

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval

V.2.0 V.Lobo 2000

Circuitos Sequenciais

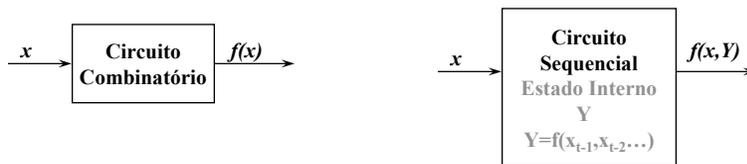
Sistemas Lógicos (3)

● Circuitos Combinatórios

- As saídas (em cada instantes) dependem UNICAMENTE das entradas (presentes nesse instante)
- Não têm memória

● Circuitos Sequenciais

- As saídas dependem das entradas e do ESTADO do circuito
- O ESTADO do circuito depende das entradas que teve em instantes anteriores
- Têm MEMÓRIA



Elemento básico de memória

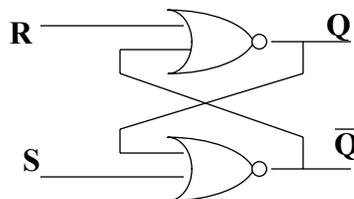
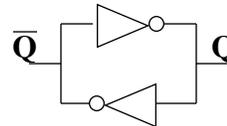
Sistemas Lógicos (3)

● Como memorizar um bit usando apenas portas lógicas ?

- Um par de negações realimentadas mantêm o estado
- Não é fácil mudar o estado memorizado

● LATCH S-R (Set-Reset)

- A entrada S (Set) força a saída a 1
- A entrada R (Reset) força a saída a 0



Posso descrever um LATCH SR através de uma tabela de verdade ?

2

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Descrição de circuitos sequenciais

Sistemas Lógicos (3)

• Tabelas de verdade

- O estado anterior conta como mais uma entrada
- Pode-se abreviar a tabela de verdade, especificando a saída como função das entradas.

S	R	Q	$Q_{(t+1)}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	x
1	1	1	x

S	R	$Q_{(t+1)}$
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	x

S,R	00	01	11	10
Q				
0	0	0	x	1
1	1	0	x	1

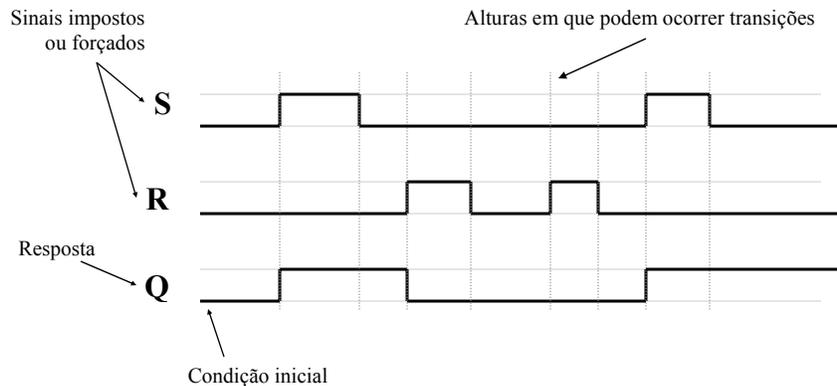
3

Descrição de circuitos sequenciais

Sistemas Lógicos (3)

• Diagramas temporais

- *Mostram o comportamento no tempo dos circuitos, quando pomos à entrada um determinado sinal*
- *Não definem completamente o circuito (são só a representação de uma situação possível)*



4

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval

V.2.0 V.Lobo 2000

Descrição de circuitos sequenciais

Sistemas Lógicos (3)

● Circuitos Assíncronos

- Assim que as entradas mudam, as saídas podem mudar
- Podem ter reacções muito rápidas, mas são (hoje) pouco usados por serem difíceis de projectar e sofrerem problemas com ruído e "corridas"

→ Futuro promissor: vidé Proceedings of the IEEE, February 1999

● Circuitos Síncronos

- Há um sinal de sincronismo (chamado CLOCK) que regula todas as transições
- SÓ há transições nos FLANCOS DO CLOCK.
- Nos diagramas temporais, basta analisar o que acontece nos flancos do CLK.
- O ESTADO SEGUINTE é função apenas das entradas presentes ANTES do flanco do CLK !
- Após um flanco de CLK, em que potencialmente há uma série de sinais a mudar, há um período de "relaxação" em que os sinais estabilizam antes de vir o CLK seguinte.
- São os mais usado hoje em dia

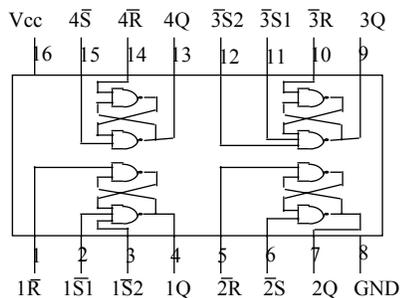
5

Latches RS

Sistemas Lógicos (3)

● Na família TTL

- 74279

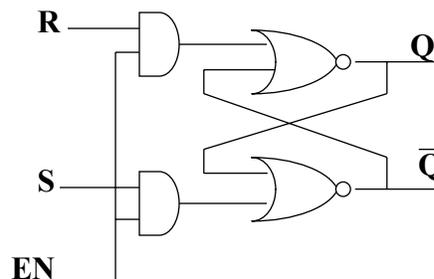


74279

Nota: Todas as entradas são activas a 0

● GATED LATCH

- Tem um sinal de ENABLE
- Quando o ENABLE é 0, mantém o estado anterior. Quando é 1, reage às entradas S e R.



6

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

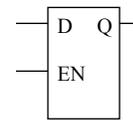
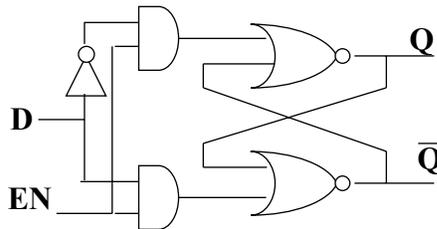
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

LATCH tipo D

Sistemas Lógicos (3)

- Tem apenas uma entrada D (de Delay), e um sinal de Enable.
- É o elemento básico de memória
 - A saída está sempre disponível
 - EN=1 \Rightarrow Guarda o que estiver na entrada
 - EN=0 \Rightarrow Mantém o que tinha guardado anteriormente

Este circuito é síncrono ?



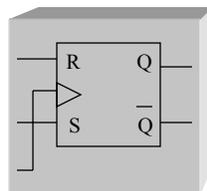
74373 tem 8 Latches

7

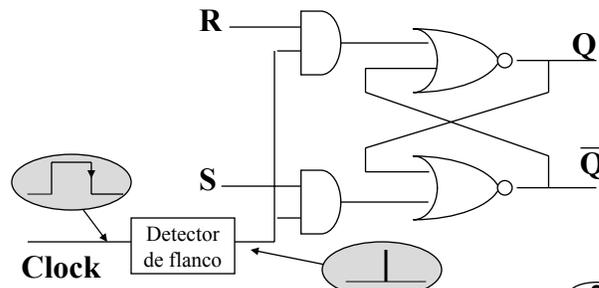
FLIP-FLOPs

Sistemas Lógicos (3)

- FLIP-FLOP
 - Só muda as saídas quando vem um flanco de CLOCK
 - Mudam as saídas só NUM DOS FLANCOS de clock (ou são Flip-flops de flanco ASCENDENTE, ou Flip-flops de flanco DESCENDENTE)
- FLIP-FLOP EDGE TRIGGERED
 - São sensíveis às entradas que têm no momento em que vem o CLK
 - A "Janela de sensibilidade" é muito estreita



Significa Edge-Triggered



8

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval

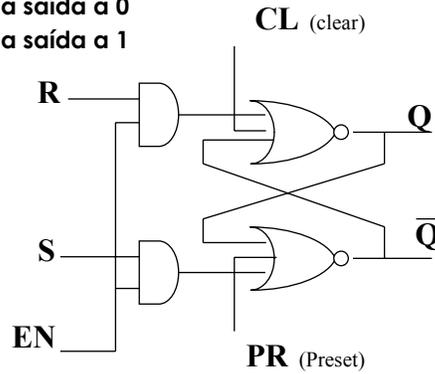
V.2.0 V.Lobo 2000

Flip-Flop Edge-Triggered

Sistemas Lógicos (3)

- Um flip-flop pode ter *ENTRADAS ASSÍNCRONAS*, que actuam independentes do CLK

- CLEAR - força a saída a 0
- PRESET - força a saída a 1



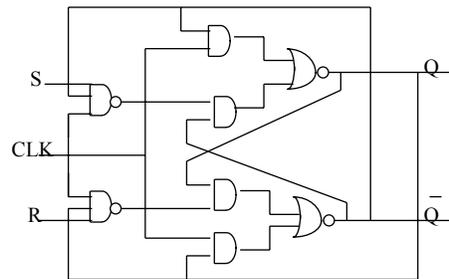
- São usadas normalmente para fazer **RESETS** ou **impôr condições especiais** (por exemplo, estados iniciais)

9

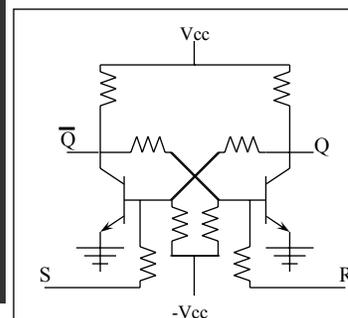
Outras implementações

Sistemas Lógicos (3)

Uma montagem alternativa para a implementação um circuito Edge-Triggered



- O modo concreto de implementar um circuito pode variar...



Implementação física de um **LATCH RS** (usando apenas 2 transistores)

10

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

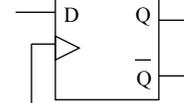
Tipos de entradas : D,RS,JK,T

Sistemas Lógicos (3)

- **Flip-flops TIPO D (delay)**

- Memorizam e atrasam a entrada

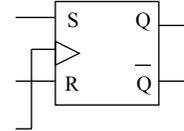
D	Q
0	0
1	1



- **Flip-flops TIPO RS (Set-Reset)**

- São "ligados" e "desligados" por S e R

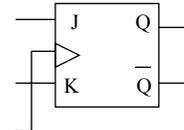
S	R	Q
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	?



- **Flip-Flops TIPO JK**

- Quase iguais aos RS, mas resolvem a ambiguidade de R=S=1, fazendo neste caso um *TOGGLE* (invertendo o estado anterior)
- O J faz Set, e o K faz Reset
- Os mais usados na prática

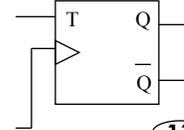
J	K	Q
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	Q



- **Flip-Flops TIPO T (Toggle)**

- Invertem o estado quando a entrada é 1

T	Q
0	Q
1	Q

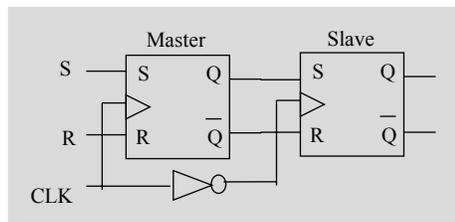


11

FLIP-FLOP Master-Slave

Sistemas Lógicos (3)

- Memoriza o que acontece quando o CLK está activo, mas só produz efeitos quando vem o flanco
- Tem uma concepção mais simples que os Edge-Triggered
- É composto por dois LATCHES em cadeia
 - Quando um está "transparente", o outro está "fechado"
 - Nunca há um caminho directo entre a entrada e saída
 - O Primeiro (Mestre) está ligado à entrada, e fornece dados ao Segundo (o Escravo)
- Tem "1's catching"
 - "Apanha" os picos



12

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Problemas simples

Sistemas Lógicos (3)

- Num automóvel, um dos pisca-piscas tem uma frequência de 2Hz. Pretende-se diminuir essa frequência para 0,5Hz. Projecte o circuito diminui a frequência do pisca-pisca.
- Pretende-se desenhar um alarme contra ladrões, que tenha uns sensores (por hipótese uns feixes de laser infra-vermelho) que enviam um sinal 1 quando não está ninguém presente, e 0 quando está (quando está alguém presente o feixe é interrompido). Existem 4 desses sensores, e quando qualquer um deles é activado, o alarme deverá começar a tocar. O alarme só deverá parar quando alguém premir o botão de "reset" que se encontra na sua caixa. Projecte este sistema.
- Desenhe um sistema para actuar sobre semáforos que põe o semáforo encarnado quando recebe um 1 e verde quando recebe um 0. Nas transições de verde para vermelho, E VICE-VERSA, deverá 2 segundos no laranja.

13

Flip-Flops - Temporizações

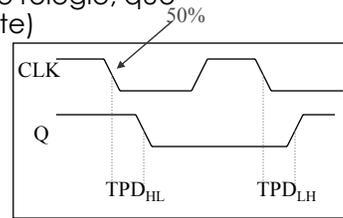
Sistemas Lógicos (3)

- Os flip-flops podem ser sensíveis ao flanco

Ascendente ou Descendente (neste caso representados com uma bola no sinal de relógio, que significa que este é negado internamente)

- Propagation Delay

- Tempo entre o clock e a reacção do integrado
- Pode ser diferente para transições H-L ou L-H



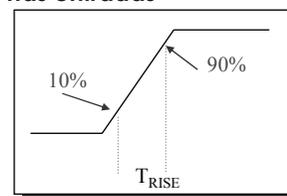
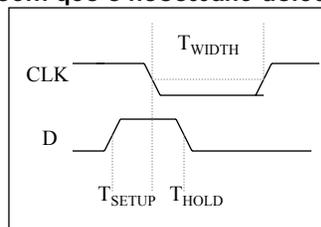
- Set-Up Time

- Antecedência com que é necessário actuar nas entradas

- Hold Time

- Rise Time

- Pulse Width



14

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Temporizadores

Sistemas Lógicos (3)

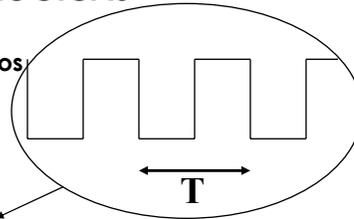
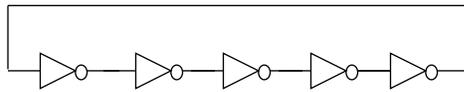
- **Geradores de Clock ou Multivibradores Astáveis**

- Geram ondas quadradas com uma dada frequência

- **Implementação com PORTAS LÓGICAS**

- Frequências muito altas

- Muito pouco fiáveis, pois os tempos de atraso podem variar muito



$$T \cong 2 \times n \times t_{pd}$$
$$f \cong 1 / (2 \times n \times t_{pd})$$

$$\text{Frequência} = \frac{1}{\text{Período}}$$

5 gates com $t_{pd} = 9\text{ns} \Rightarrow f = 11\text{MHz}$

15

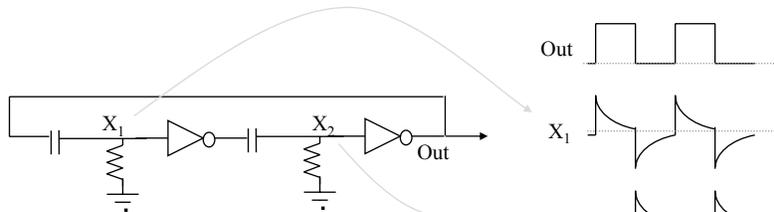
Temporizadores

Sistemas Lógicos (3)

- **Com Circuitos RC e portas lógicas**

- Facilmente ajustáveis

- Pouco precisos (dependentes das tolerâncias das resistências e condensadores)



$$f = k \frac{1}{2RC}$$

- **Com Cristais**

- Muito precisos

- Só para frequências razoavelmente altas

- Normalmente usam-se integrados dedicados para gerar o clock a partir de um cristal de quartzo

16

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

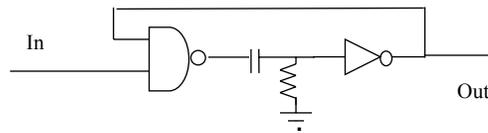
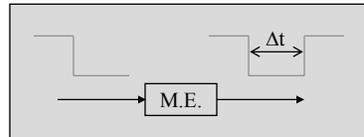
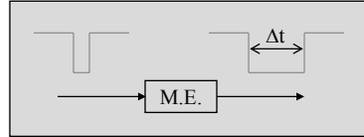
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Temporizadores Monoestáveis

Sistemas Lógicos (3)

• Mono-estáveis

- Também chamados “one-shot”
- Geram pulsos de largura fixa
- Podem ser usados para
 - Gerar atrasos fixos
 - “Rectificar” picos



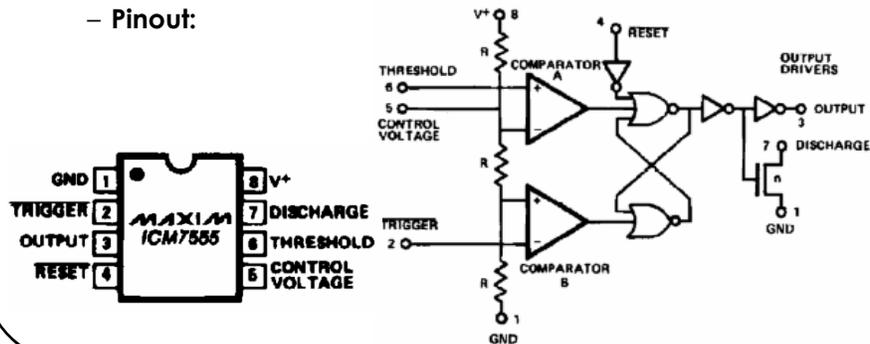
17

Integrados para temporizadores dedicados

Sistemas Lógicos (3)

• 555

- Integrado muito flexível para circuitos temporizadores
- Pode ser usado como monoestável ou gerador de clock
- O “duty-cycle” pode ser regulado
- É muito usado, e há bastantes “ clones”.
- Esquema:
- Pinout:



18

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

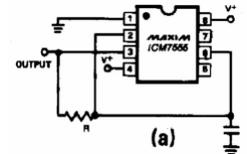
Integrados para temporizadores dedicados

Sistemas Lógicos (3)

• Montagens típicas de 555

A) Clock com duty-cycle de 50%

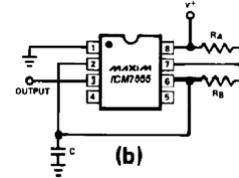
$$f = 1 / (1,4 RC)$$



B) Clock com duty-cycle variável

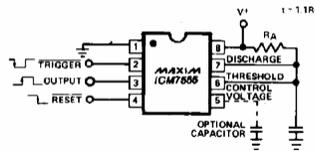
$$f = 1,46 / ((Ra + 2Rb) C)$$

$$d = Rb / (Ra + 2Rb)$$



C) Monoestável

$$T_{pulso} = 1,1 RC$$



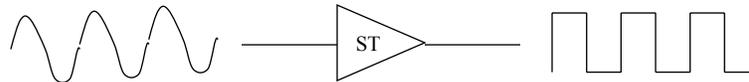
19

Schmitt-Triggers

Sistemas Lógicos (3)

• Podem receber sinais analógicos à entrada

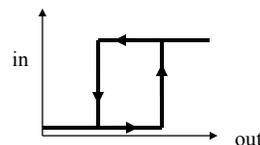
- Convertem sinais analógicos em sinais digitais com 2 níveis apenas
- São usados para regenerar sinais digitais



• Têm um ciclo de histerese

- Para passar de 0 para 1 é necessário que a entrada vá francamente a 1, mas para voltar a 0 tem que ir francamente a 0.
- São imunes a ruído de "cross-over"

Que tipos de problemas podem ser resolvidos com estes circuitos ?



20

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

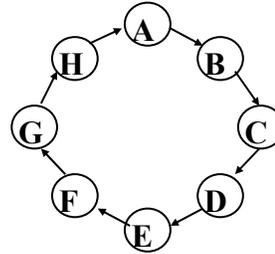
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Contadores

Sistemas Lógicos (3)

• O que é um contador ?

- É um sistema que passa ciclicamente por uma série de estados
- Exemplos de sequências:
 - 0,1,2,3,,0,1,2,3,0,1,2,3...
 - 9,7,5,3,1,9,7,5,3...
- Contador de binário natural
 - Corresponde ao nosso conceito "intuitivo de contador"
 - Conta 0,1,2,3...(2ⁿ-1)
- Contador em anel
 - Conta 100,010,001...100,010....



• Módulo de um contador

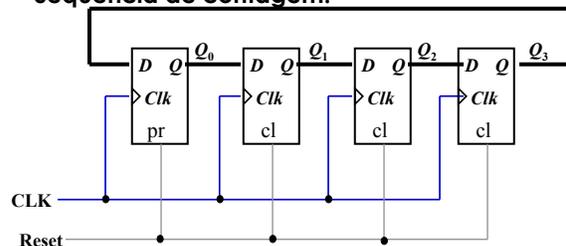
- Nº de estados que atravessa antes de voltar ao inicial

21

Contador em Anel

Sistemas Lógicos (3)

- N flip-flops, dos quais um está a 1 e os outros a 0
- O flip-flop activo passa o seu 1 ao flip-flop seguinte
 - É um *shift-register* com a saída ligada à entrada
- N flip-flops ⇒ N estados diferentes
- Exemplo de um contador em anel de 4 bits
 - Sequência de contagem:



1000
0100
0010
0001
1000
0100
.
.
.

reset ↻

22

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Contador Johnson

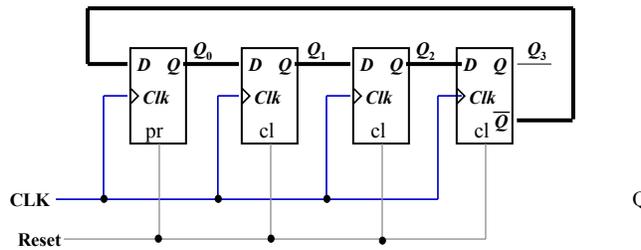
Sistemas Lógicos (3)

- Parecido com o contador em anel, mas realimenta-se a negação do último bit (em vez de realimentar o último bit)

- N flip-flops $\Rightarrow 2N$ estados diferentes

- Exemplo de um contador Johnson de 4 bits

– Sequência de contagem:



reset
1000
1100
1110
1111
0111
0011
0001
0000
1000
1100
•
•

23

Contador Binário Síncrono (mód 2^n)

Sistemas Lógicos (3)

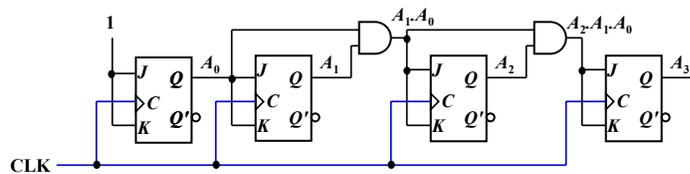
- Conta em binário natural

- O bit menos significativo faz sempre toggle
- O bit mais significativo só faz toggle se todos os menos significativos forem 1

- N flip-flops $\Rightarrow 2^N$ estados diferentes

- Exemplo de um contador binário síncrono de 4 b

– Sequência de contagem:



$A_3A_2A_1A_0$
0000
0001
0010
0011
0100
0101
0110
0111
1000
1001
1010
1011
1100
1101
1110
1111
0000
0001
•

24

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval

V.2.0 V.Lobo 2000

Contador Binário Assíncrono (ripple-mód 2^n)

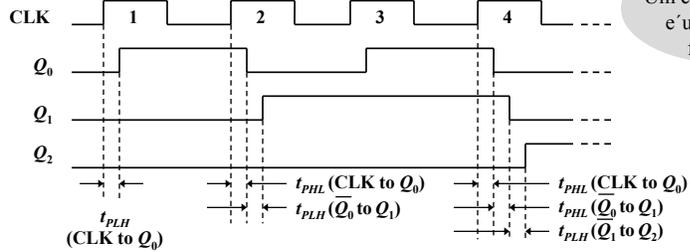
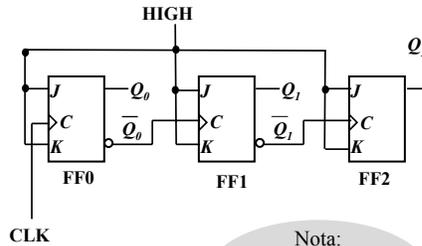
Sistemas Lógicos (3)

- O clock não é comum a todos os FF

- A saída de um FF serve de clock ao FF seguinte
- Há ligeiros atrasos na mudanças dos diversos bits

- São mais fáceis de construir

- Não necessitam de gates externas



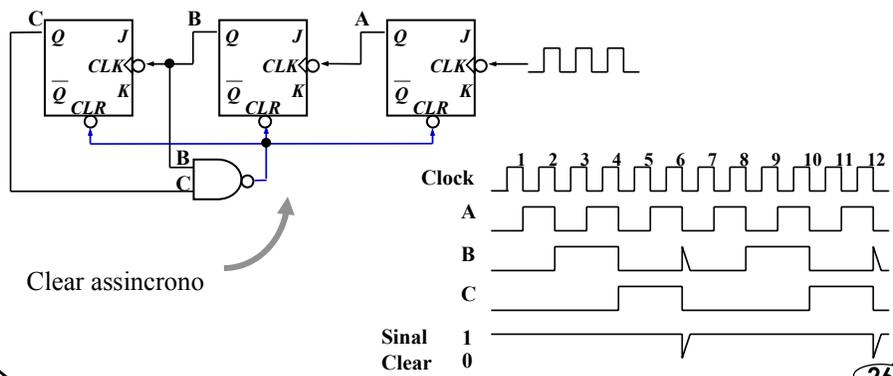
Nota:
Um contador binário é um divisor de frequência

Contadores binários de módulo arbitrário

Sistemas Lógicos (3)

- Ideia chave → Fazer reset ao contador para voltar o inicio

- Detectar o primeiro estado "não desejado", e fazer um clear assíncrono
- Gates AND
- O estado "não desejado" existe duante um curto espaço de tempo



Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

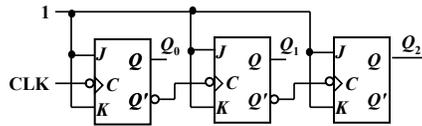
Contadores UP/DOWN

Sistemas Lógicos (3)

● Contador para baixo (DOWN)

- Basta usar NOT(Q) em vez de Q

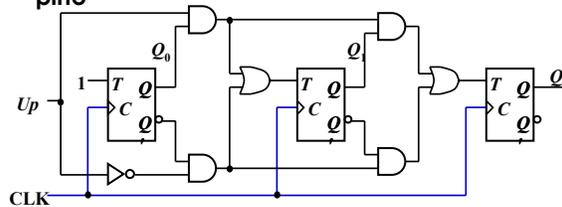
Contador DOWN de 3 bits, assíncrono



111
110
101
100
011
010
001
000
111
110
101
100
011

● Contadores UP/DOWN

- Podem contar para cima (0,1,2...) ou para baixo (9,8,7...)
- A função (UP ou DOWN) é normalmente controlada por um pino



Contador UP/DOWN de 3 bits, síncrono

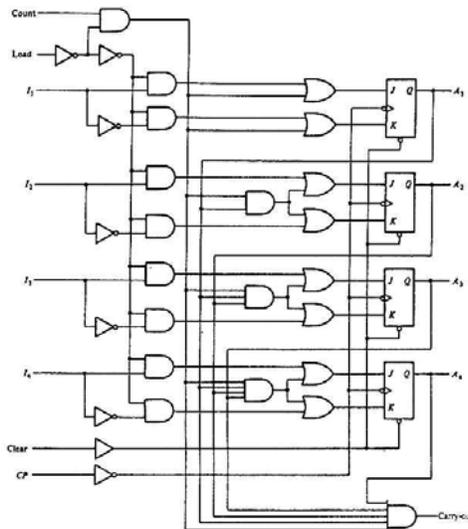
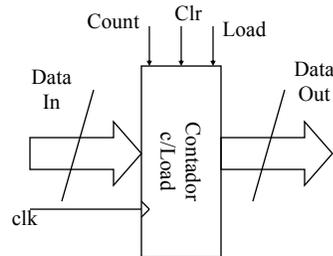
27

Contadores com carregamento paralelo

Sistemas Lógicos (3)

● Contadores com carregamento paralelo

- Em vez de ter um reset a forçar o estado 0, podem ser inicializados (ou seja, carregados em paralelo) com qualquer valor



28

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

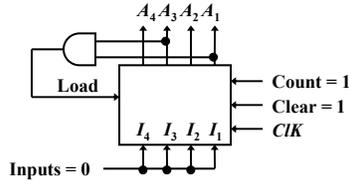
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval

V.2.0 V.Lobo 2000

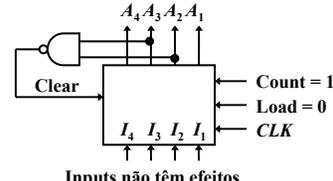
Um exemplo de um contador mód 6

Sistemas Lógicos (3)

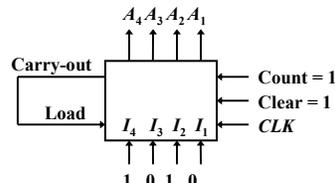
- 4 maneiras diferentes de o construir um contador mód 6 com um contador binário mód 16 com “parallel load” (síncrono) e clear assíncrono



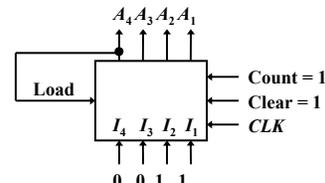
(a) Estados 0,1,2,3,4,5.



(b) Estados 0,1,2,3,4,5.



(c) Estados 10,11,12,13,14,15.



(d) Estados 3,4,5,6,7,8.

29

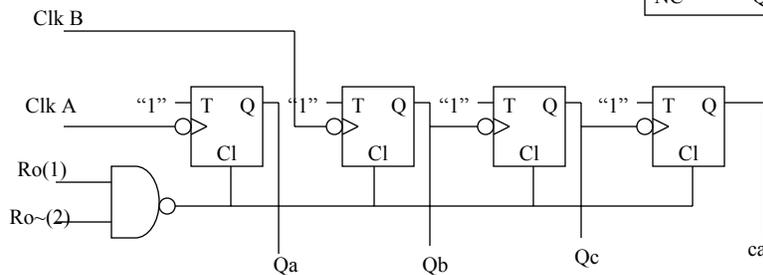
Contadores - Integrados disponíveis

Sistemas Lógicos (3)

- 7493
 - Contador binário assíncrono (ripple-counter) de 4 bits
 - 1ºbit é independente dos outros
 - Tem de ser ligado externamente

7493

Clk B	Clk A
R0(1)	NC
R0(2)	Qa
NC	Qd
VCC	GND
NC	Qb
NC	Qc



30

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Contadores - Integrados disponíveis

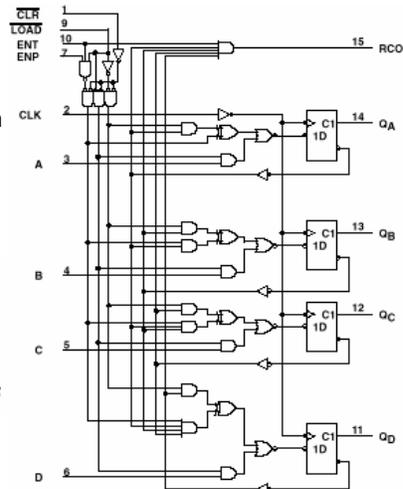
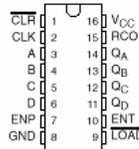
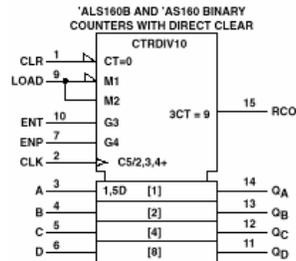
Sistemas Lógicos (3)

- **74163**

- Contador binário síncrono de 4 bits, com pre-load e enable

- **Outros**

- 74160 - Contador BCD síncrono
- 74190 - Contador BCD up/down síncrono com LOAD



31

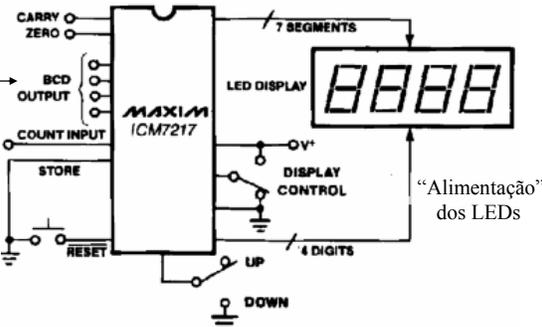
Contadores - Integrados mais complexos

Sistemas Lógicos (3)

- **Maxim 7217**

- Contador up/down de 4 dígitos decimais
- Saídas directas para 4 displays de 7 segmentos (anodo ou cátodo, freq. variável)
- Valor de início e fim de contagem programável
- Saída carry para ligar em cascata
- Permite circuitos muito compactos

Saída em BCD dos dados que vão para o display (Serve também como entradas quando se está a programar os valores iniciais/finais)



32

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

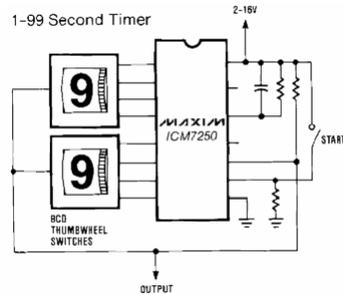
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Contadores - Integrados mais complexos

Sistemas Lógicos (3)

● 7250

- Temporizador programável digitalmente de 0-99
- Unidade de atraso definida um circuito RC
- Pode gerar temporizações desde microsegundos até dias



Exercícios sobre contadores

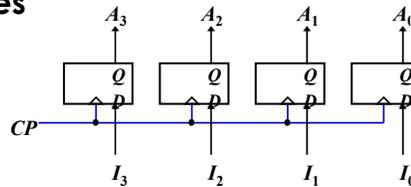
Por uma questão de segurança, pretende-se impedir que entrem mais que 230 pessoas nos cacilheiros. À entrada para o átrio há umas barras que contam as pessoas que aí passam (saída COUNT), e que podem ser bloqueadas (através da entrada BLOCK). As barras deverão bloquear quando tiverem entrado 230 pessoas, e só deverão ser desbloqueadas quando o cacilheiro partir. Quando o cacilheiro partir é também necessário reinicializar o contador. Para detectar a partida, há um sensor no portão de acesso ao barco que envia um pulso a 1 quando o portão fecha. Projecte este sistema.

33

Registos

Sistemas Lógicos (3)

- Como guardar informação que ocupe mais que 1 bit ?
 - Usar um conjunto de Flip-Flops
 - É necessário dar alguma ordem a esse conjunto de Flip-flops
- Registos
 - São basicamente uma colecção de Flip-Flops
 - Diferem no modo como os bits são "carregados" para dentro dos Flip-flops, no modo como são "passados para fora", e, eventualmente no modo como os bits passam de um FF para outro
- Registo paralelo simples
 - Podem fazer operações Parallel-in/Parallel-out



34

Sistemas Lógicos

(parte 3.1)

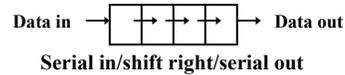
Dep.Armas e Electrónica- Escola Naval
V.2.0 V.Lobo 2000

Registo de deslocamento

Sistemas Lógicos (3)

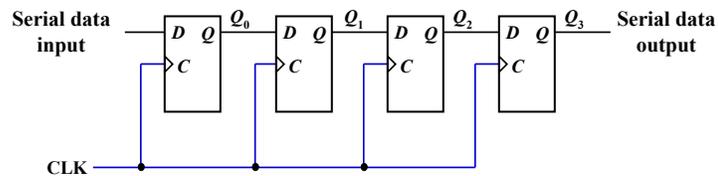
• Registo de deslocamento (*shift-registers*)

- São malhas de atraso
- Têm uma entrada Serial-in e uma saída Serial out
- Os dados internos são normalmente acessíveis
 - Pode ser usado para fazer conversões série/paralelo
- Há registos que fazem shift right ou shift left



- Exemplo de aplicação

- Contador em anel
- Detectar a sequência de morse 000111000



35

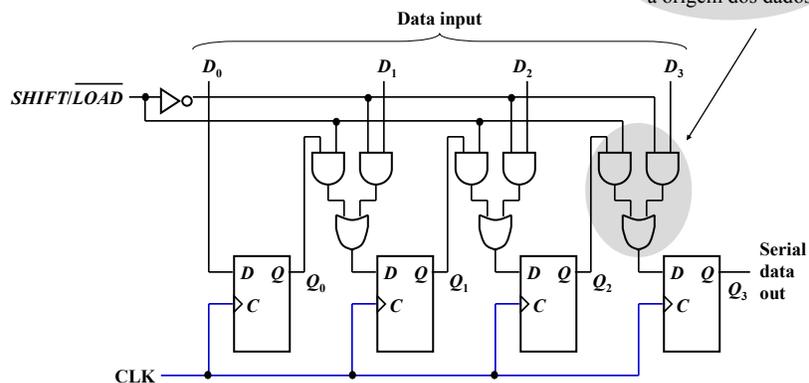
Registos multifunção

Sistemas Lógicos (3)

• Registos parallel-in/serial-out

- Conversões paralelo/série
- Tem uma entrada que selecciona a função a realizar:
 - Fazer um deslocamento (shift) dos dados
 - Carregar um novo dado

Isto é basicamente um MUX que selecciona a origem dos dados



36