

INF01058

**Circuitos Digitais**

Introdução a Máquinas Sequenciais

Aula 22a

Circuitos Digitais

### 1. Introdução

**Circuito combinacional**

- Saída = f (entradas)
- Alteração em uma entrada → Alteração na saída após atraso de propagação
- Saída não depende de valores passados das entradas, só das atuais.
- Circuito não tem memória

**Exemplos de circuitos combinacionais**

- Somadores, subtratores paralelos
- Decodificadores, multiplexadores

**Circuito seqüencial**

- Saída = f (seqüência de valores nas entradas)
- Circuito tem memória

Circuitos Digitais

### Exemplos de circuitos seqüenciais

**A) Somador serial**

- soma 4 bits em 4 tempos consecutivos: A+B

tempo 1	$A_0 + B_0$	guardar $C_1$ , mostrar $S_0$
tempo 2	$C_1 + A_1 + B_1$	guardar $C_2$ , mostrar $S_1$
tempo 3	$C_2 + A_2 + B_2$	guardar $C_3$ , mostrar $S_2$
tempo 4	$C_3 + A_3 + B_3$	mostrar $S_3$

**B) Contador até N**

seqüência de pulsos → S

saída = 0 enquanto não chegar o n-ésimo pulso  
 saída = 1 quando chegar o n-ésimo pulso  
 saída = 0 no pulso subsequente ao n-ésimo

pulsos de entrada

contar

Circuitos Digitais

### C) Detector de seqüência

Por exemplo: detectar seqüência 0110

seqüência de valores (0,1) → saída

saída = 0 no início  
 saída = 1 se últimos quatro valores foram 0110  
 saída = 0 em caso contrário

Exemplo de seqüência

t	0	1	2	3	4	5	6
valor	0	1	0	1	1	0	1
saída	0	0	0	0	1	0	0

t = tempo atual

Circuitos Digitais

### 2. Implementação de circuitos seqüenciais

entradas → estado atual → lógica combinac. → saídas

estado atual → elementos de memória → próximo estado

Estado = informação binária armazenada nos elementos de memória

**A) Somador serial**

$A_i, B_i$  → lógica combinac. →  $S_i$

$C_i$  → memória → guarda valor de  $C_i$

Circuitos Digitais

**B) Contador até N**

pulsos → lógica combinac. → saída

contagem atual → memória → guarda contagem de 0 a N

Ex: se N = 10 → 4 bits

**C) Detector de seqüência**

entrada → lógica combinac. → saída

ultima seqüência → memória → guarda seqüência dos 3 últimos valores

UFRGS .inf INSTITUTO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

### 3. Circuitos seqüenciais síncronos

- Estado do sistema só pode ser alterado em instantes discretos de tempo
- Entradas podem variar a qualquer momento, mas alteração do estado é sincronizada
- São usados elementos de memória explícitos para armazenar estado

- Sincronismo pode ser obtido por um sinal de relógio
- Relógio = trem de pulsos distribuídos regularmente no tempo
- Elementos de memória têm seu conteúdo alterado somente quando chega o pulso de sincronismo

A grande maioria dos circuitos digitais são circuitos seqüenciais síncronos.

UFRGS .inf INSTITUTO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

### Elementos de memória

- Flip-Flops - armazenam 1 bit (0 ou 1) indefinidamente, até que uma modificação seja induzida
- Estado pode exigir vários flips-flops

Saída do flip-flop não é alterada enquanto não há transição do sinal do relógio, mesmo que entrada de dados tenha variação

UFRGS .inf INSTITUTO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

### 4. Circuitos seqüenciais assíncronos

- Estado do sistema pode ser alterado a qualquer instante, "imediatamente" em resposta a uma alteração na entrada.
- Elementos de memória → dispositivos de atraso → memória devida ao tempo necessário a um sinal para propagar através do dispositivo

Na prática:

- Atraso das portas do circuito combinacional pode ser usado
- Não é necessário um dispositivo de atraso adicional
- Elementos de memória consistem de portas

UFRGS .inf INSTITUTO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

### Circuitos seqüenciais assíncronos

comportamento pode ser imprevisível em função das relações entre atrasos das portas

↓

dificuldade de projeto seguro

↓

pode-se no entanto construir sistemas

- mais rápidos
- com menor consumo de potência
- mais compactos