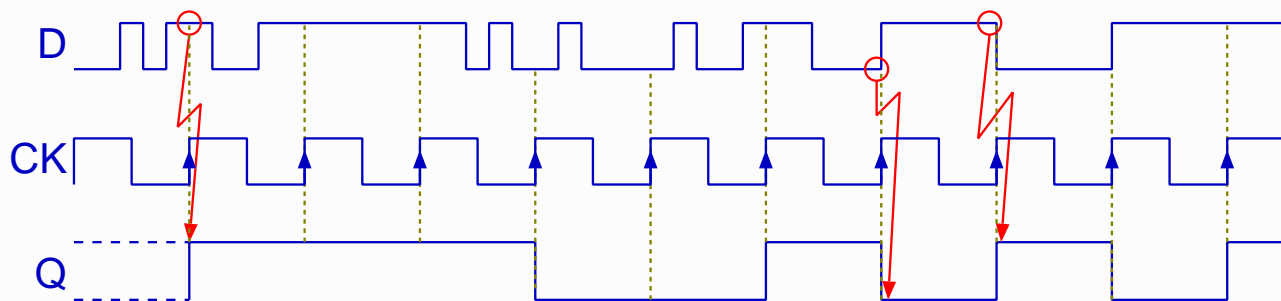
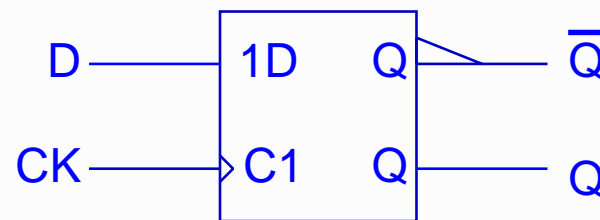
O bit é armazenado num Flip-Flop quando existe transição de nível lógico da entrada de controlo, usualmente chamada CLOCK.

Dois tipos de Flip Flops:

- Edge Trigered
- Master Slave

### Flip-Flop tipo D

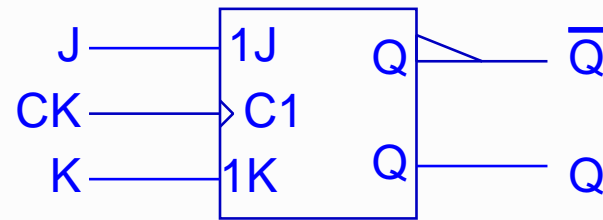
CK	D	$Q_{n+1}$
—	—	$Q_n$
↑	0	0
↑	1	1



# FLIP-FLOPS

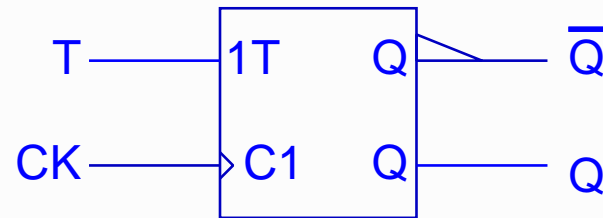
## Flip-Flop tipo JK

CK	J	K	$Q_{n+1}$
—	—	—	$Q_n$
↑	0	0	$Q_n$
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	$\overline{Q_n}$



## Flip-Flop tipo T

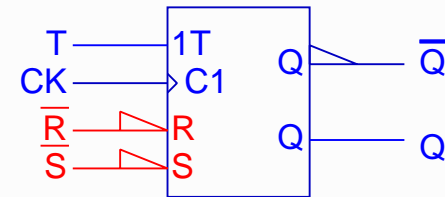
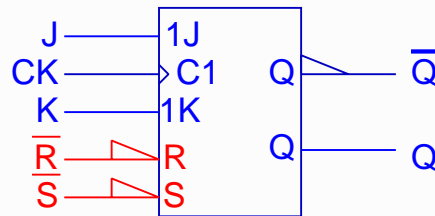
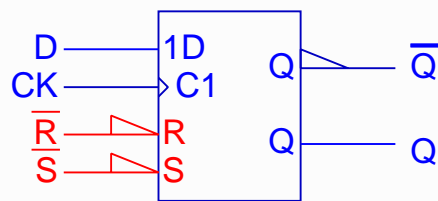
CK	T	$Q_{n+1}$
—	—	$Q_n$
↑	0	$Q_n$
↑	1	$\overline{Q_n}$



## FLIP-FLOPS com Entradas Assíncronas

### Terminais Assíncronos:

- **R** - Reset  $\implies Q=0$
- **S** - Set  $\implies Q=1$



$\bar{R}$	$\bar{S}$	CK	D	$Q_{n+1}$
0	1	—	—	<b>0</b>
1	0	—	—	<b>1</b>
1	1	—	—	$Q_n$
1	1	↑	0	<b>0</b>
1	1	↑	1	<b>1</b>

$\bar{R}$	$\bar{S}$	CK	J	K	$Q_{n+1}$
0	1	—	—	—	<b>0</b>
1	0	—	—	—	<b>1</b>
1	1	—	—	—	$Q_n$
1	1	↑	0	0	$Q_n$
1	1	↑	0	1	<b>1</b>
1	1	↑	1	0	<b>0</b>
1	1	↑	1	1	$\overline{Q_n}$

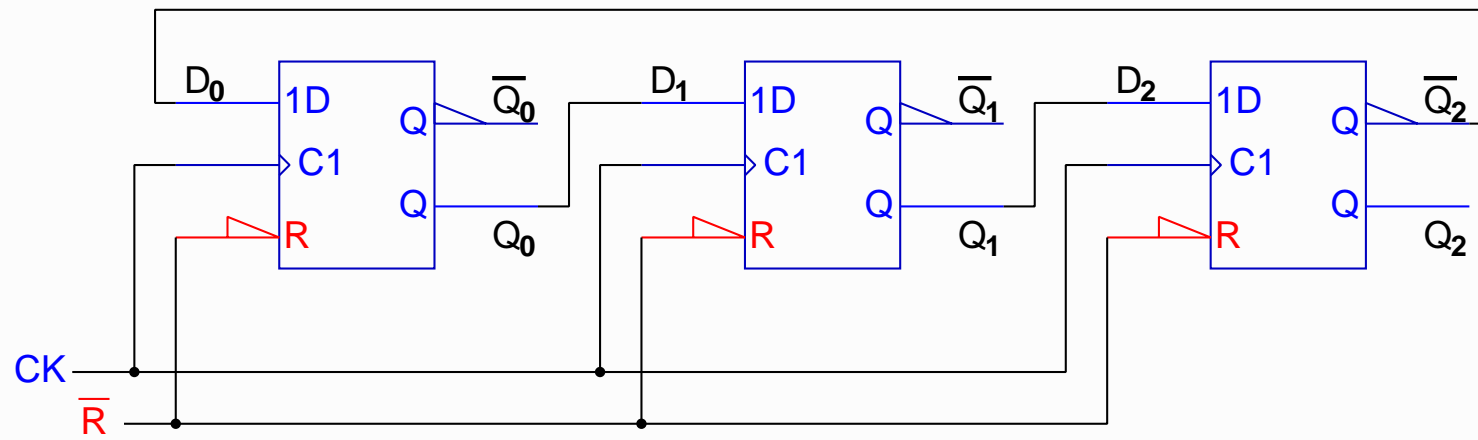
$\bar{R}$	$\bar{S}$	CK	T	$Q_{n+1}$
0	1	—	—	<b>0</b>
1	0	—	—	<b>1</b>
1	1	—	—	$Q_n$
1	1	↑	0	$Q_n$
1	1	↑	1	$\overline{Q_n}$





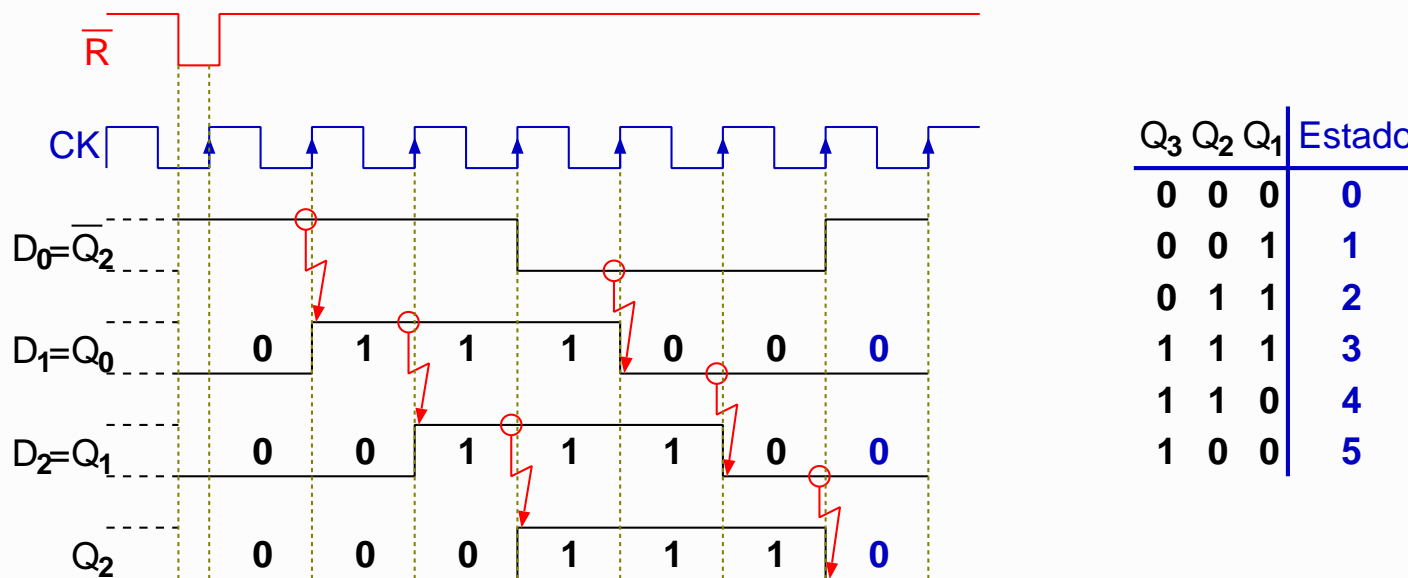
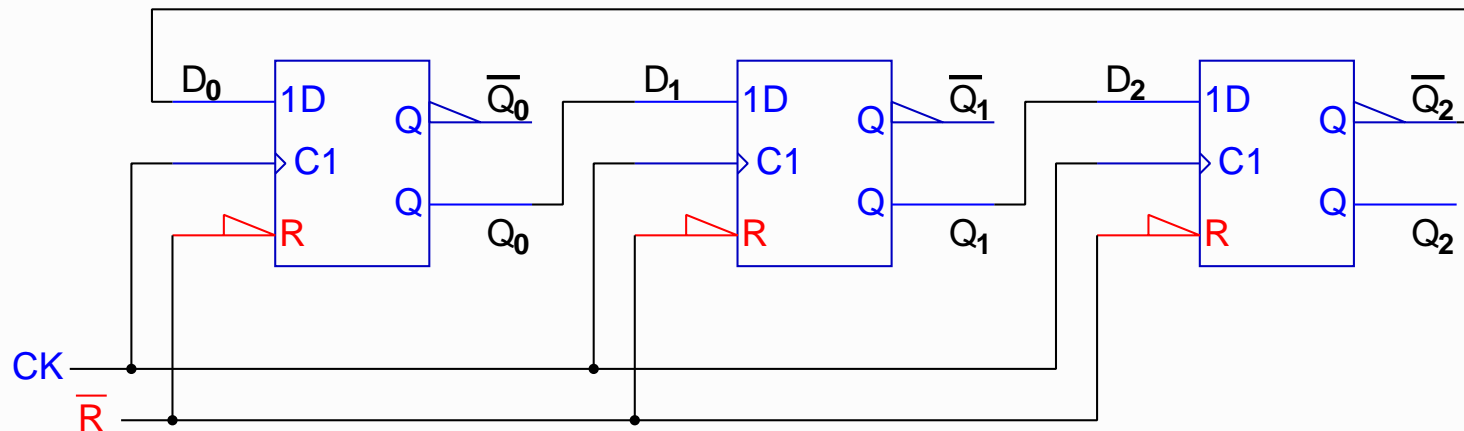
# FLIP-FLOPS

## Exemplo de circuito: Contador em anel torcido



# FLIP-FLOPS

**Exemplo de circuito: Contador em anel torcido** - Análise (Módulo =  $2 \times N$ )

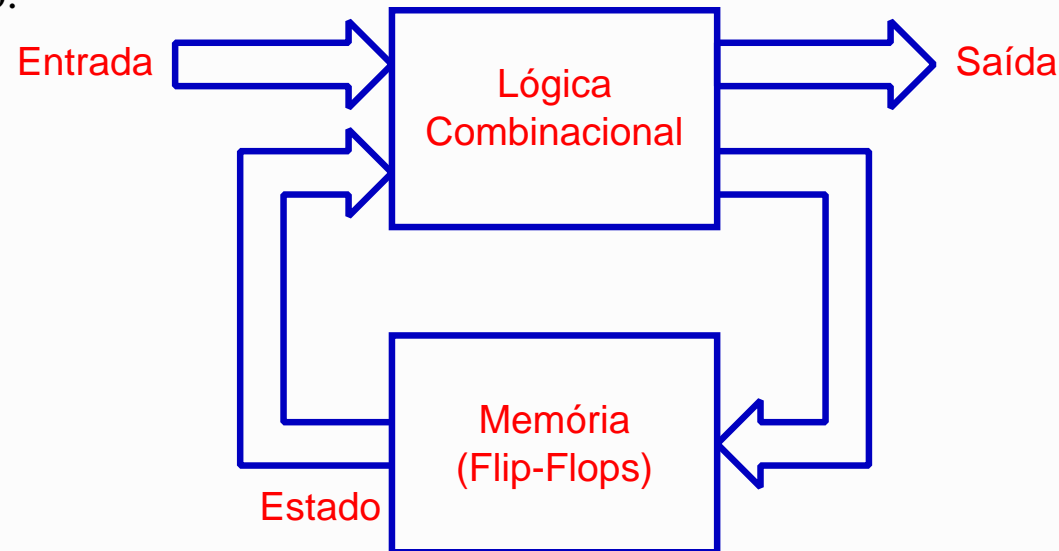


## Controladores Digitais

### Controladores Digitais:

Circuitos digitais sequenciais síncronos que estabelecem seqüências temporais de acordo com entradas de controlo.

Controlador Genérico:



Neste curso são estudados os controladores sequenciais com um **Flip-Flop por estado**. Este tipo de controladores têm como principal vantagem, a grande simplicidade de projecto.

## Controladores Digitais

### Exemplo de Controladores Digital com um Flip-Flop por estado:

Projecte um circuito que estabeleça a seguinte sequência de controlo num sistema de luzes com uma lâmpada Vermelha, Azul e Verde:

O sistema tem uma variável **M** que controla a sequência. da seguinte forma:

Se **M=0**  $\implies$  Vermelho  $\longrightarrow$  Verde+Azul  $\longrightarrow$  (Tudo apagado)  $\longrightarrow$  (Volta ao princípio)

Se **M=1**  $\implies$  Vermelho  $\longrightarrow$  Verde  $\longrightarrow$  Azul  $\longrightarrow$  (Volta ao princípio)

## Controladores Digitais

### Exemplo de Controladores Digital com um Flip-Flop por estado:

Projecte um circuito que estabeleça a seguinte sequência de controlo num sistema de luzes com uma lâmpada Vermelha, Azul e Verde:

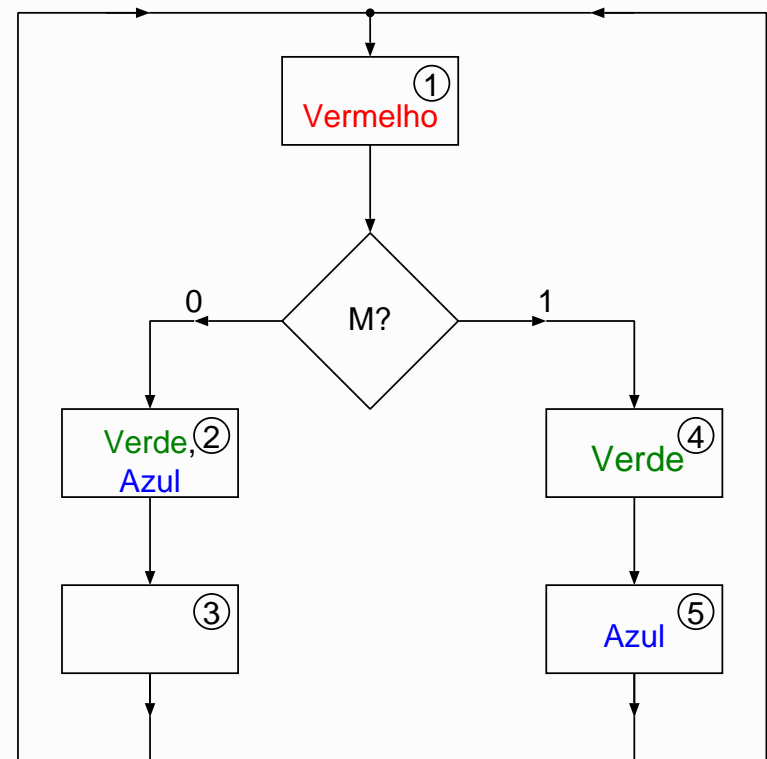
O sistema tem uma variável **M** que controla a sequência. da seguinte forma:

Se **M=0** ⇒ Vermelho → Verde+Azul → (Tudo apagado) → (Volta ao princípio)

Se **M=1** ⇒ Vermelho → Verde → Azul → (Volta ao princípio)

### Fluxograma

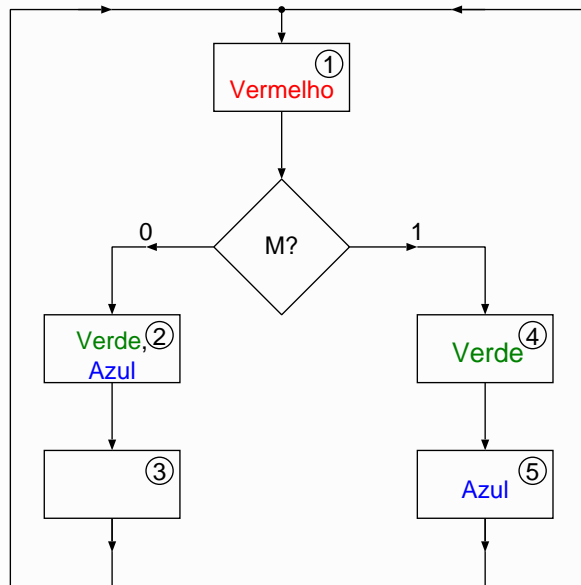
Estabelece a sequência de controlo pretendida



# Controladores Digitais

## Exemplo de Controladores Digital com um Flip-Flop por estado:

Projecte um circuito que estabeleça a seguinte seqüência de controlo num sistema de luzes com uma lâmpada Vermelha, Azul e Verde:  
 O sistema tem uma variável **M** que controla a seqüência da seguinte forma:  
 Se **M=0** ⇒ Vermelho → Verde+Azul → (Tudo apagado) → (Volta ao princípio)  
 Se **M=1** ⇒ Vermelho → Verde → Azul → (Volta ao princípio)



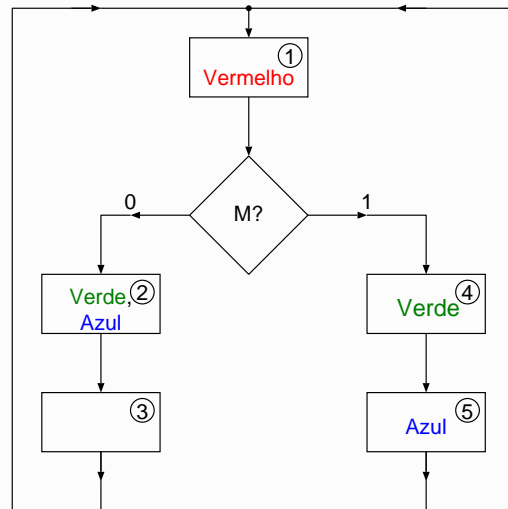
## Controlador Digital Sequencial

Estado		
Interrogação		
União		
Saída		

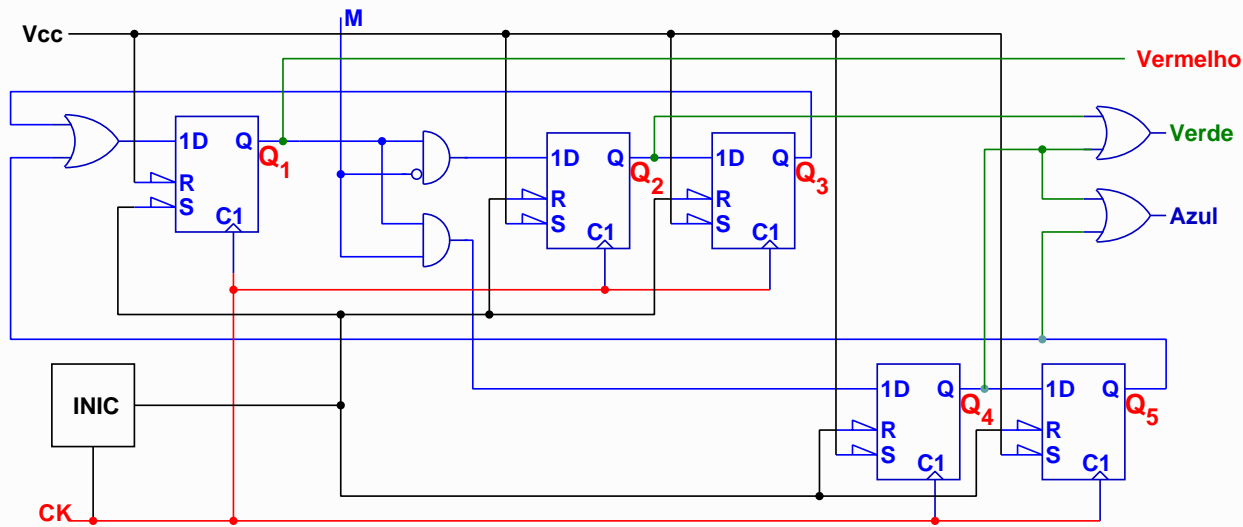


# Controladores Digitais

## Fluxograma

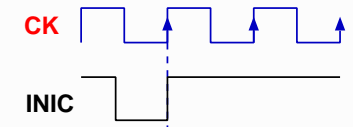


## Circuito



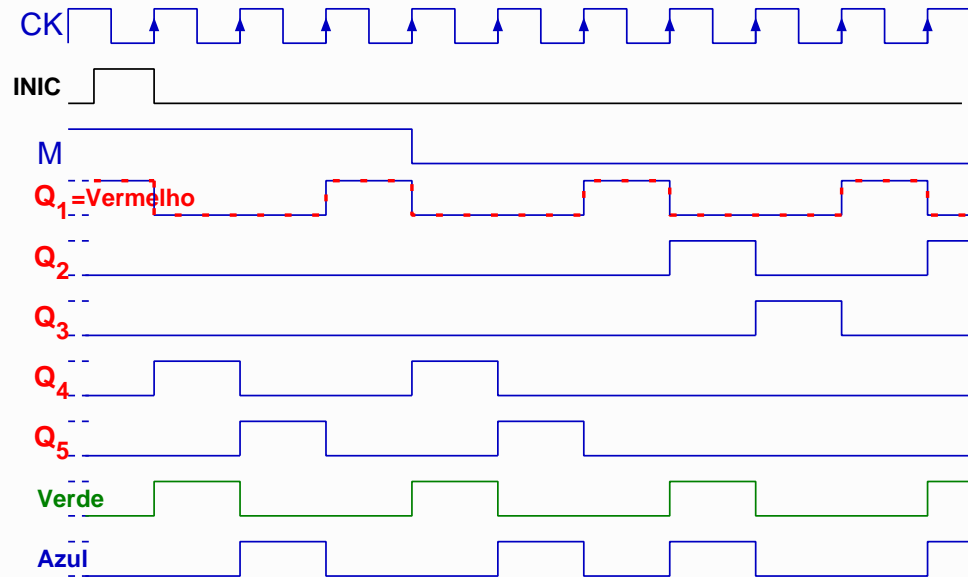
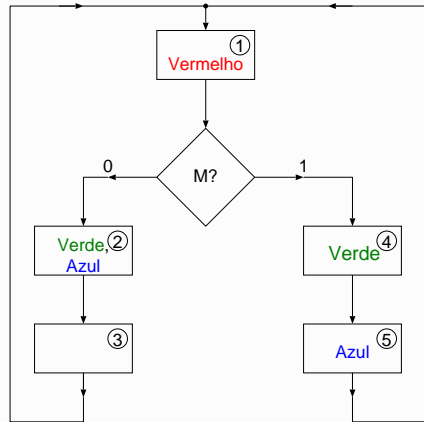
## Controlador Digital Sequencial

Estado		
Interrogação		
União		
Saída		

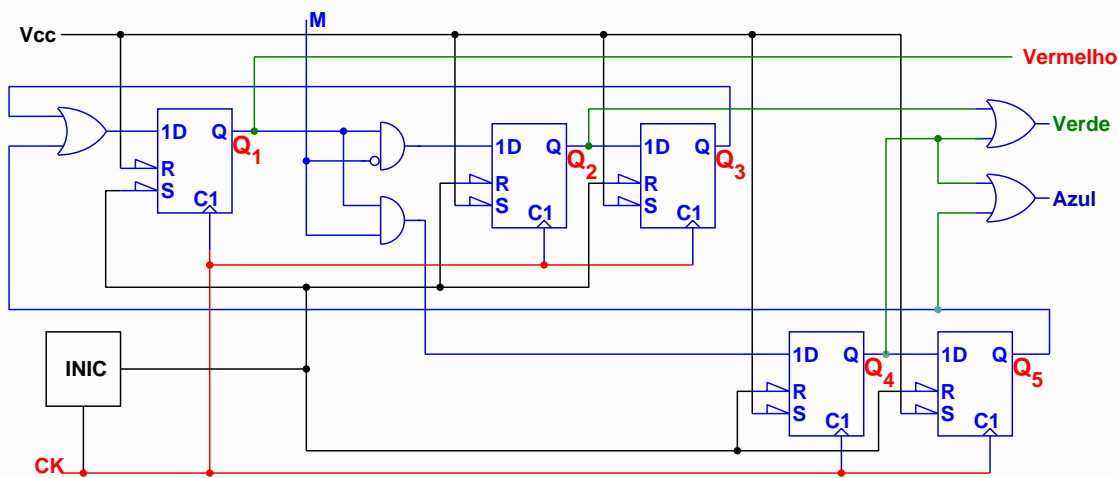


# Controladores Digitais

## Fluxograma



## Circuito





## Controladores Digitais

### Exemplo de Controlador

Projecte um controlador digital para o aparelho de tirar cafés da figura. Consoante a moeda que entra vão ser activadas as variáveis  $S_1$  e  $S_0$  de acordo com a tabela. Assim, a máquina aceita moedas de 20 cêntimos e 50 cêntimos. Qualquer outra moeda é devolvida, e um depósito de moedas de 10 cêntimos está disponível para permitir dar troco. O custo de cada Café é 20 cêntimos e quando uma moeda de 50 cêntimos é introduzida, a máquina de café deve produzir dois cafés e dar o respectivo troco. Além disso estão disponíveis as seguintes variáveis de controlo:

Rec - Activa a possibilidade de recolha de moeda

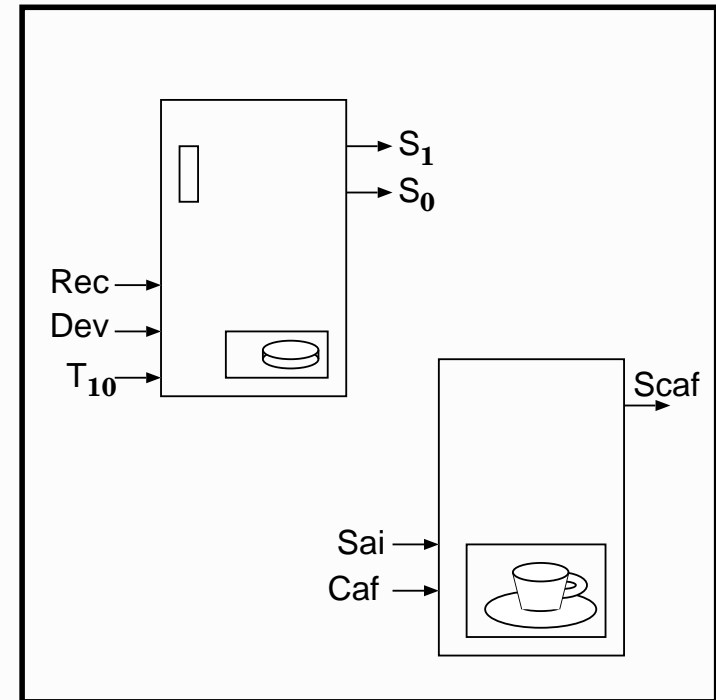
Dev - Activa a devolução da moeda introduzida

$T_{10}$  - Activa a devolução de uma moeda de 10 cêntimos

Sai - Activa a saída do Café

Caf - Activa a produção de um café

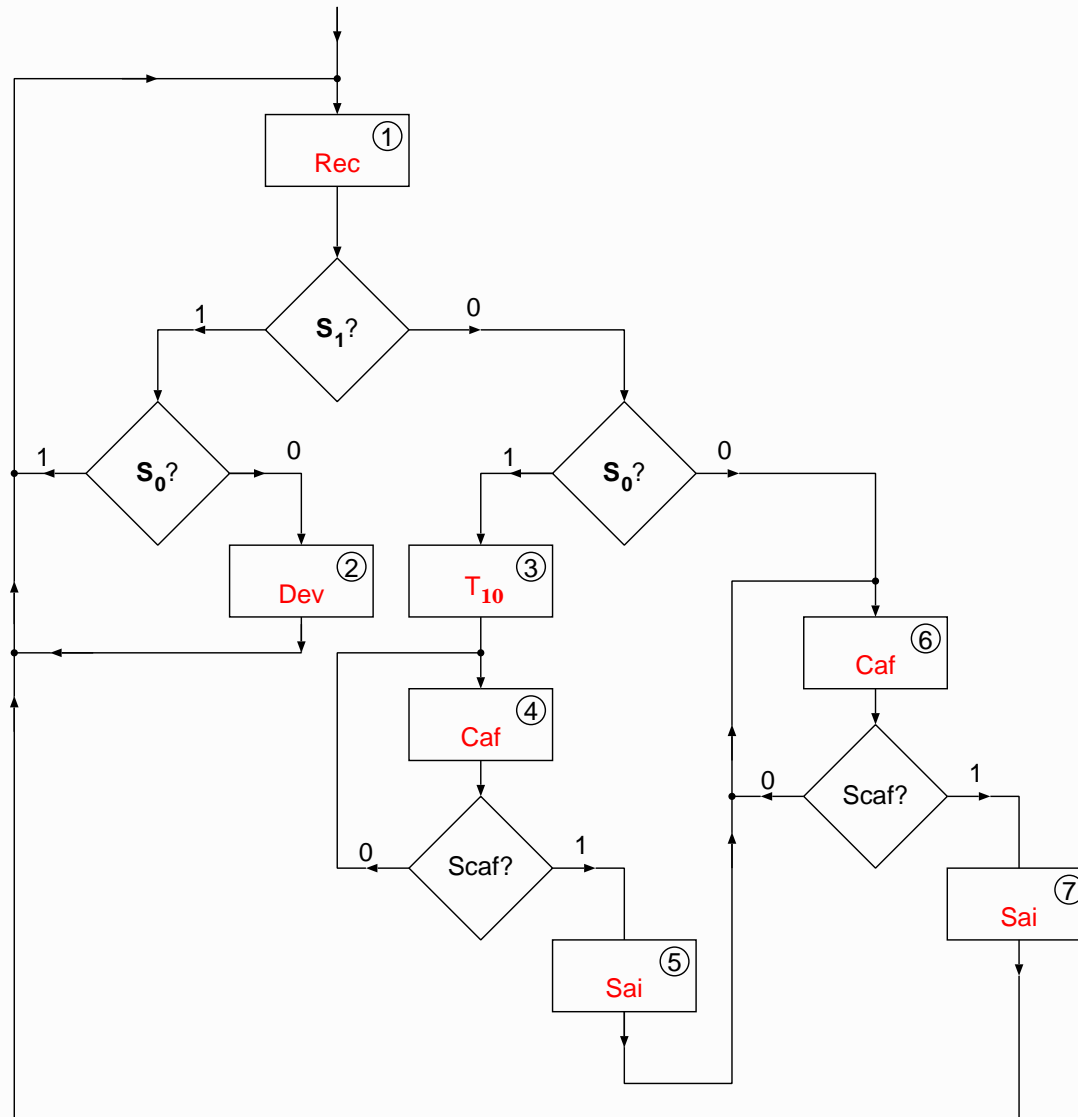
Para controlar o tempo de produção de um café o sistema disponibiliza uma variável lógica Scaf que quando a UM lógico define que o café já está pronto.



$S_1$	$S_0$	Significado
0	0	Moeda de 0.20
0	1	Moeda de 0.50
1	0	Moeda $\neq$ 0.20 e 0.50
1	1	Nenhuma Moeda

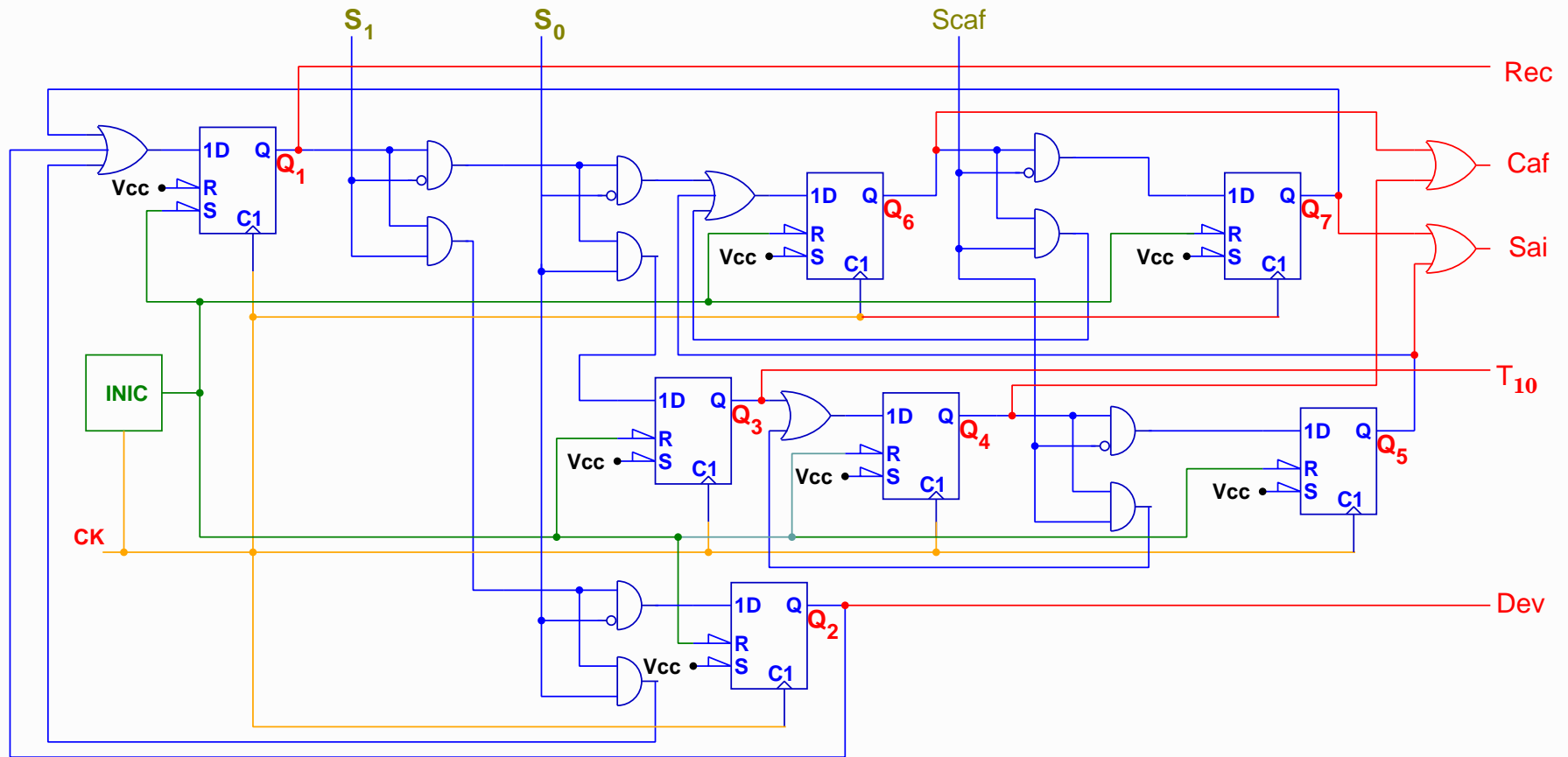
# Controladores Digitais

Fluxograma



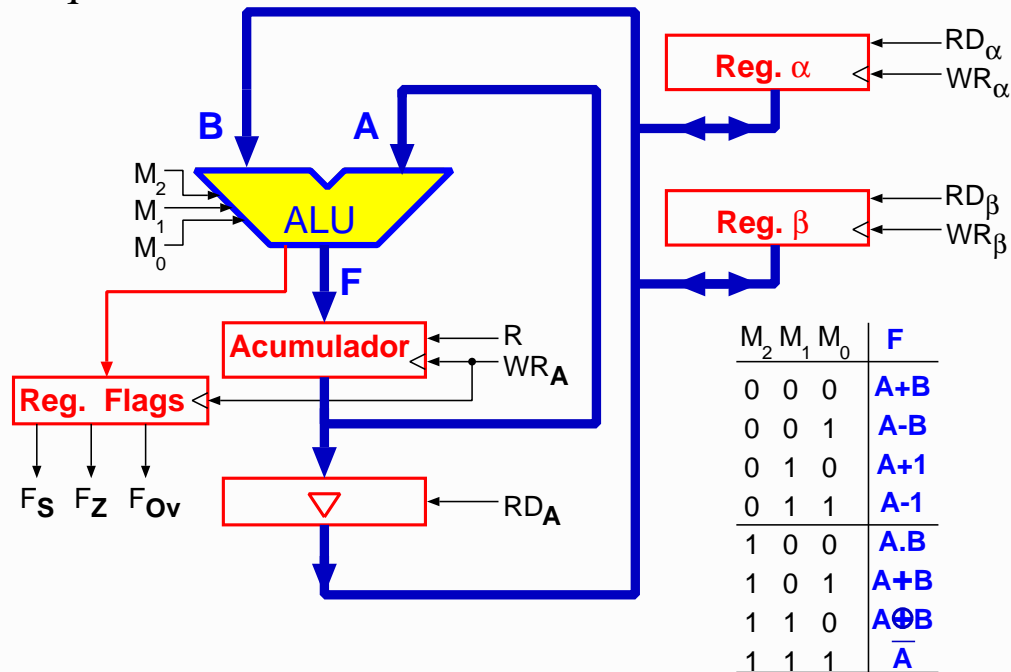
# Controladores Digitais

Circuito



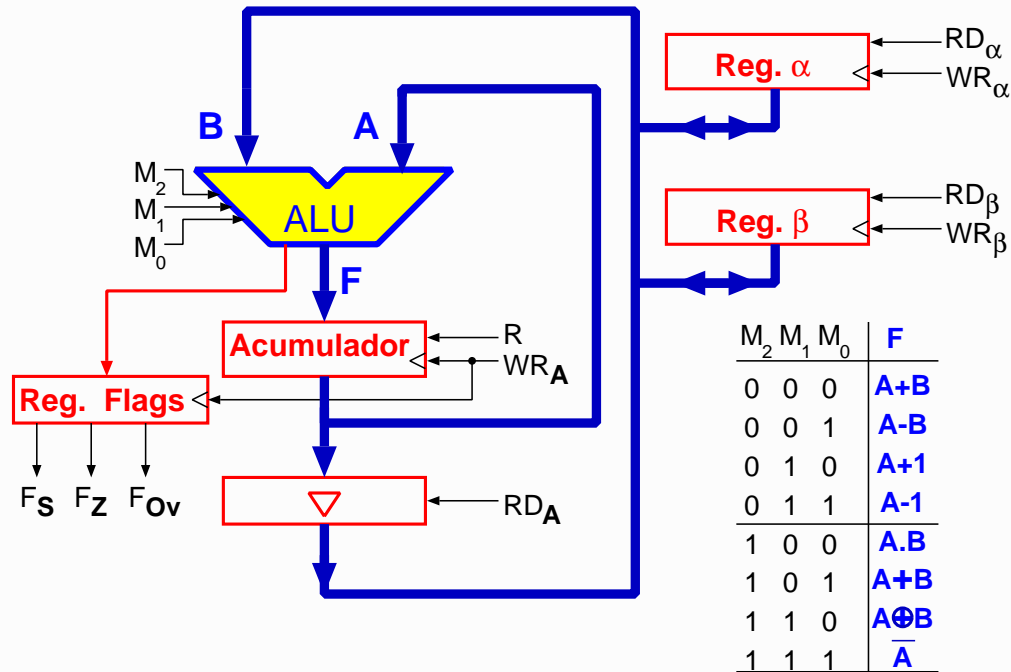
# Controladores Aritméticos

Arquitetura



# Controladores Aritméticos

## Arquitetura



F<sub>S</sub> - Flag de Sinal

(Bit mais significativo do Acumulador).

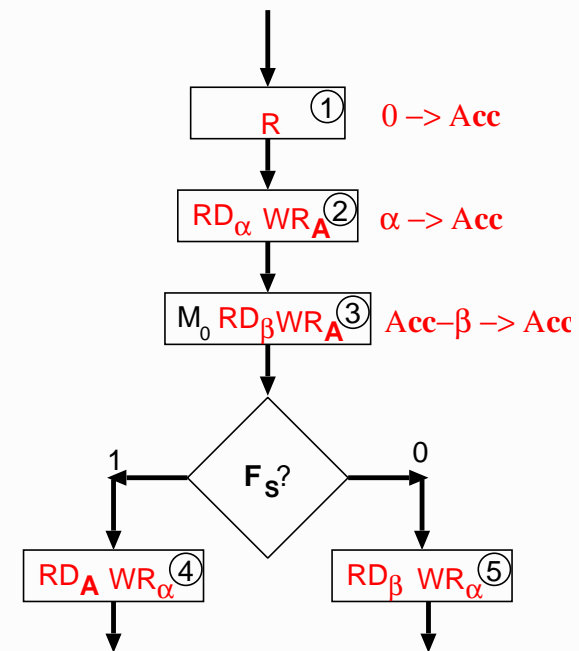
F<sub>Z</sub> - Flag de Zero ( $=\overline{F_{N-1} + \dots + F_1 + F_0}$ ).

F<sub>Ov</sub> - Flag de "Overflow" ( $=C_N \oplus C_{N-1}$ ).

N - Dimensão da palavra binária da arquitectura.

Controlador que faça a seguinte operação:

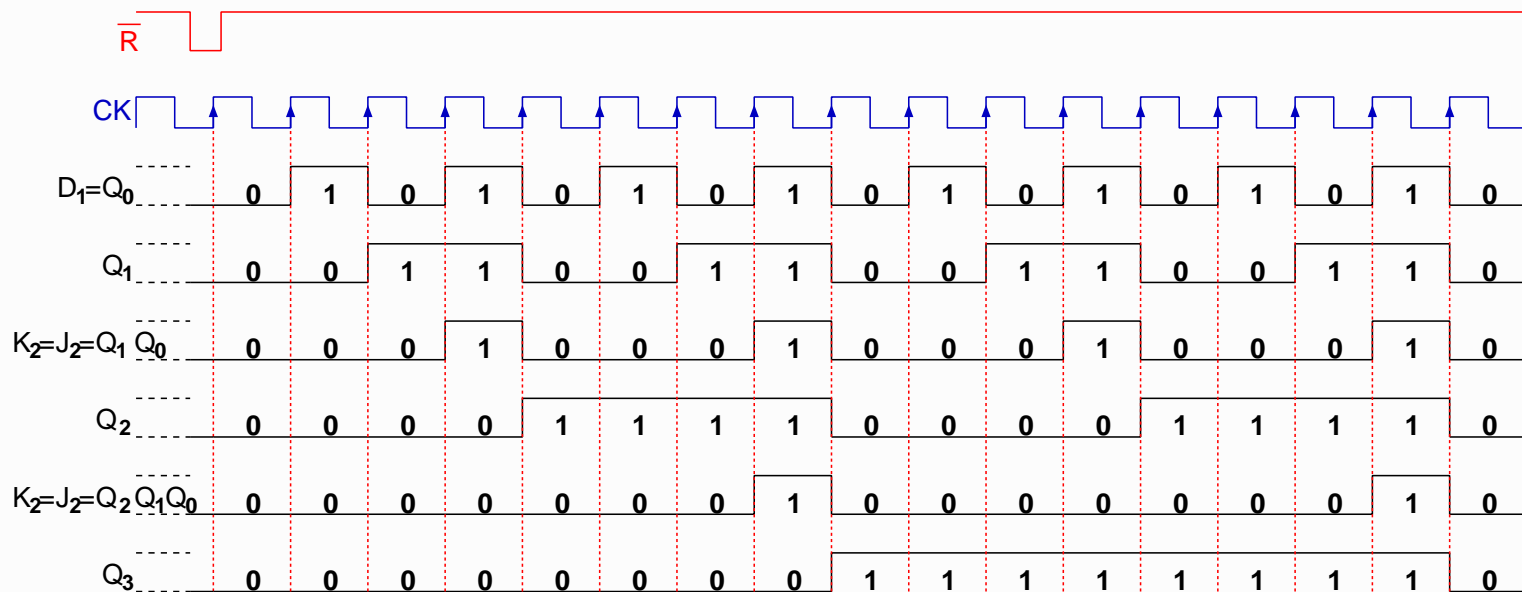
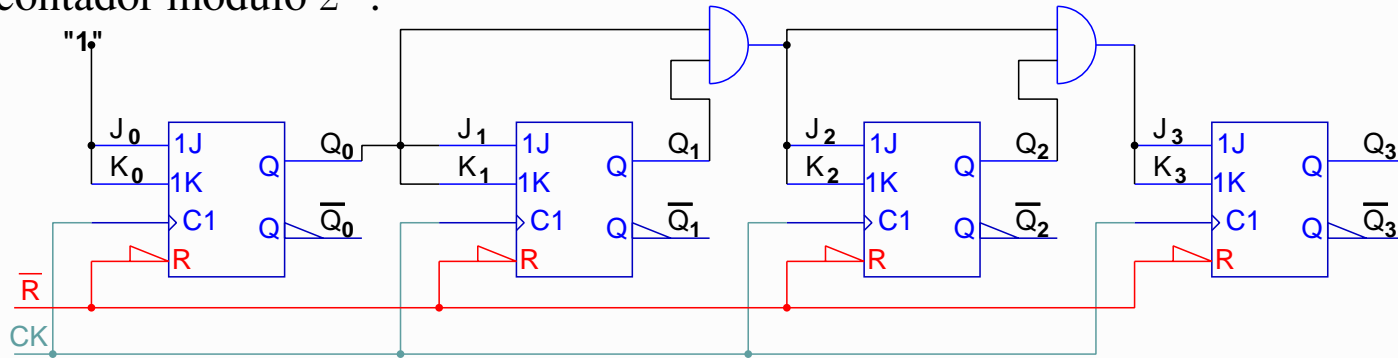
$$\alpha = \begin{cases} \beta & \text{se } \alpha \geq \beta \\ \alpha - \beta & \text{se } \alpha < \beta \end{cases}$$



## Contadores

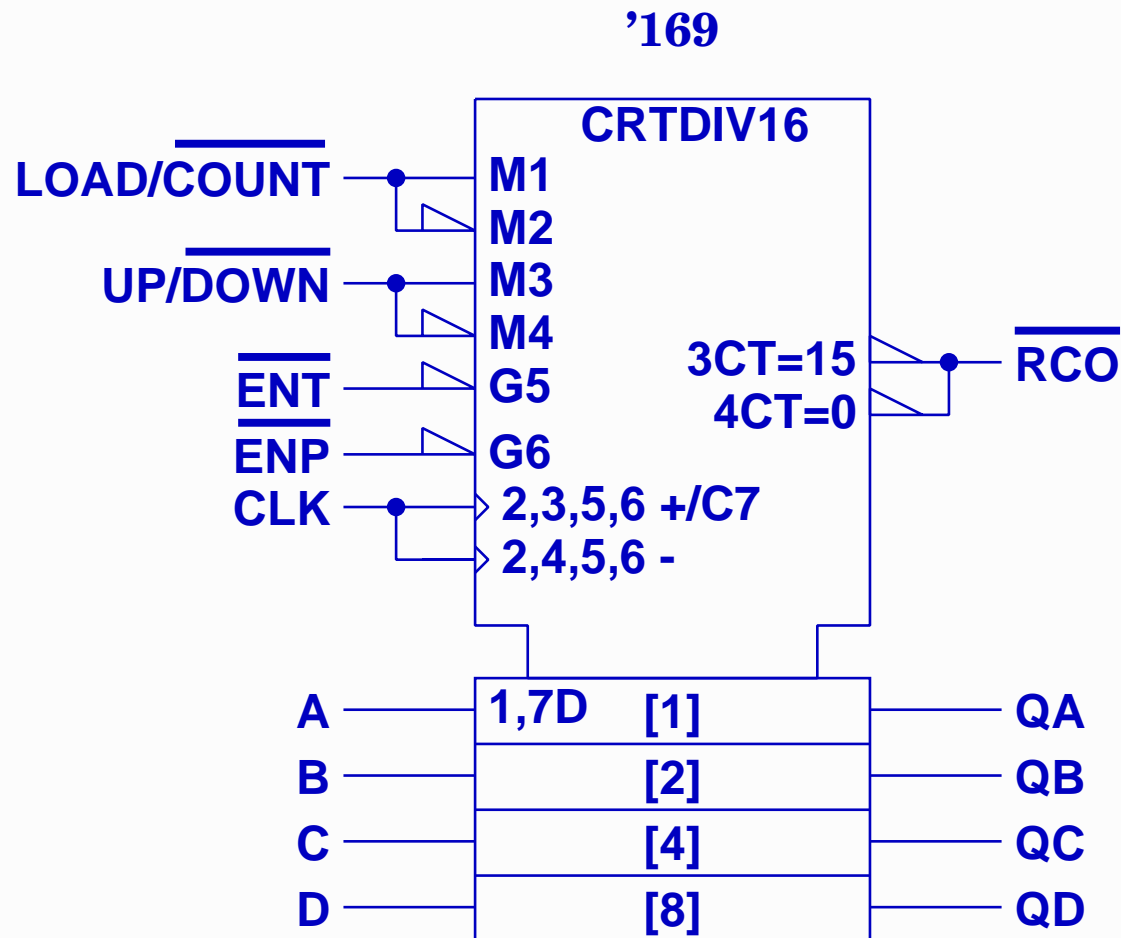
**Contadores:** Circuitos digitais sequenciais síncronos que contam o número de ciclos de relógio

Circuito contador módulo  $2^N$ :



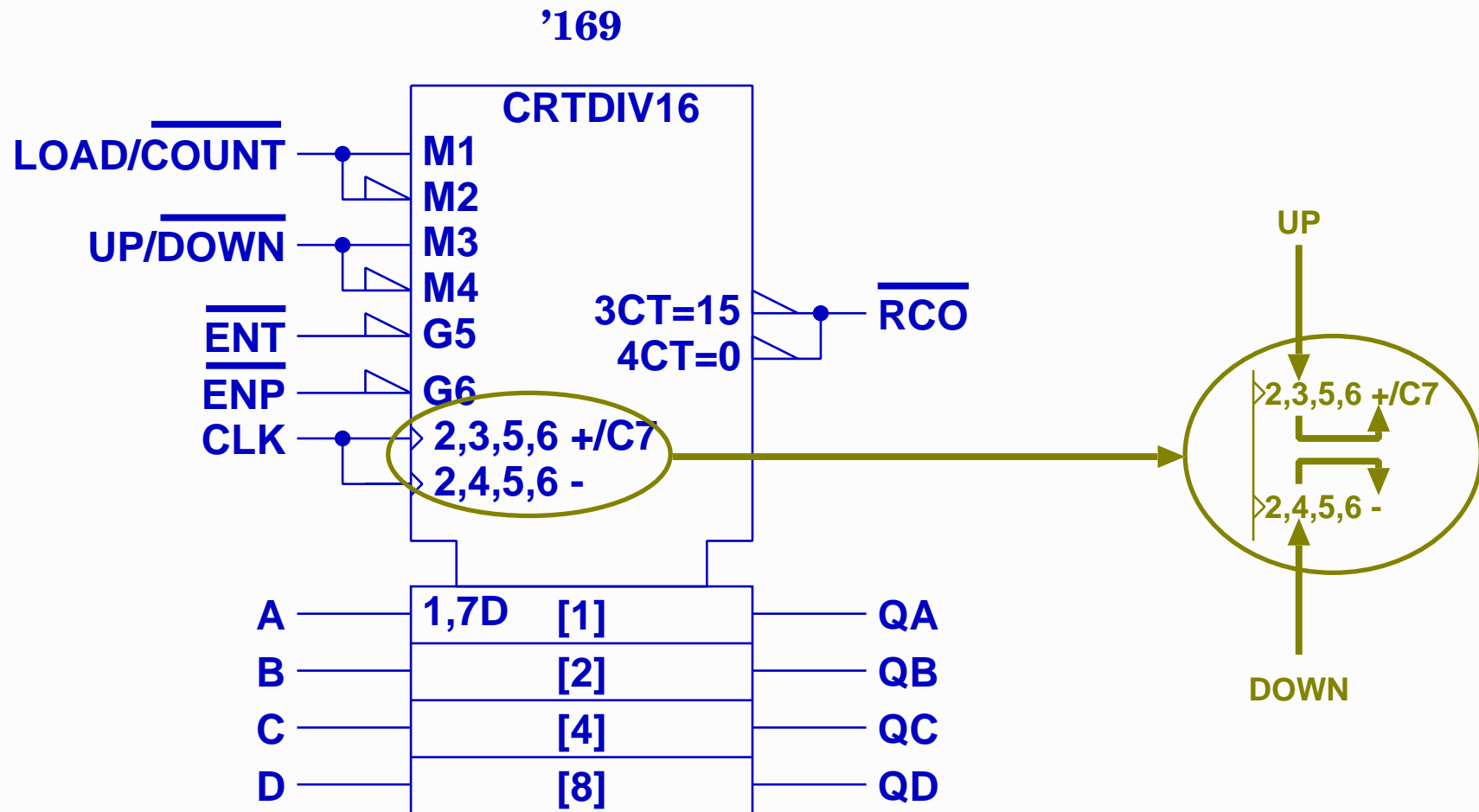
## Contadores Integrados

### Contadores Binários Módulo $2^4$ '169 Up/Down



## Contadores Integrados

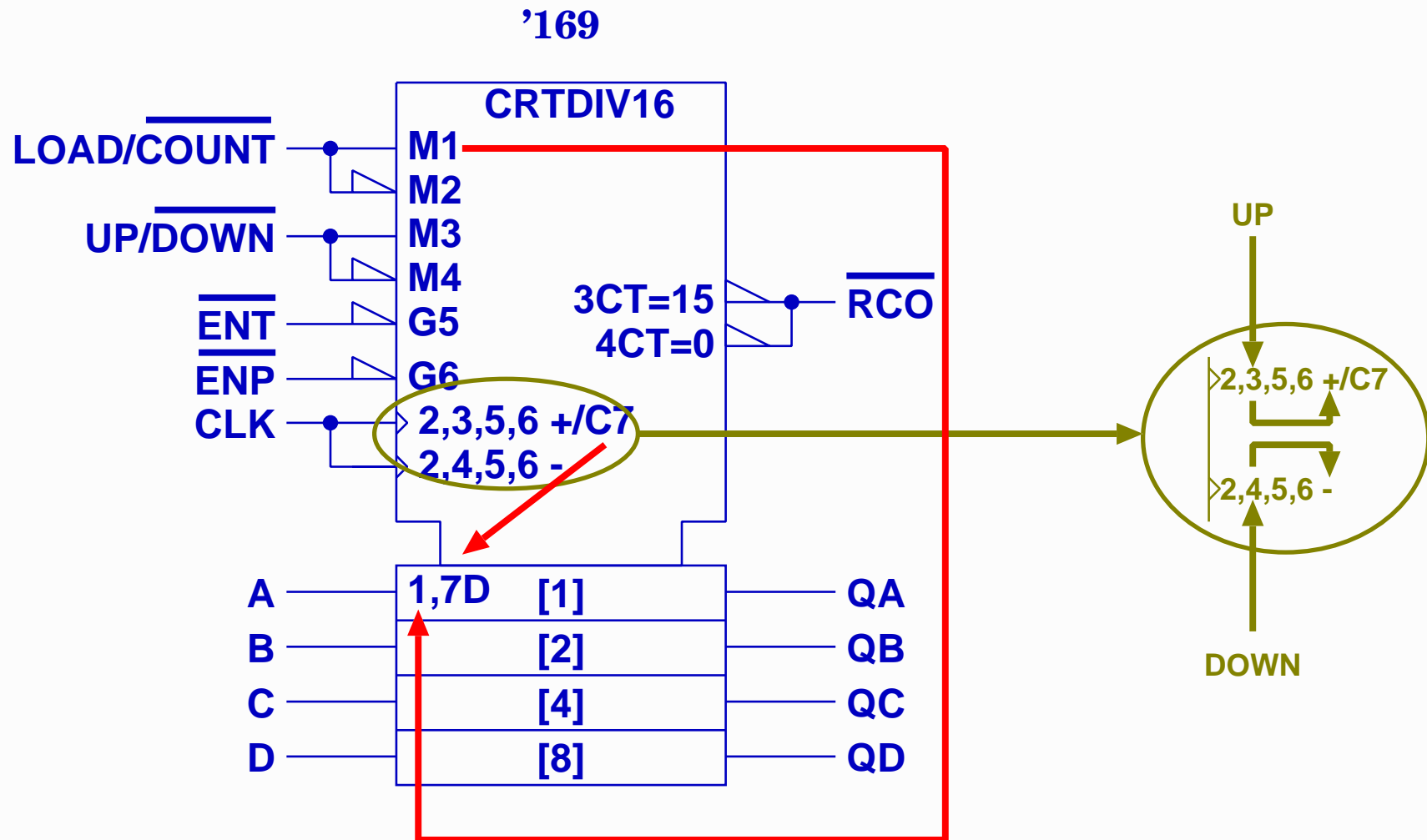
### Contadores Binários Módulo $2^4$ '169 Up/Down





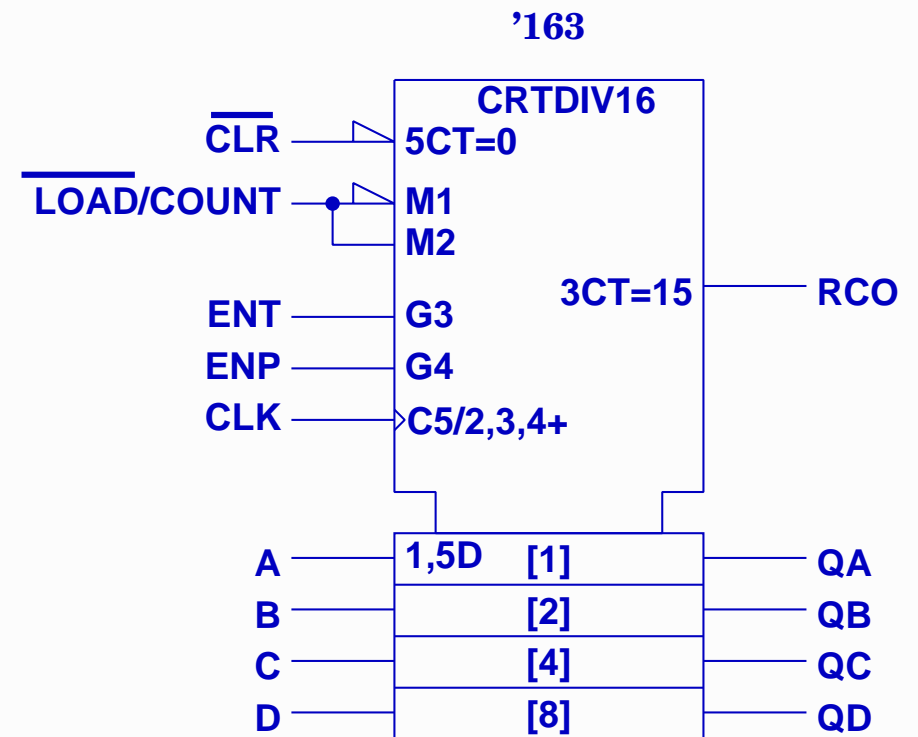
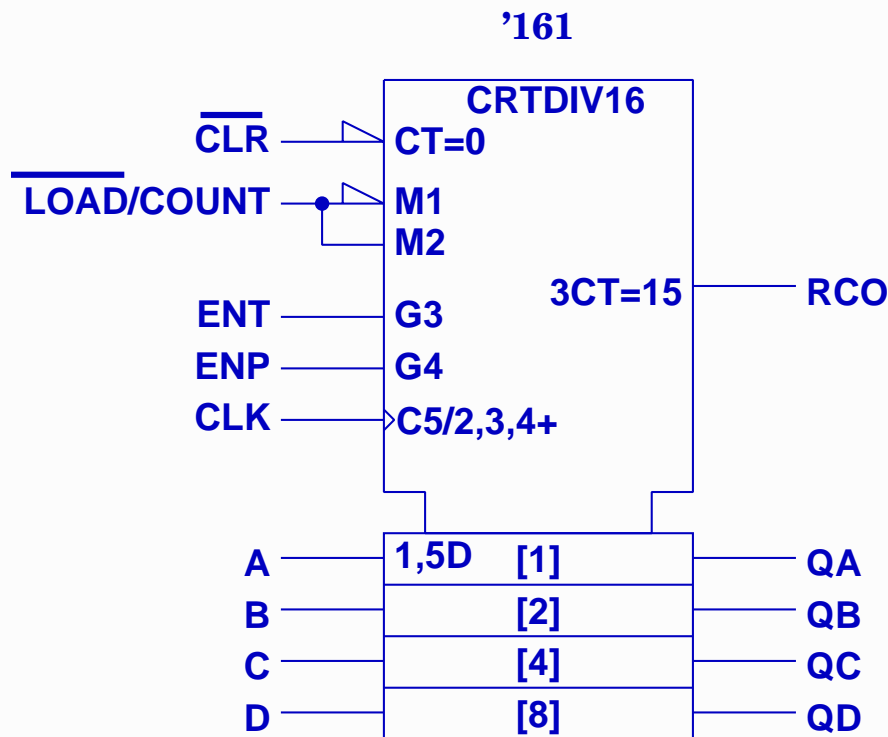
## Contadores Integrados

### Contadores Binários Módulo $2^4$ '169 Up/Down



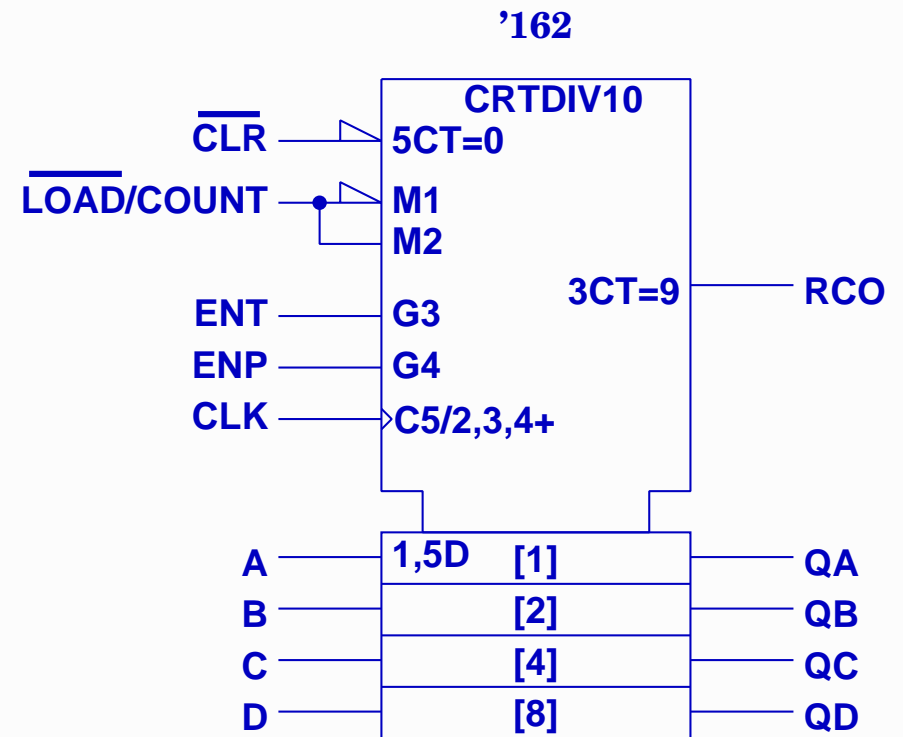
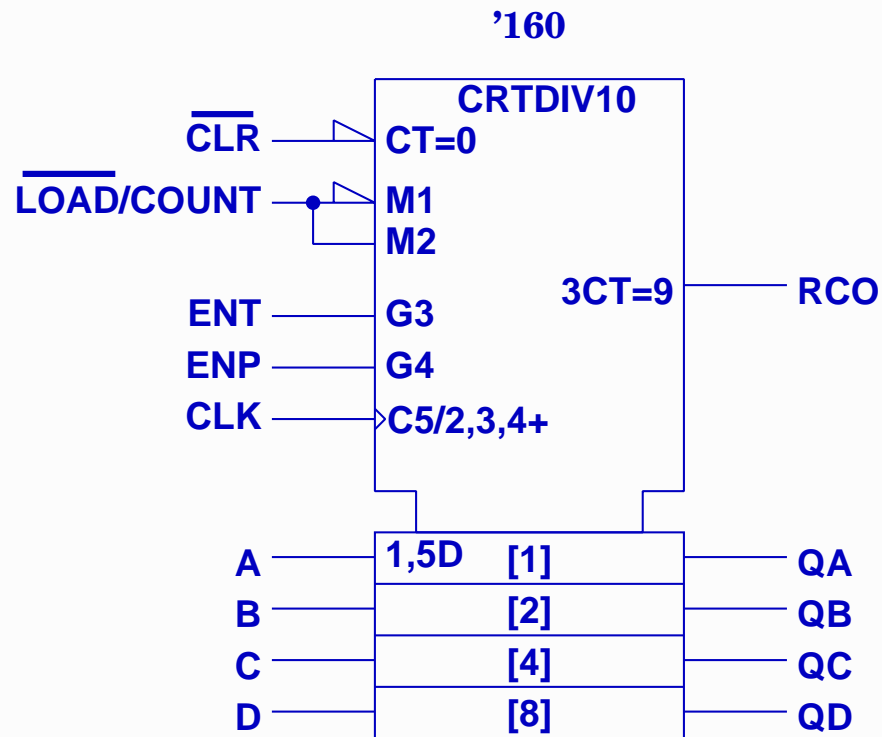
## Contadores Integrados

### Contadores Binários Módulo $2^4$



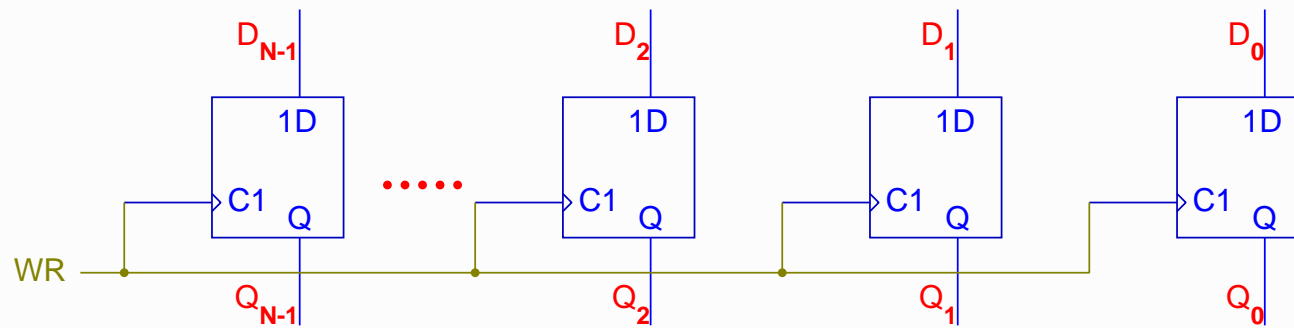
## Contadores Integrados

### Contadores Binários Módulo BCD

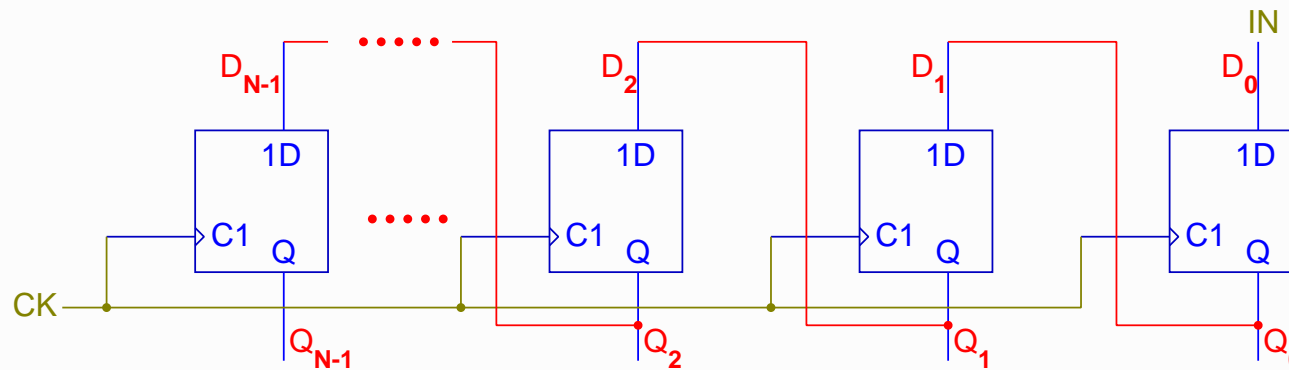


# Registos

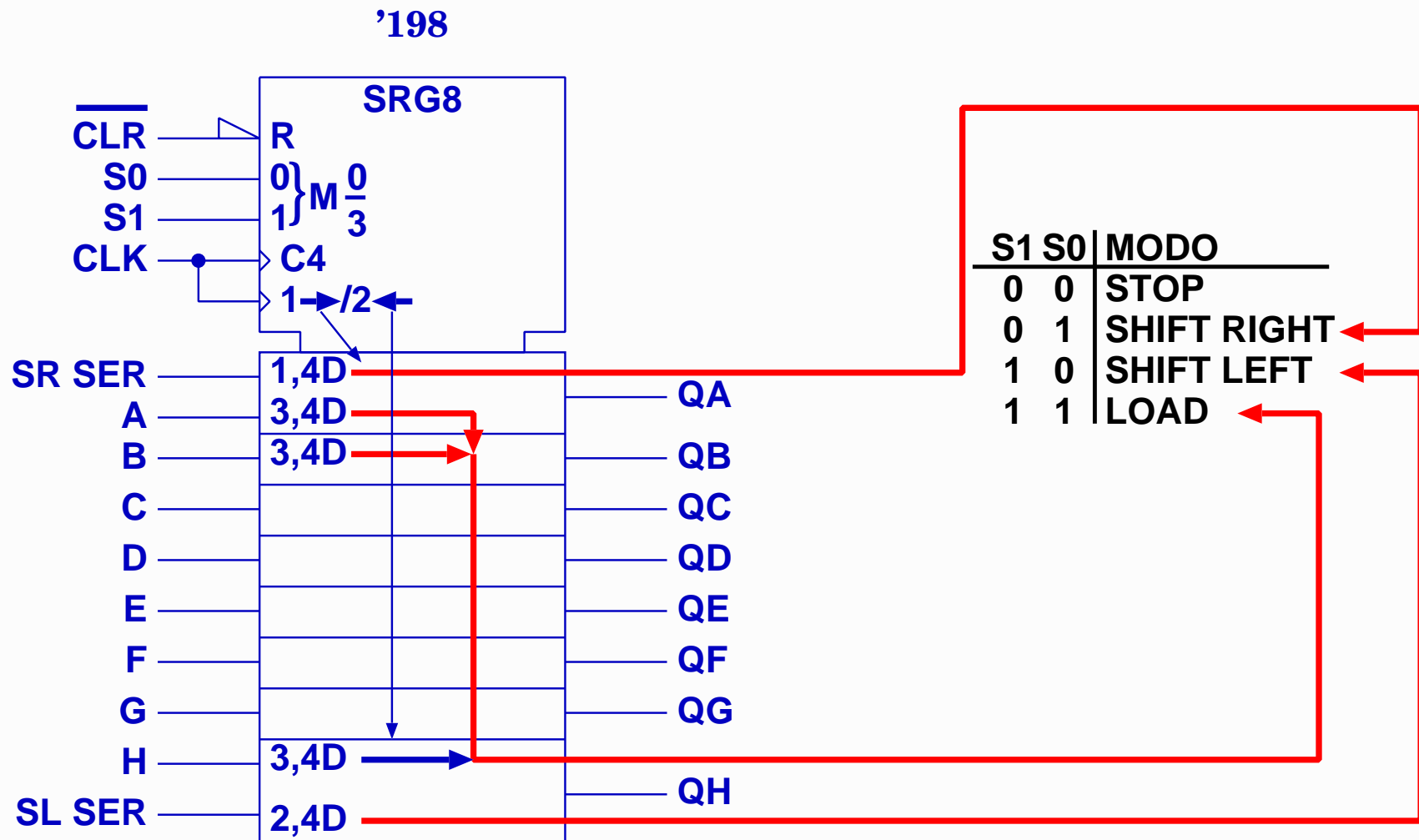
## Registo de N bits



## Registo de Deslocamento



## Registos Integrados



## Registos Integrados

