

**SEL 405**

# **Introdução aos Sistemas Digitais**

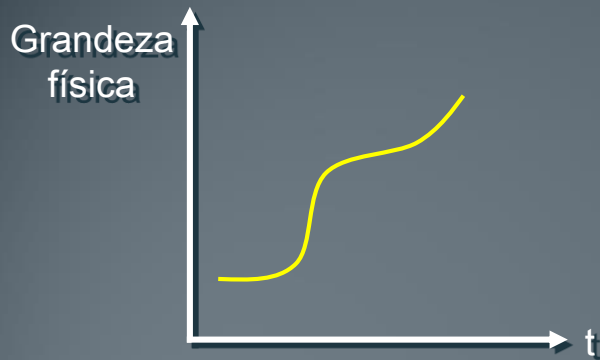
**CONVERSORES**

**D/A e A/D**

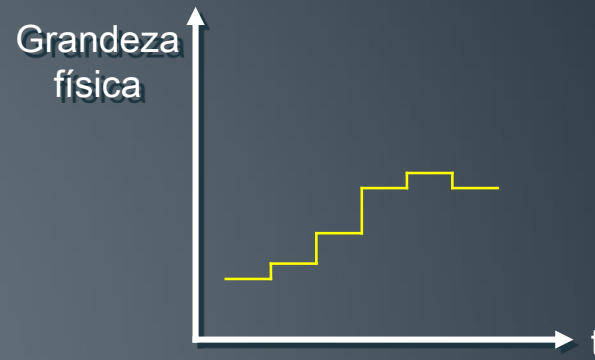
**Prof. Homero Schiabel**

# **CONVERSOR DIGITAL- ANALÓGICO**

# 1. Introdução



Variação contínua  
(ANALÓGICO)



Variação discreta  
(DIGITAL)

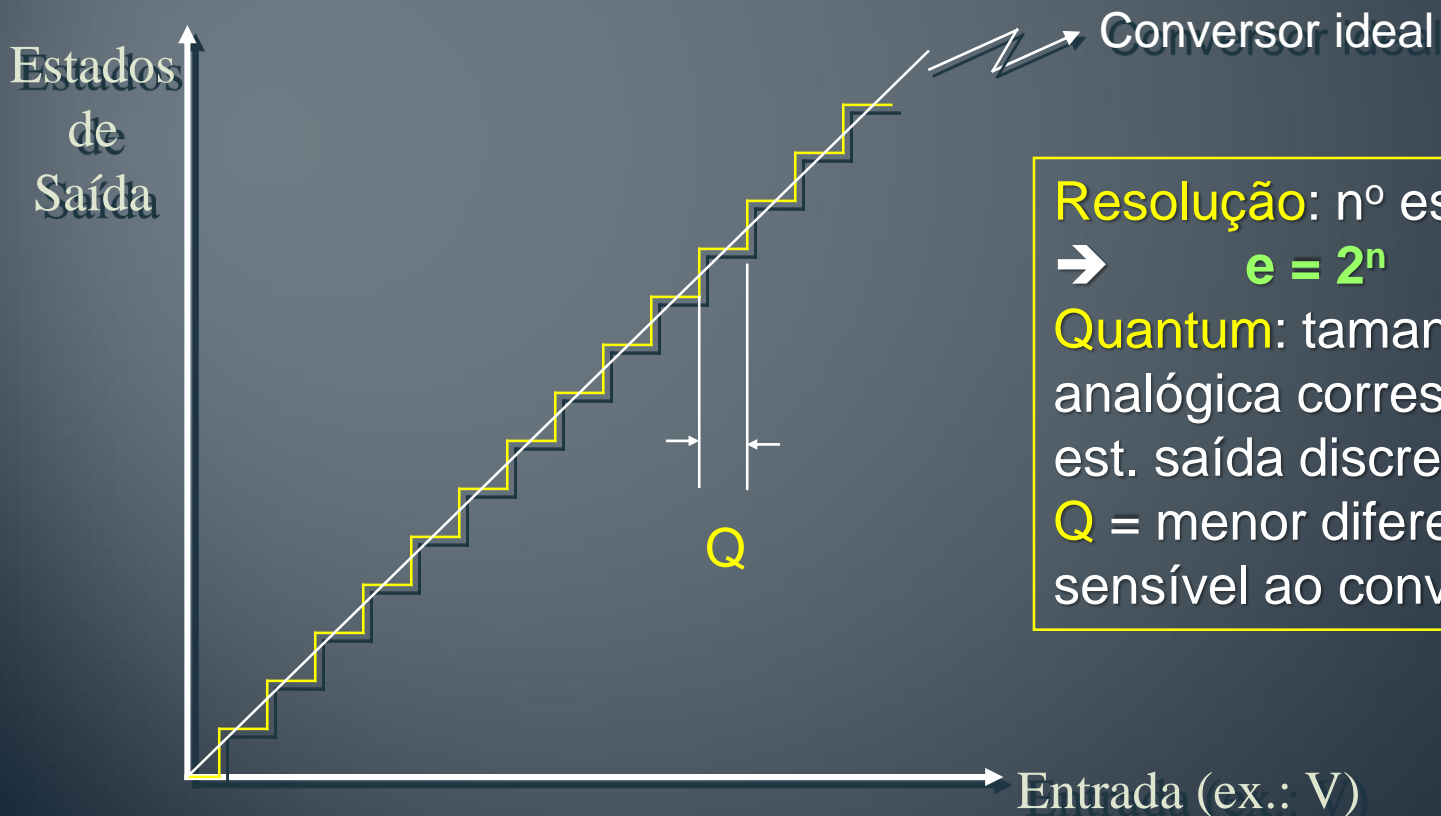
Os conversores A/D e D/A fazem a interface entre o mundo analógico e o digital. Ex.:

- **Comunicação:** sinal voz → pulsos → sinal voz reconstruído
- **Proc. Sinais:** sinal vídeo → níveis binários (digitaliz.) → memória → processamento → reconstrução

## 2. Teoria da Quantização

**Quantização** → transferência de um sinal contínuo analógico num conjunto de estados discretos

**Codificação** → associação de um código digital a cada um desses estados



**Resolução:** nº estados de saída

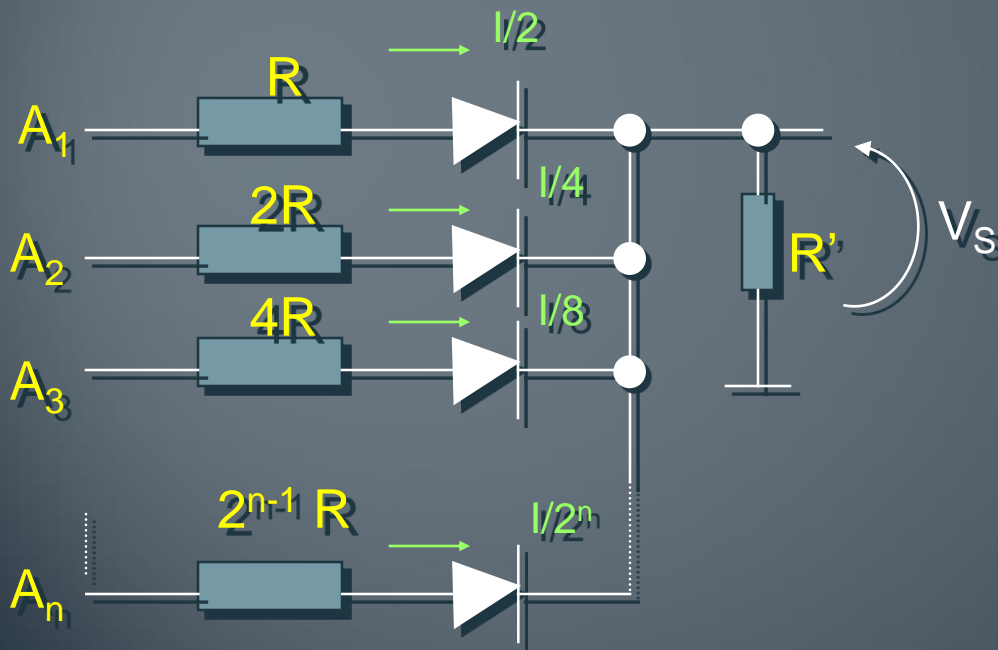
→  $e = 2^n$

**Quantum:** tamanho da qti// analógica correspondente a um est. saída discreto →  $Q = V / 2^n$

Q = menor diferença analógica sensível ao conversor

### 3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Circuito básico (Conversor por rede proporcional):



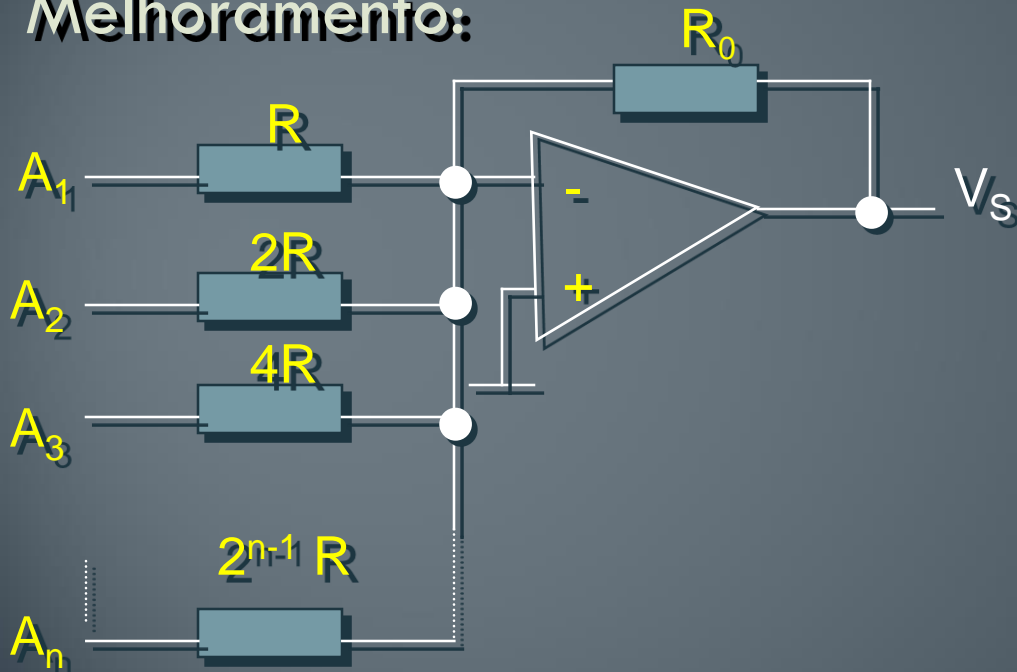
$$V_S = R' \sum A_i (I / 2^i)$$

Generalizando:  $V_S = R' N I$

onde  $N = a_1 2^{-1} + a_2 2^{-2} + \dots + a_n 2^{-n}$

### 3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Melhoramento:

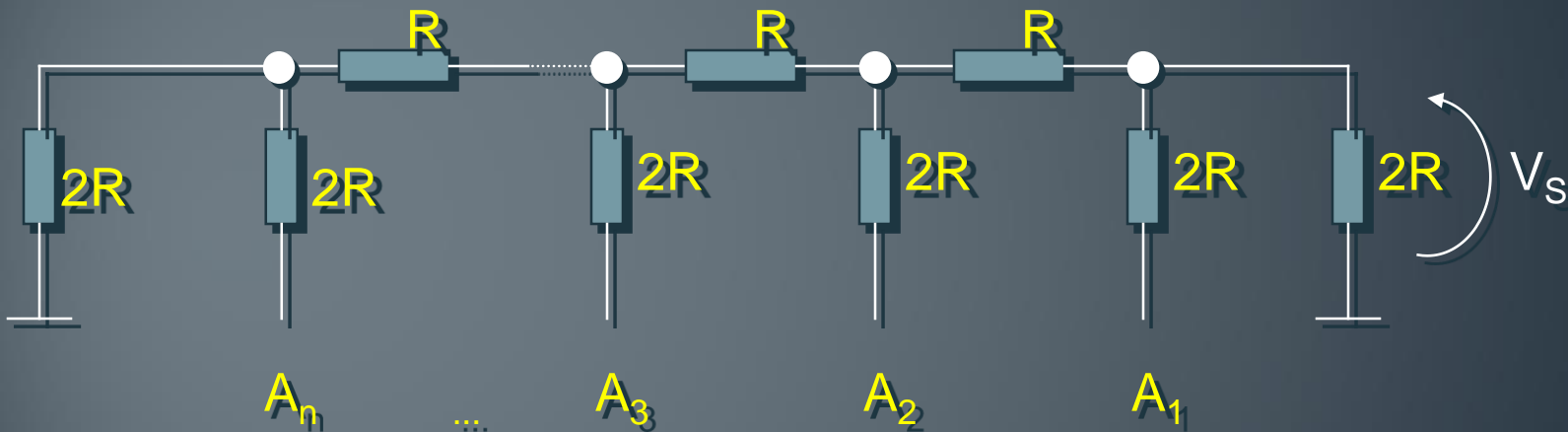


Desvantagens:

- ✓ Para muitos bits há necessidade de valores muito altos de  $R$  para o LSB;
- ✓ correntes muito reduzidas nos bits menos significativos (ruído);
- ✓ necessidade de grande precisão dos valores de componentes  $\rightarrow$  riscos de não monotonicidade;
- ✓ velocidade de conversão limitada pela velocidade de comutação da chave (e, eventualmente, qualidade do amp. op.)

### 3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Conversor por rede R-2R:



- $V_{S-A1} = V_{CC} / 3$
- $V_{S-A2} = V_{CC} / 6$
- $V_{S-A3} = V_{CC} / 12$
- $V_{S-A4} = V_{CC} / 24 \dots$

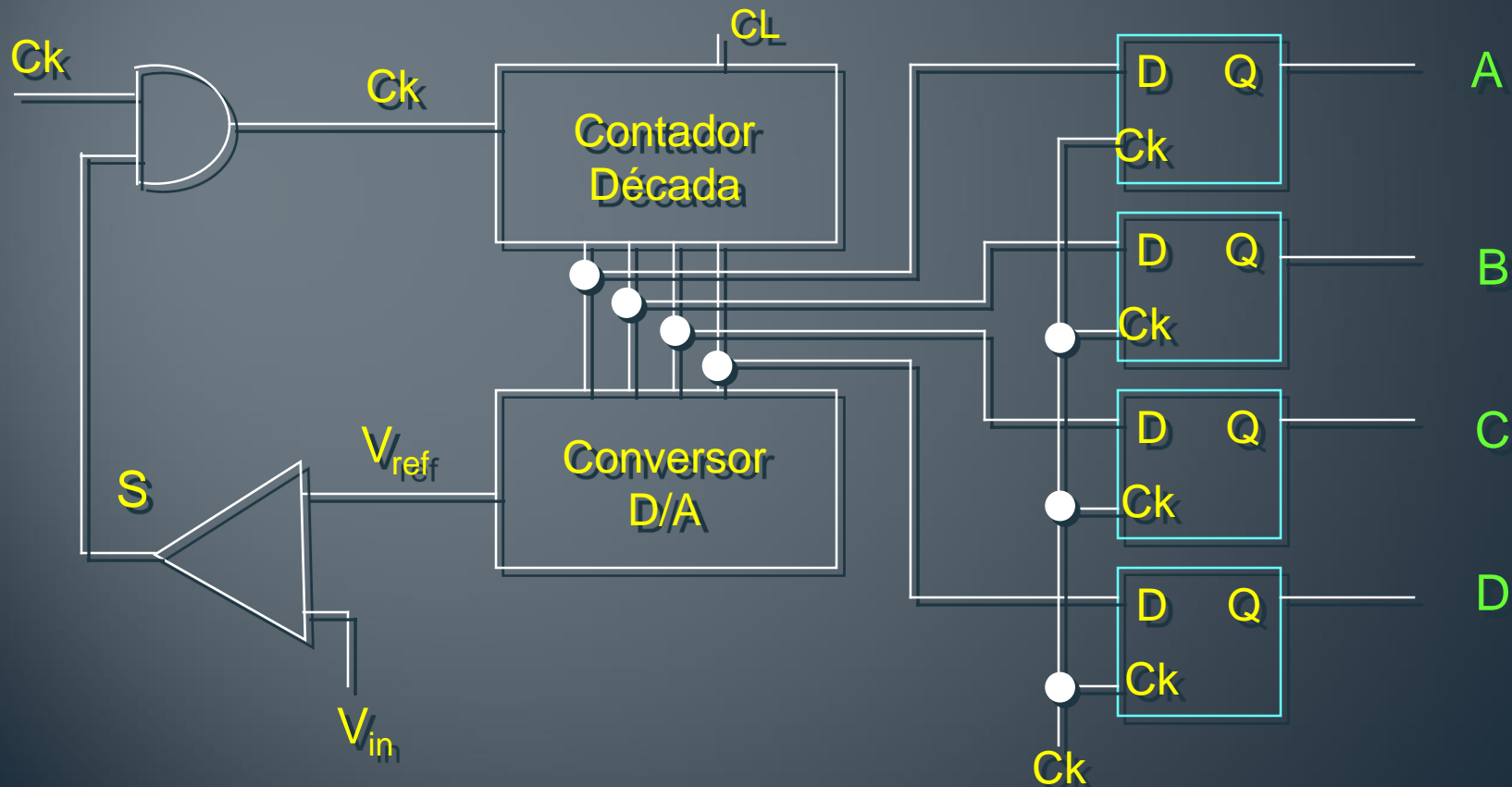
#### Vantagens:

- ✓ Elimina o problema da ampla variação de valores do CDA proporcional
- ✓ Mais facilidade para precisão dos componentes (só 2 valores - R e 2R)

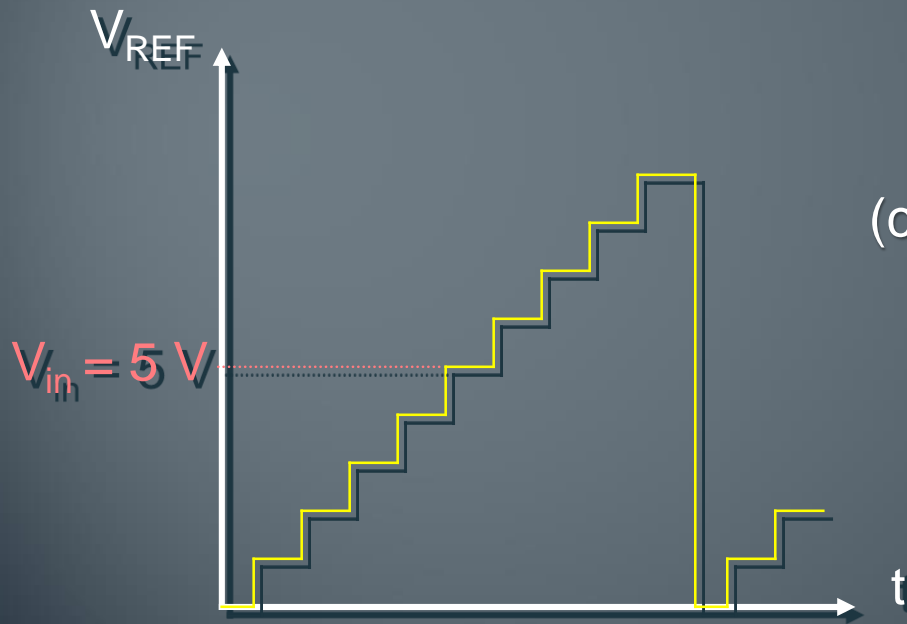
# CONVERSION ANALOGICO- DIGITAL



# 1. Conversor Contador (ou de rampa simples)



# 1. Conversor Contador (ou de rampa simples)



$V_{REF}$  comparada com  $V_{in}$ :

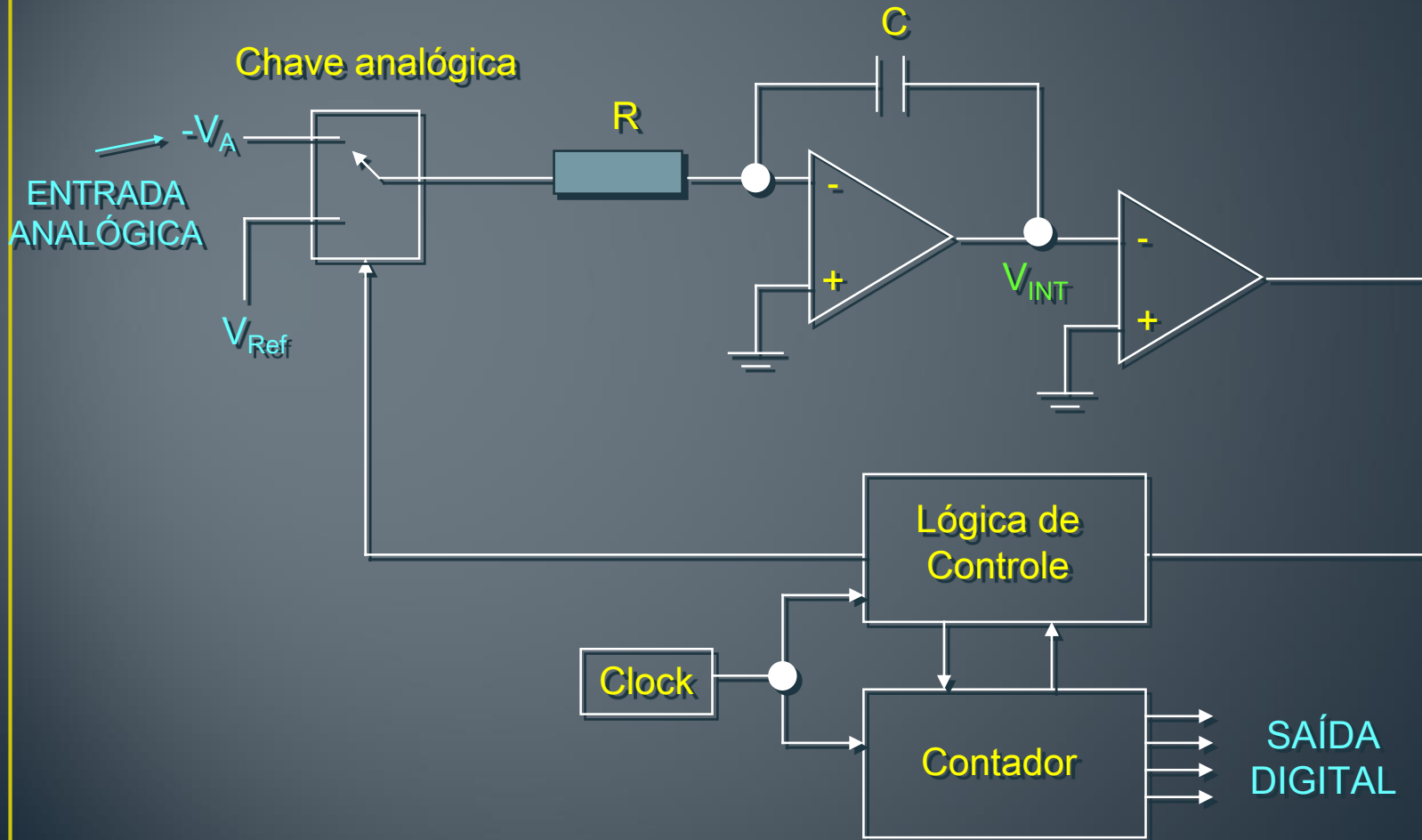
- se  $V_{REF} < V_{in} \rightarrow S = 1$

(contador continua a contagem)

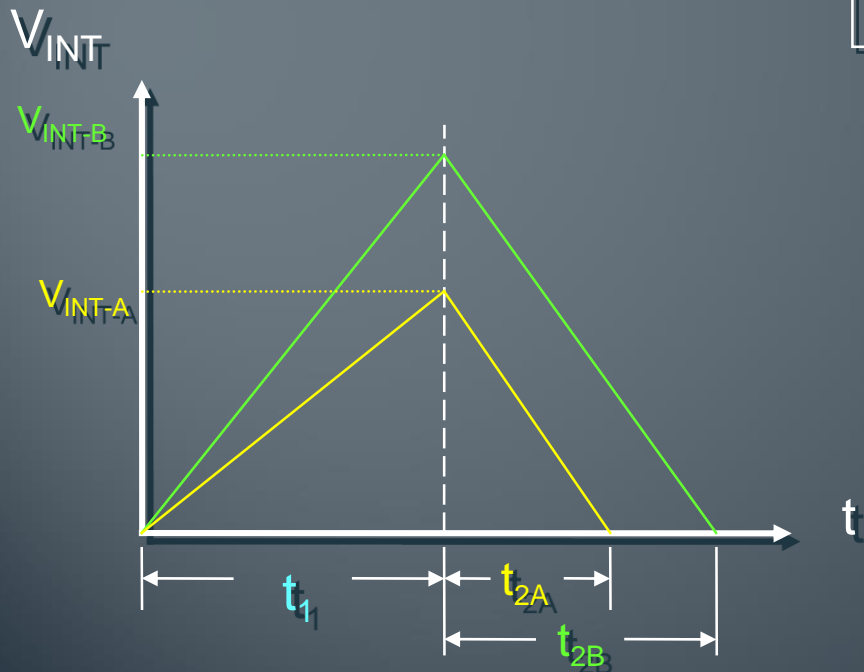
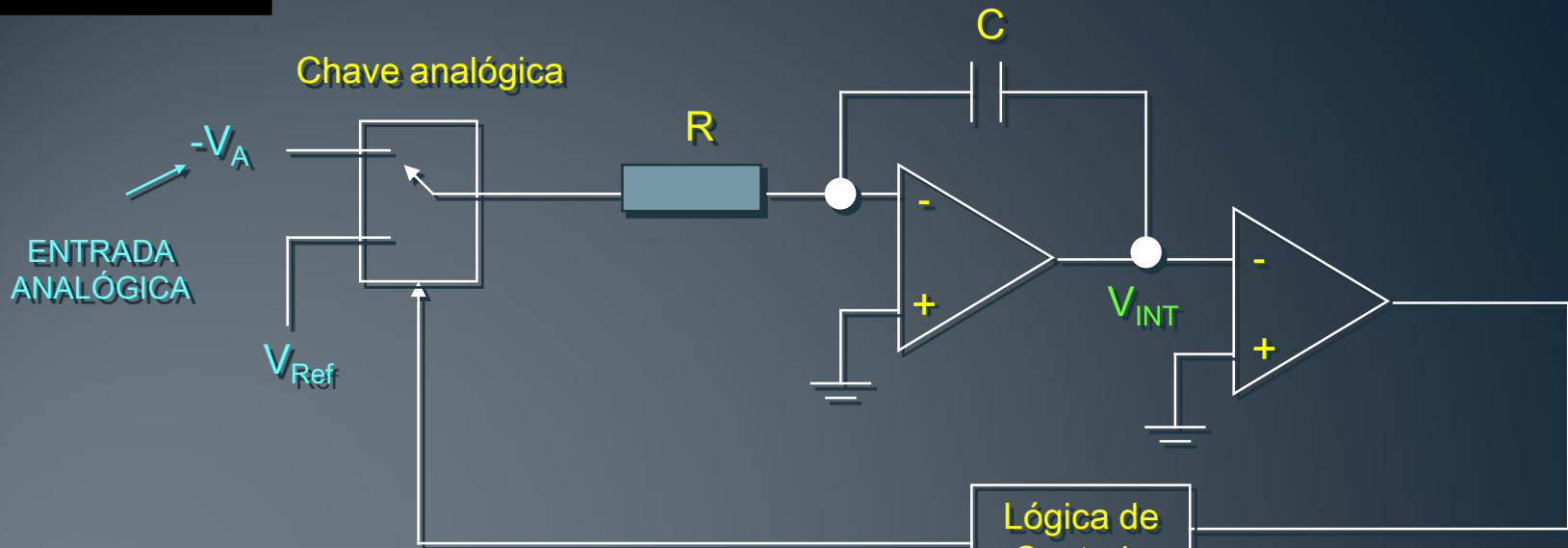
- se  $V_{REF} > V_{in} \rightarrow S = 0$

(contador pára e valor digital é mostrado)

## 2. Conversor Integrador (ou de rampa dupla)



# Conversores A/D



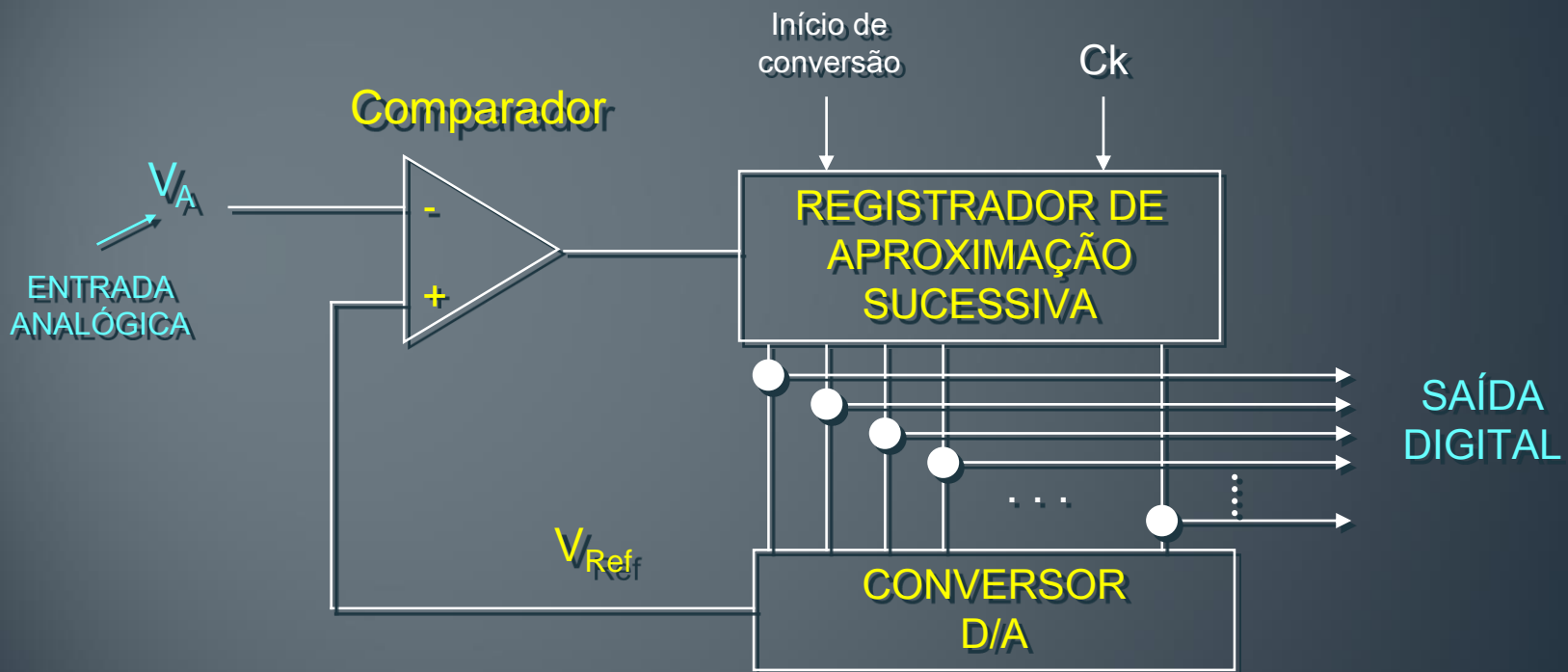
$$V_A = V_{Ref} (t_2 / t_1)$$

$$V_{Ref} = \text{cte.}$$
$$t_1 = \text{cte.}$$

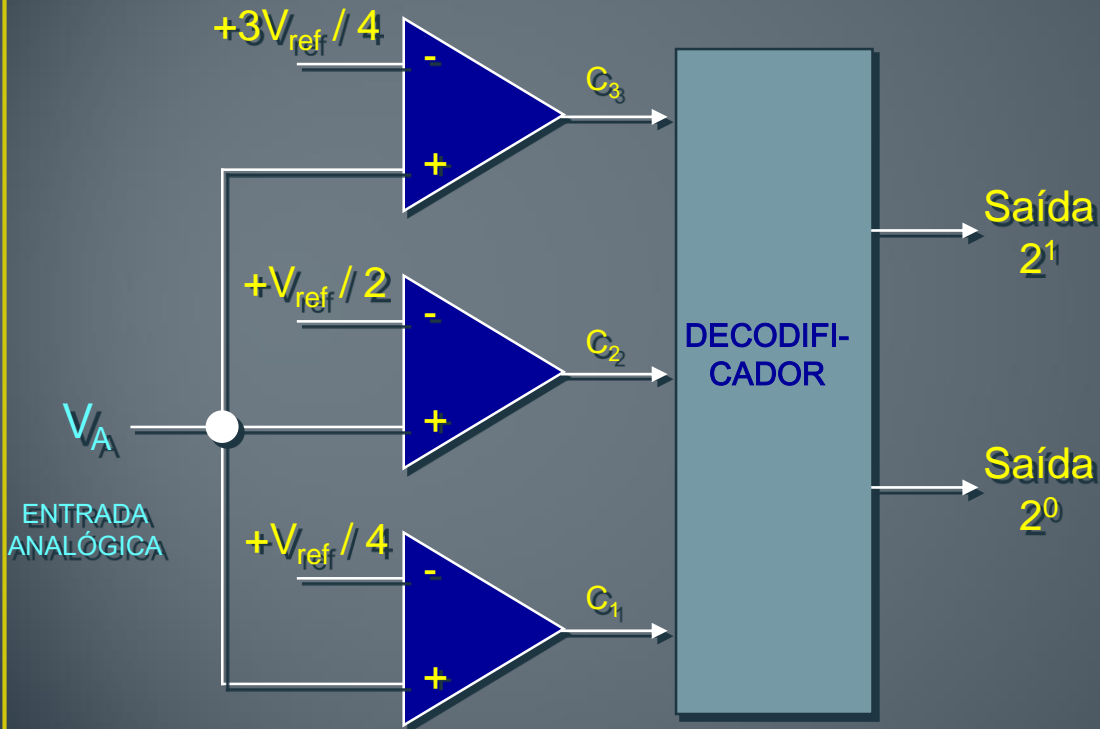
$$V_A = f(t_2)$$



### 3. Conversor de Aproximação Sucessiva

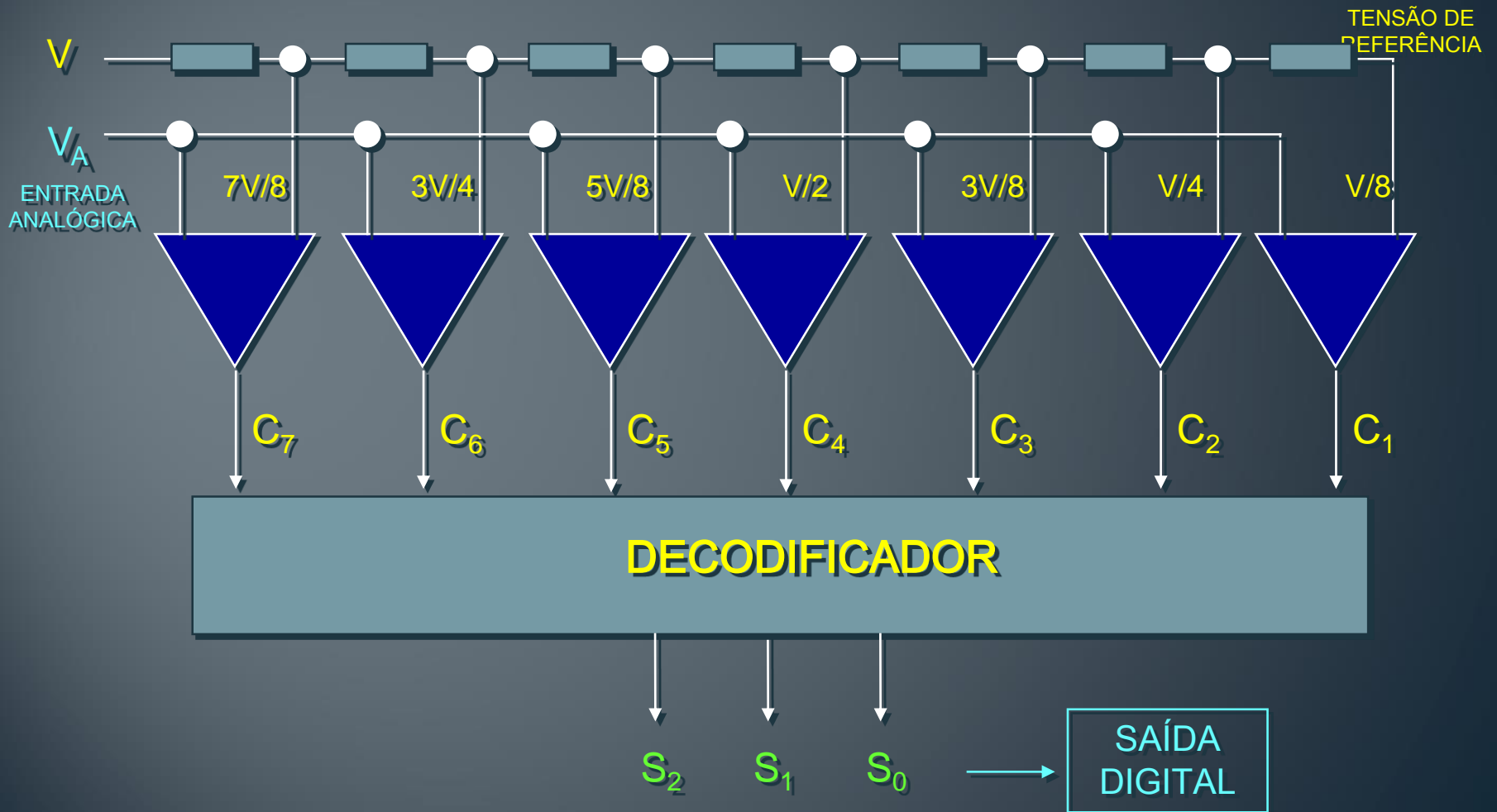


# 4. Conversor Paralelo (ou tipo "flash")



TENSÃO DE ENTRADA ( $V_A$ )		0	$+V/4$	$+V/2$	$+3V/4$
		a	a	a	a
SAÍDA DO COMPARADOR	$C_1$	0	1	1	1
	$C_2$	0	0	1	1
	$C_3$	0	0	0	1

# 4. Conversor Paralelo (ou tipo "flash")



## 5. Comparações

TÉCNICA DE CONVERSÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	APLICAÇÕES PRINCIPAIS
<b>CONTADOR (RAMPA SIMPLES)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplicidade</li> <li>• Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lento</li> <li>• Precisão depende do CDA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidores digitais em geral</li> </ul>
<b>INTEGRADOR (RAMPA DUPLA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão depende de <math>V_{REF}</math></li> <li>• Capaz de operar com 12 bits (3 dígitos BCD)</li> <li>• boa rejeição ao ruído</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de conversão ainda grande (~ 10 ms ou mais)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetros digitais e outros medidores comerciais</li> </ul>
<b>APROXIMAÇÃO SUCESSIVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de conversão pequeno: ~10 a 20 <math>\mu</math>s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisão depende muito do CDA interno e seus componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquisição de sinais para processamento</li> </ul>
<b>PARALELO (FLASH)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrema rapidez (conversão praticamente em tempo real)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalização de sinais de alta frequência (vídeo, áudio...)</li> </ul>