

SEL 454

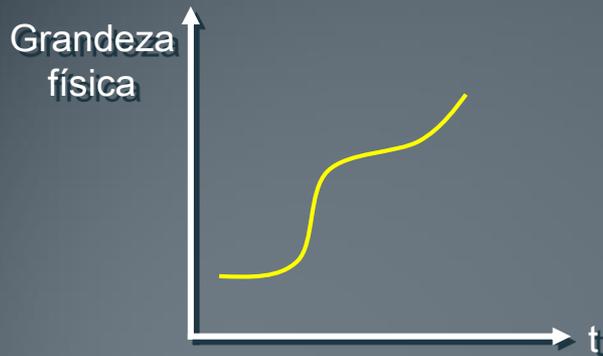
Introdução aos Sistemas Digitais

CONVERSORES

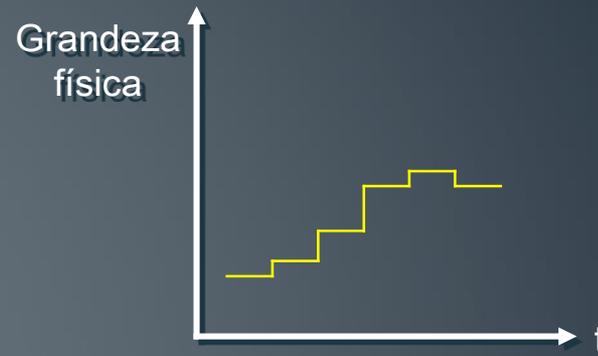
D/A e A/D

Prof. Homero Schiabel

1. Introdução



Variação contínua
(ANALÓGICO)



Variação discreta
(DIGITAL)

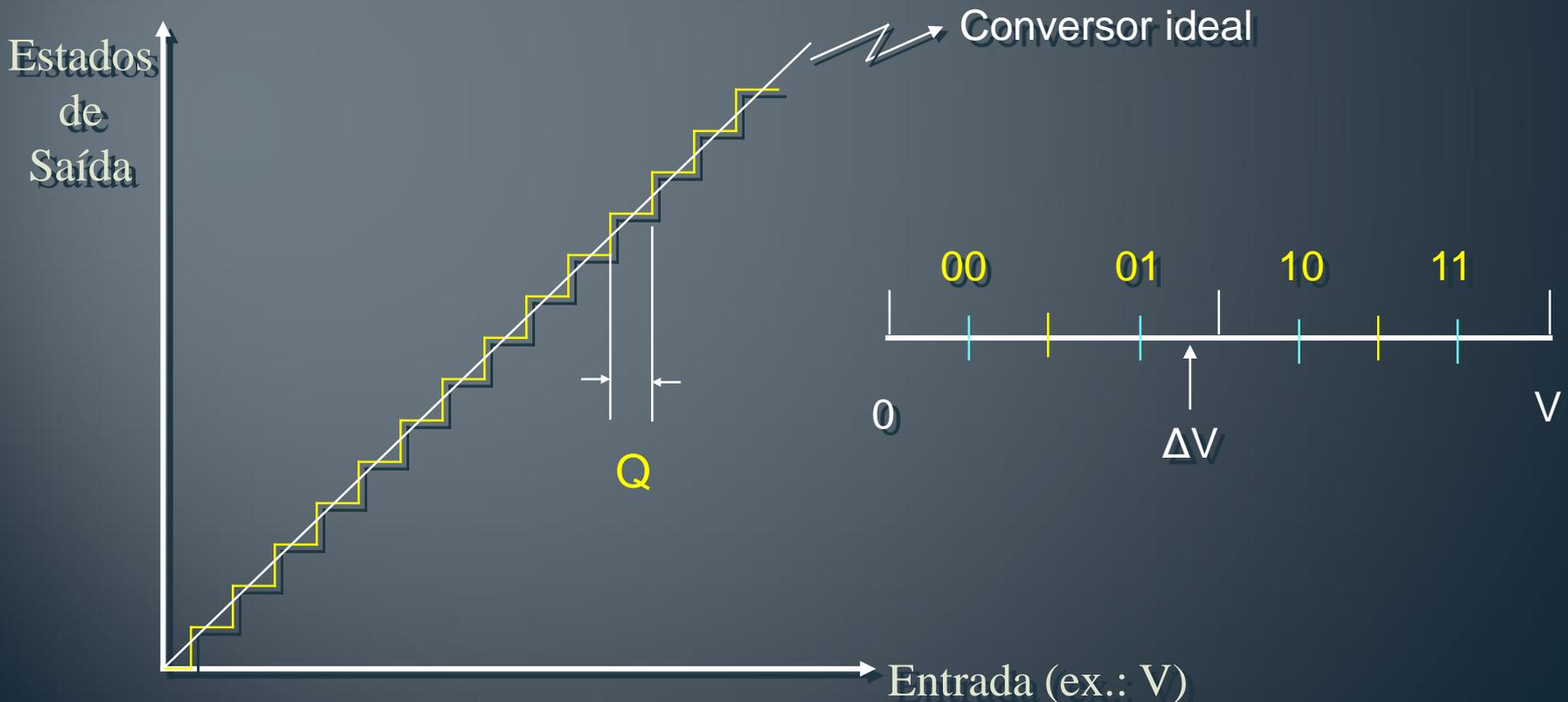
Os conversores A/D e D/A fazem a interface entre o mundo analógico e o digital. Ex.:

- **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

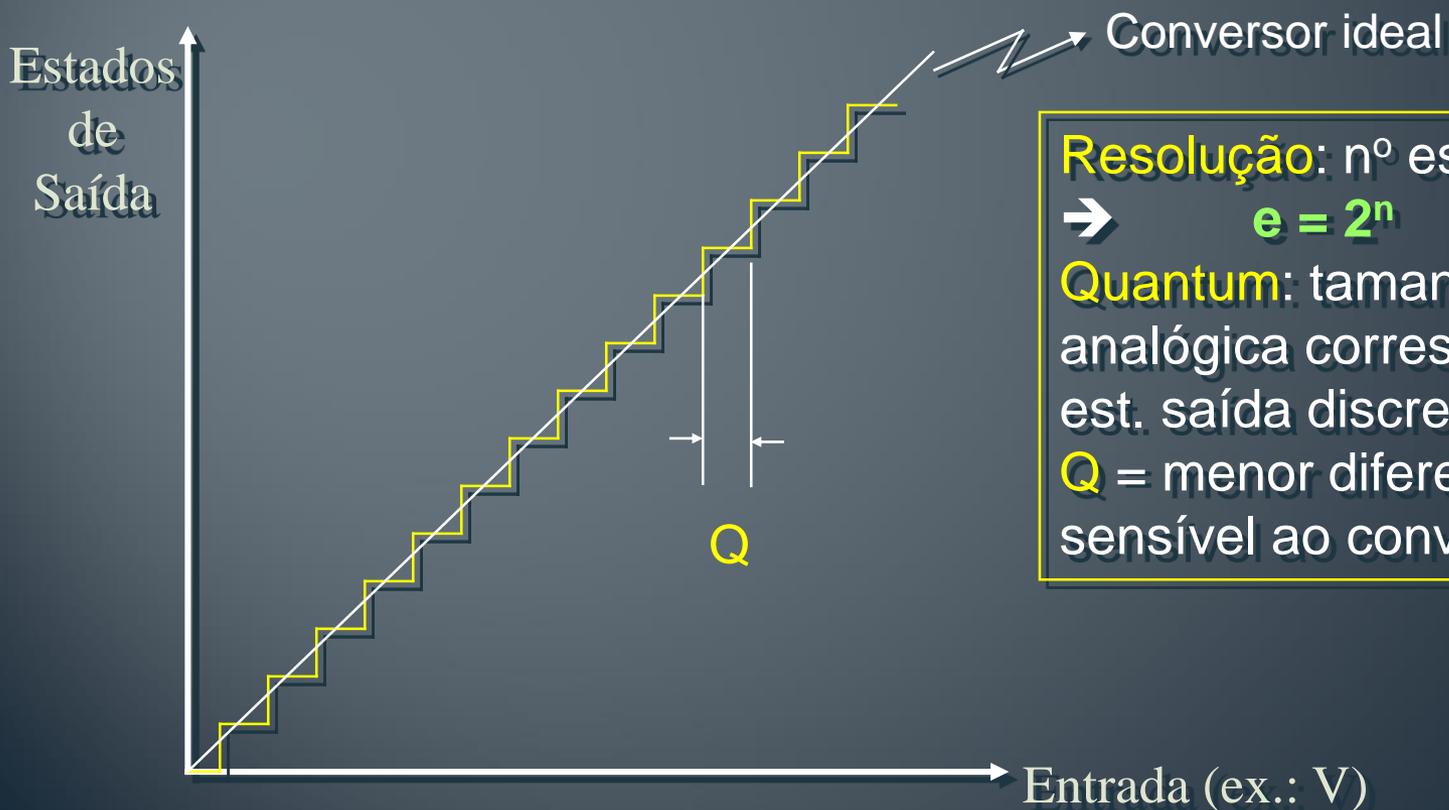
Codificação → associação de um código digital a cada um desses estados



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



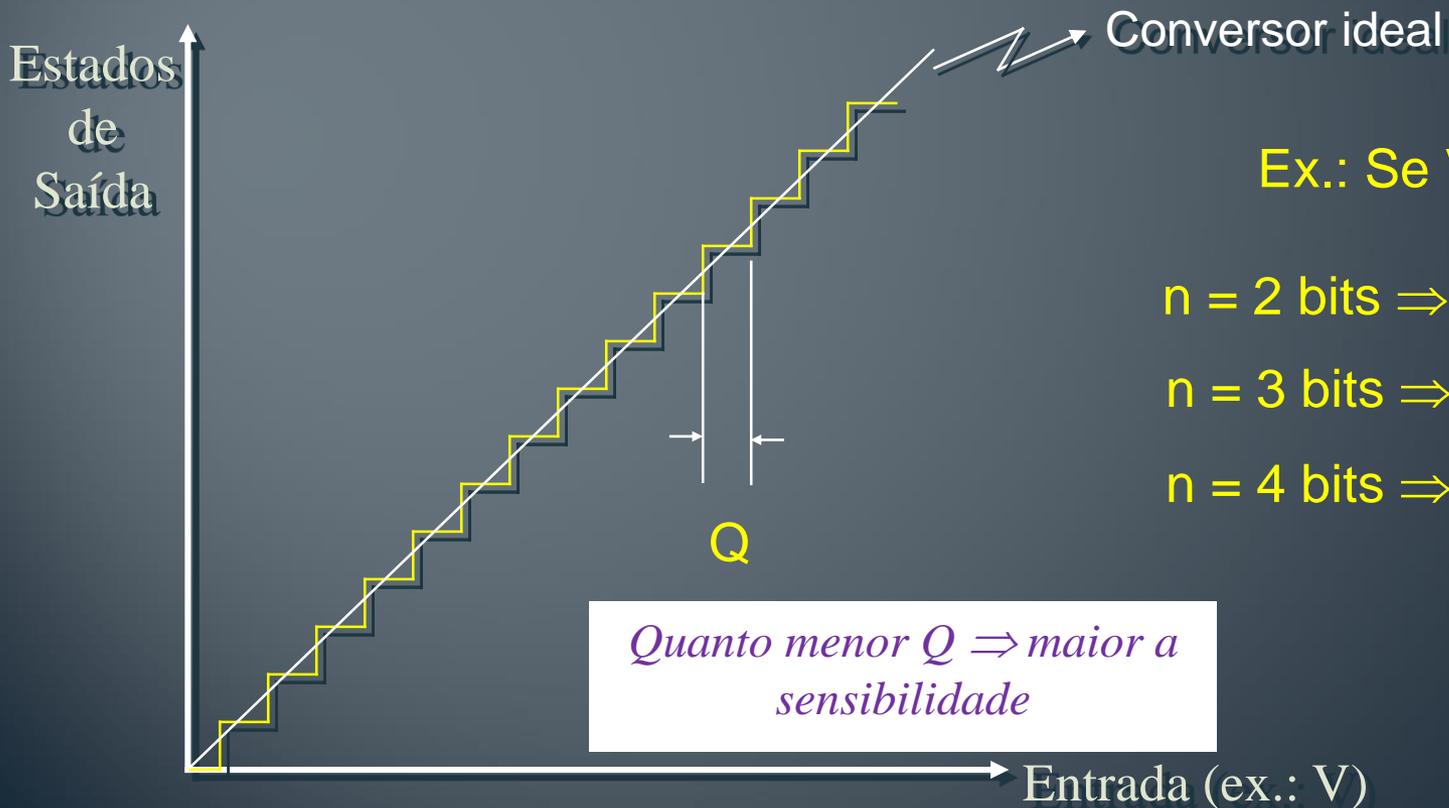
Resolução: nº estados de saída
 → $e = 2^n$

Quantum: tamanho da qti// analógica correspondente a um est. saída discreto → $Q = V / 2^n$
 Q = menor diferença analógica sensível ao conversor

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



Ex.: Se $V = 10V$

$n = 2 \text{ bits} \Rightarrow Q = 2,5V$

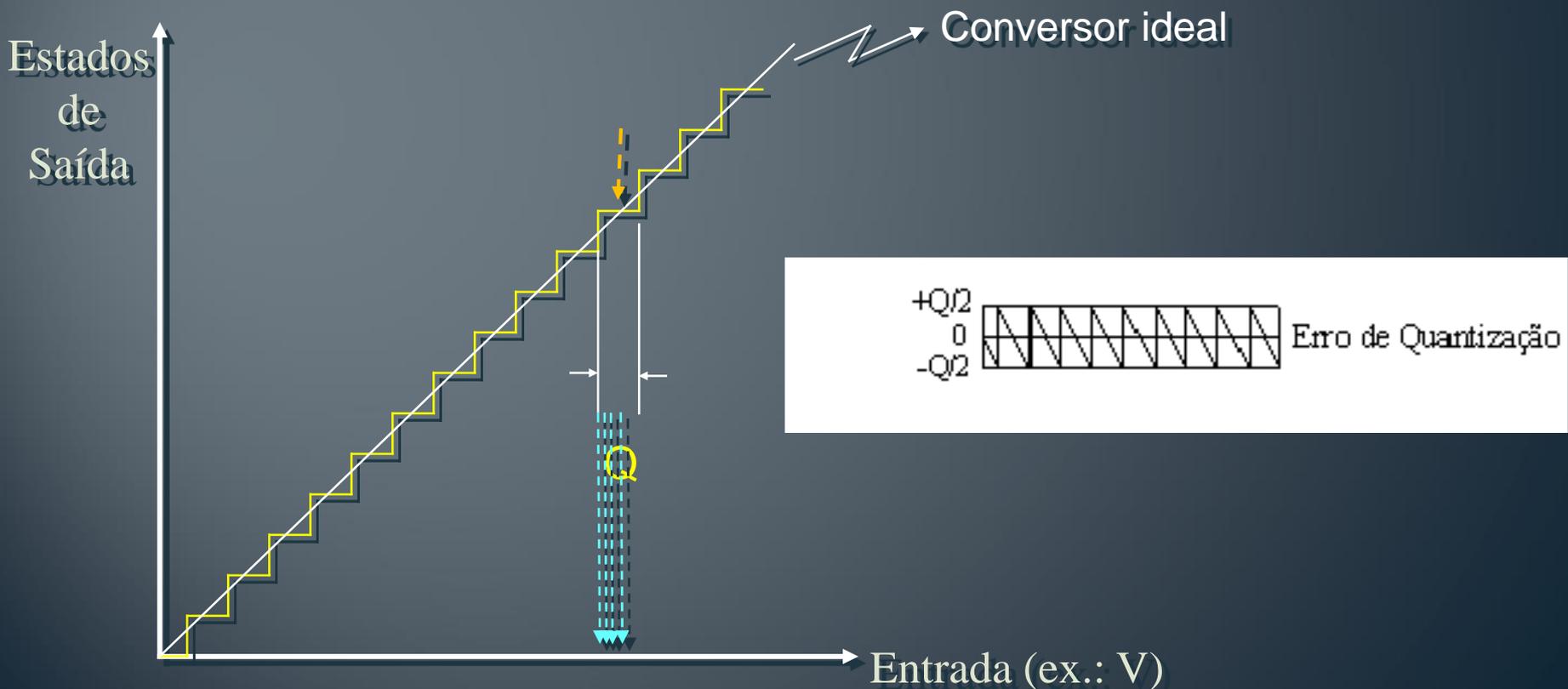
$n = 3 \text{ bits} \Rightarrow Q = 1,25V$

$n = 4 \text{ bits} \Rightarrow Q = 0,625V$

2. Teoria da Quantização

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

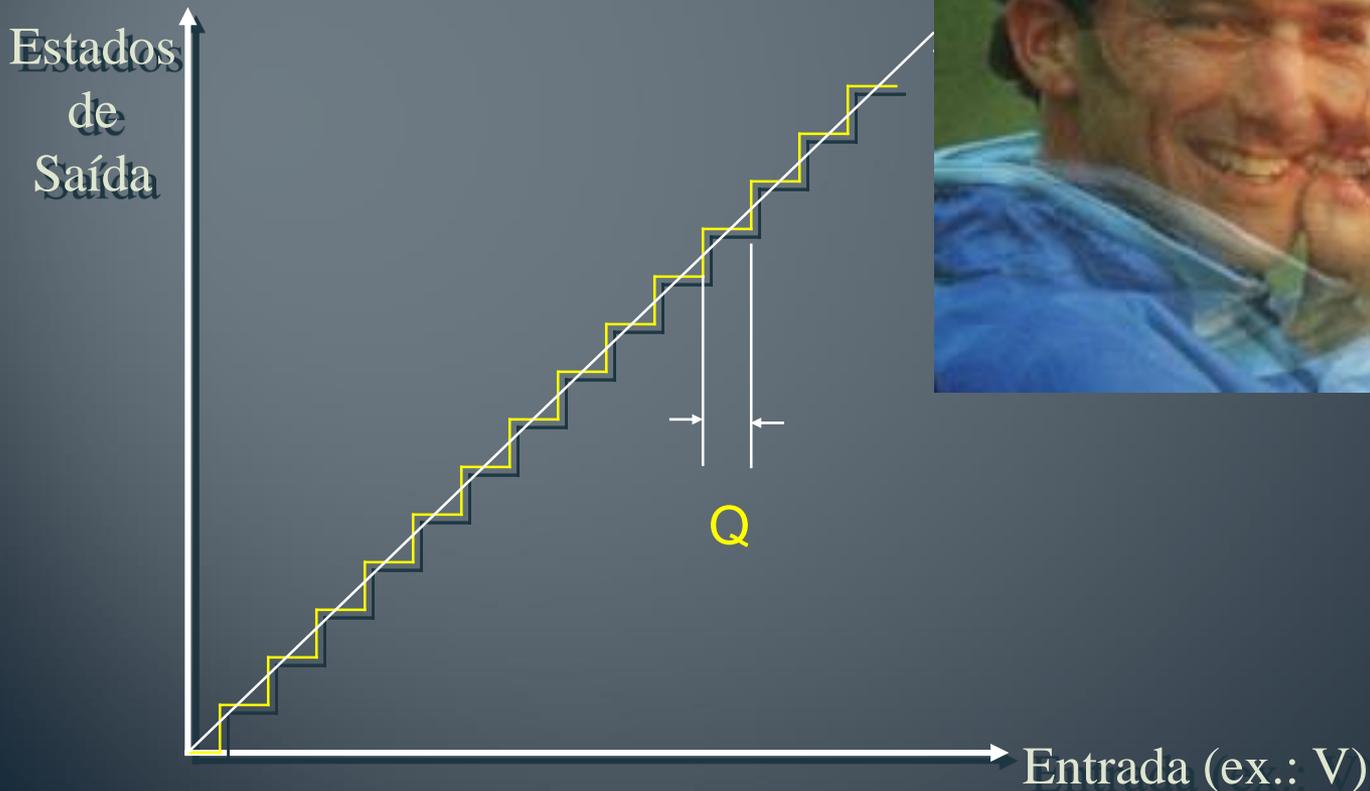
Codificação → associação de um código digital a cada um desses estados



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



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

32

64

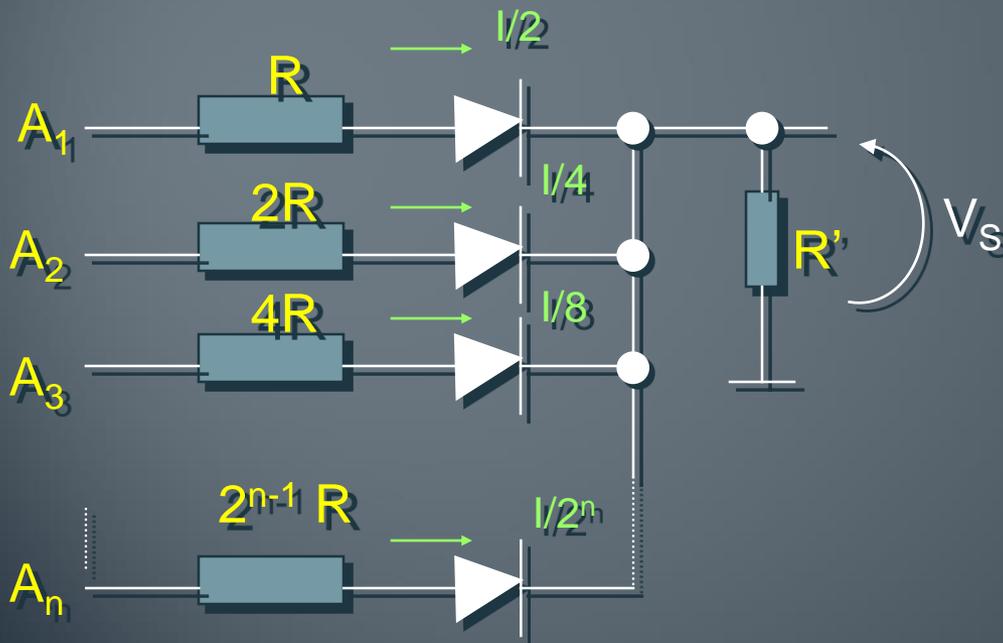
128

256

CONVERSIONOR DIGITAL- ANALÓGICO

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Circuito básico (Conversor por rede proporcional):



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

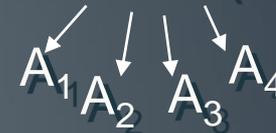
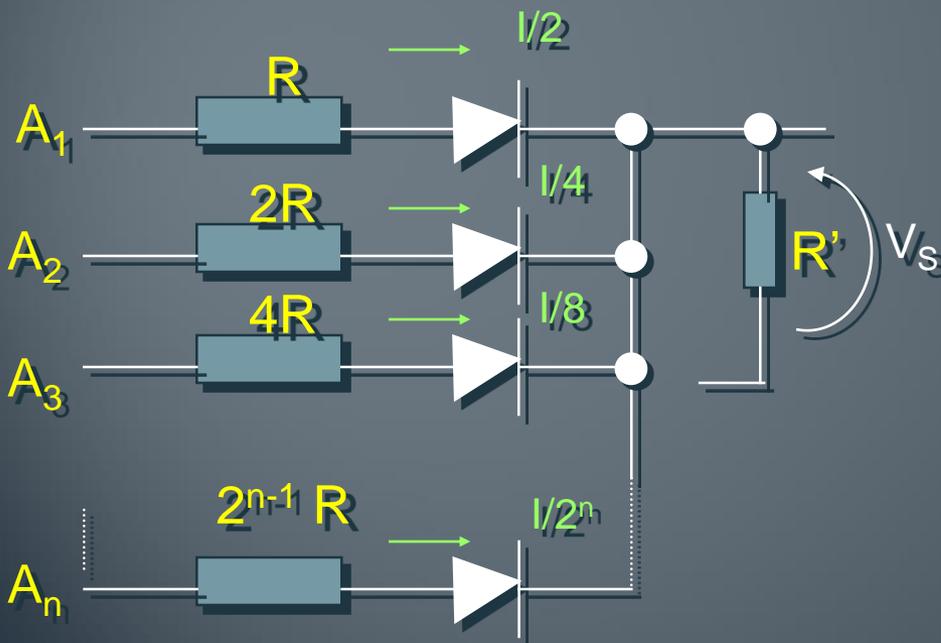
Generalizando: $V_S = R' N I$

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

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Operação – Exemplo

Suponhamos um CDA de 4 bits com entradas 0110 (= 6₁₀)



Saída: $V_S = R' (V_{CC} / R_{eq})$

Considerando $R' \ll R$:

$$I_1 = I_4 = 0$$

$$I_2 = V_{CC} / 2R$$

$$I_3 = V_{CC} / 4R$$



$$I_T = \frac{3}{4} (V_{CC} / R)$$

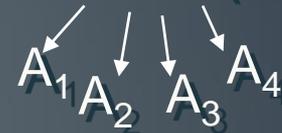
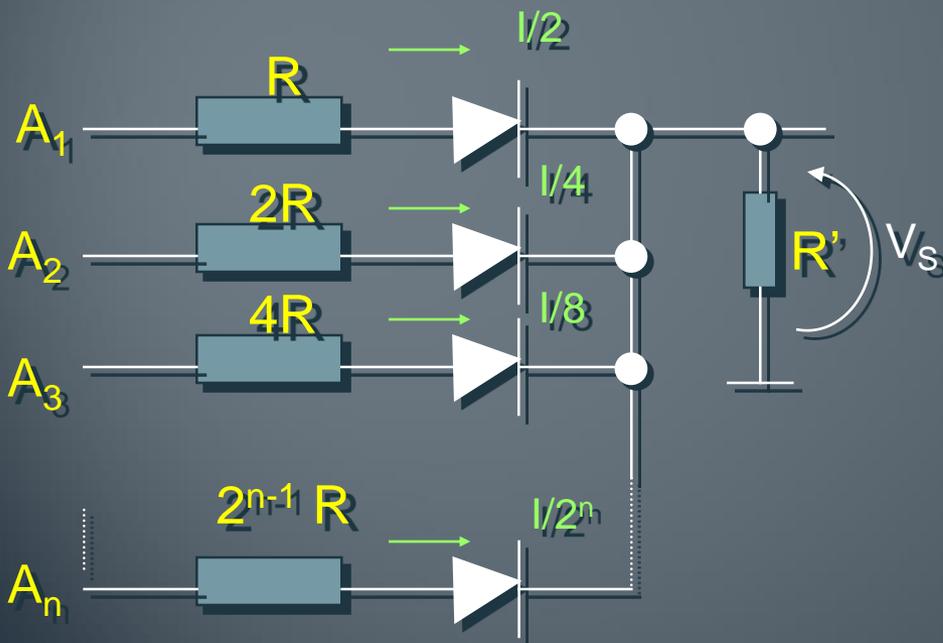
Então:

$$V_S = R' \frac{3}{4} (V_{CC} / R)$$

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Operação – Exemplo

Suponhamos um CDA de 4 bits com entradas 0110 (= 6₁₀)



Saída: $V_S = R' (V_{CC} / R_{eq})$

Se fizermos:

$R = 5K\Omega$

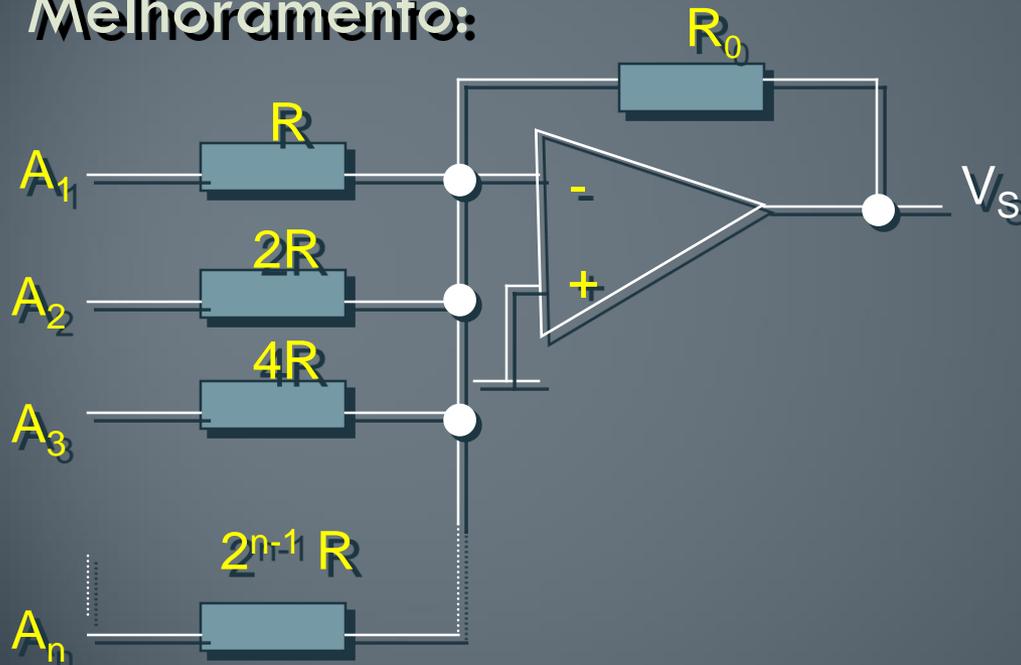
$R' = 8\Omega$

$V_{CC} = 5V$

$V_S = R' \cdot \frac{3}{4} (V_{CC} / R) = 6 \text{ mV}$

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Melhoramento:

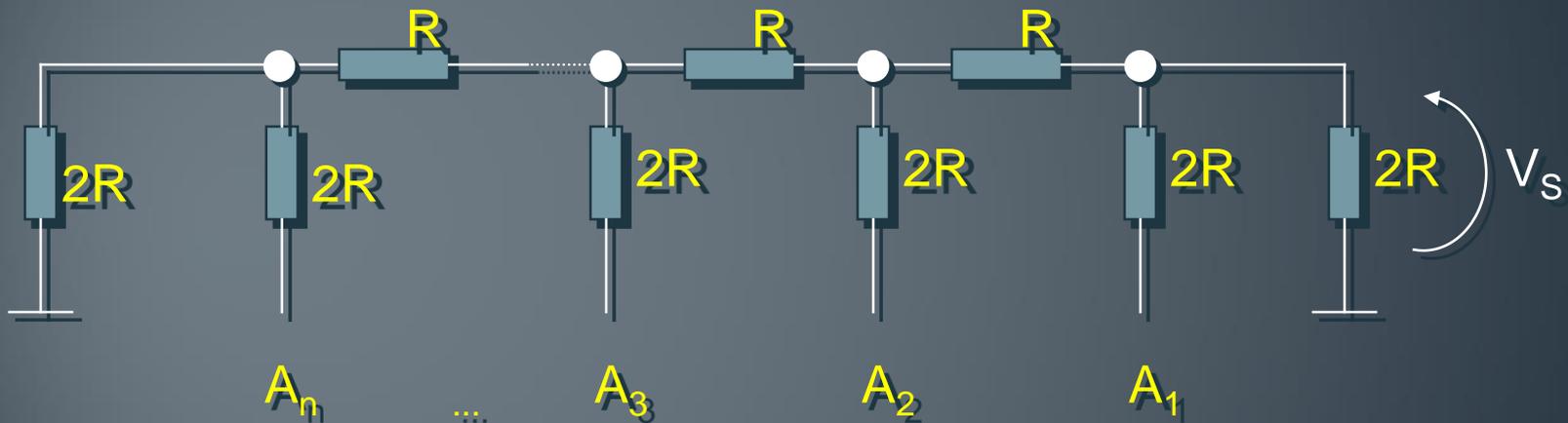


Desvantagens:

- ✓ 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.)

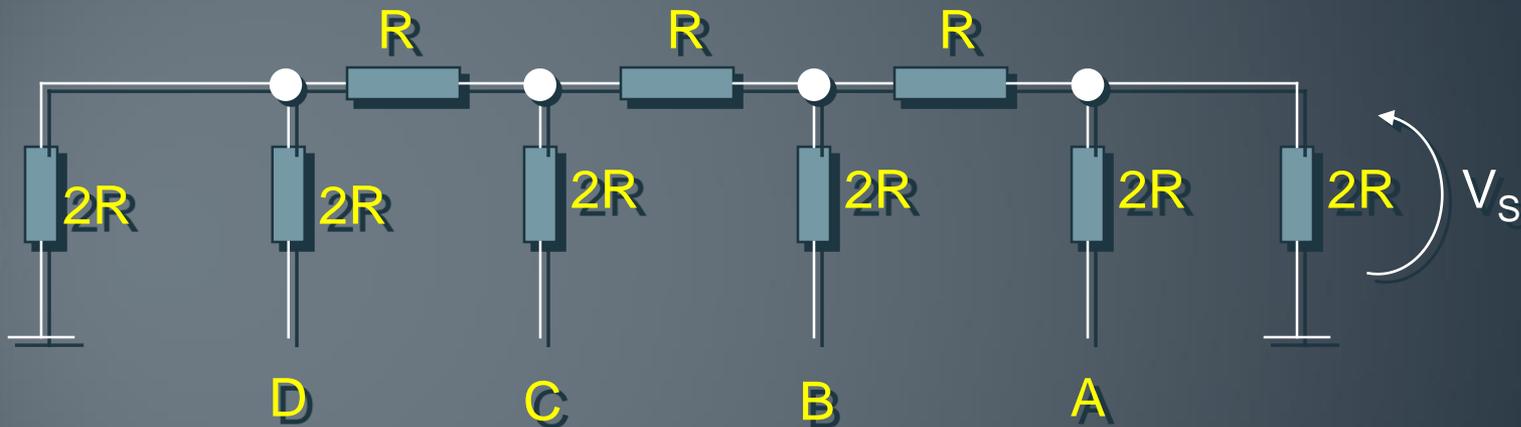
3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Conversor por rede R - $2R$:



3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

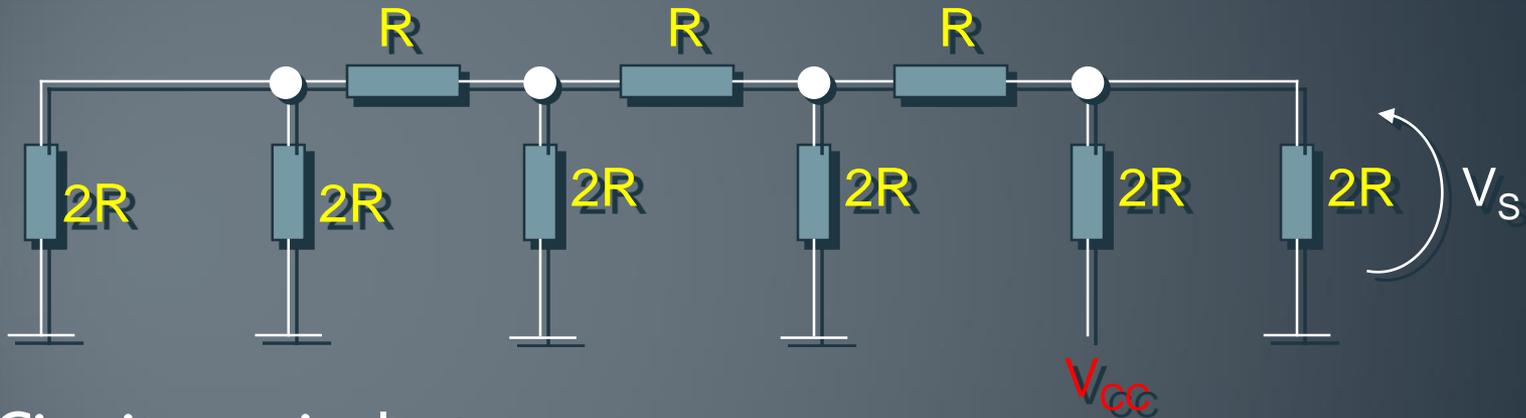
Suponhamos um CDA R-2R de 4 bits:



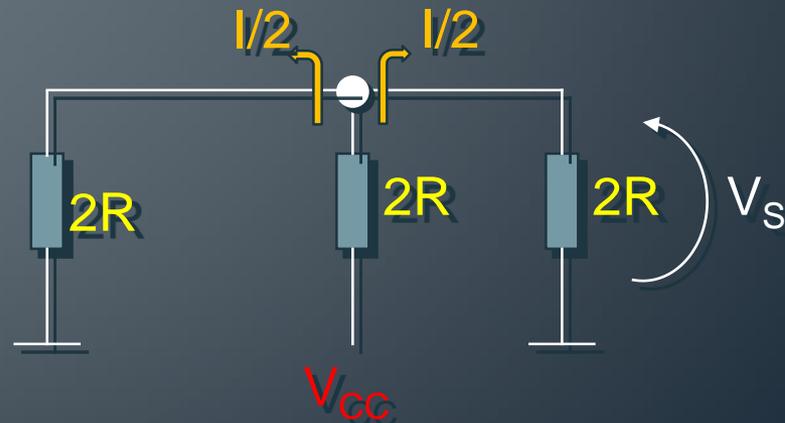
- Como calcular V_S ?
- Supondo inicialmente que haja um bit 1 somente na entrada **A** (\Rightarrow MSB)

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Suponhamos um CDA R-2R de 4 bits:

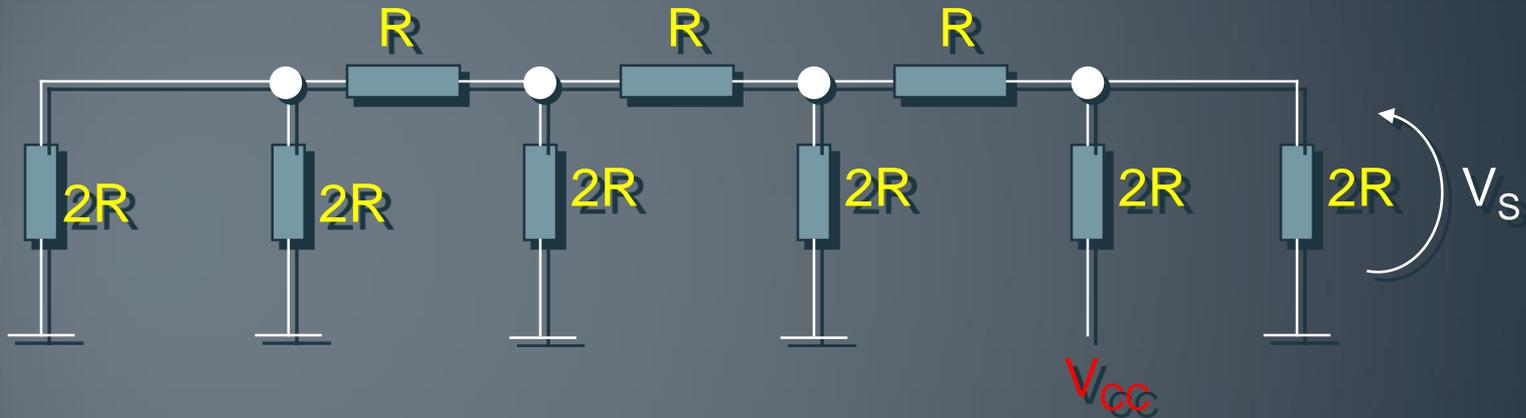


➤ Circuito equivalente:



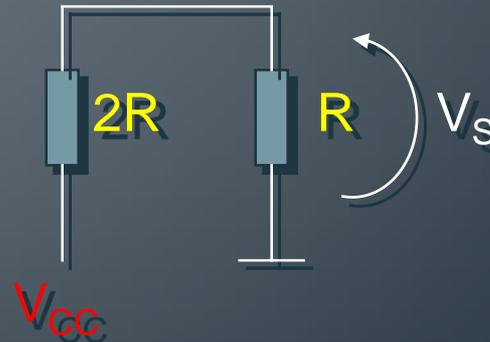
3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Suponhamos um CDA R-2R de 4 bits:



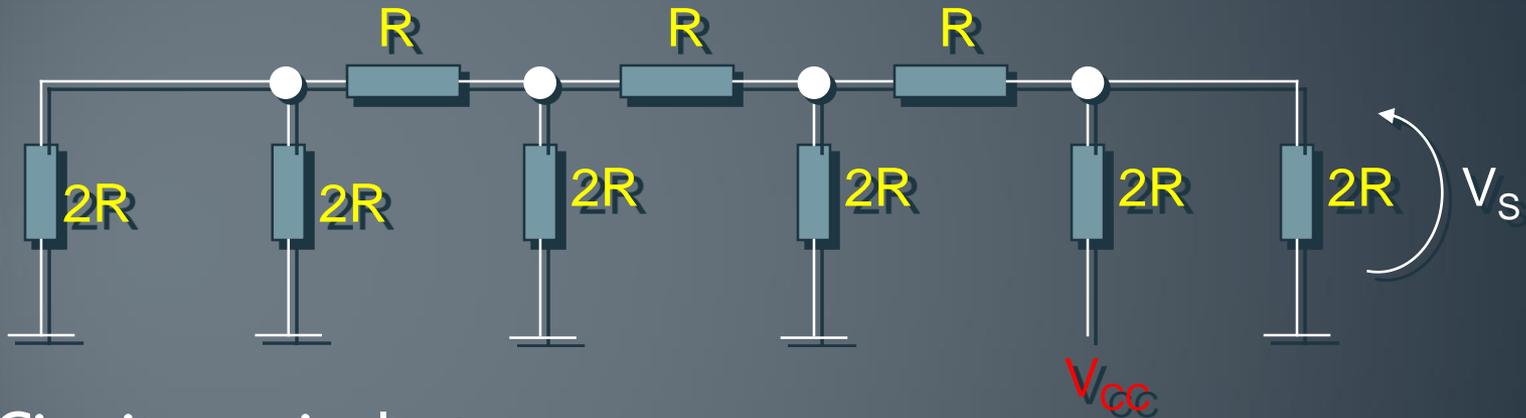
➤ Circuito equivalente final:

$$\Rightarrow I_{TOT} = V_{CC} / 3R$$



3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

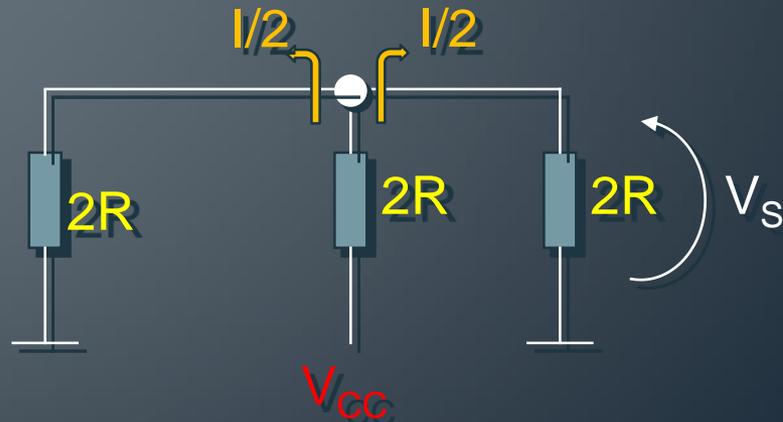
Suponhamos um CDA R-2R de 4 bits:



➤ Circuito equivalente:

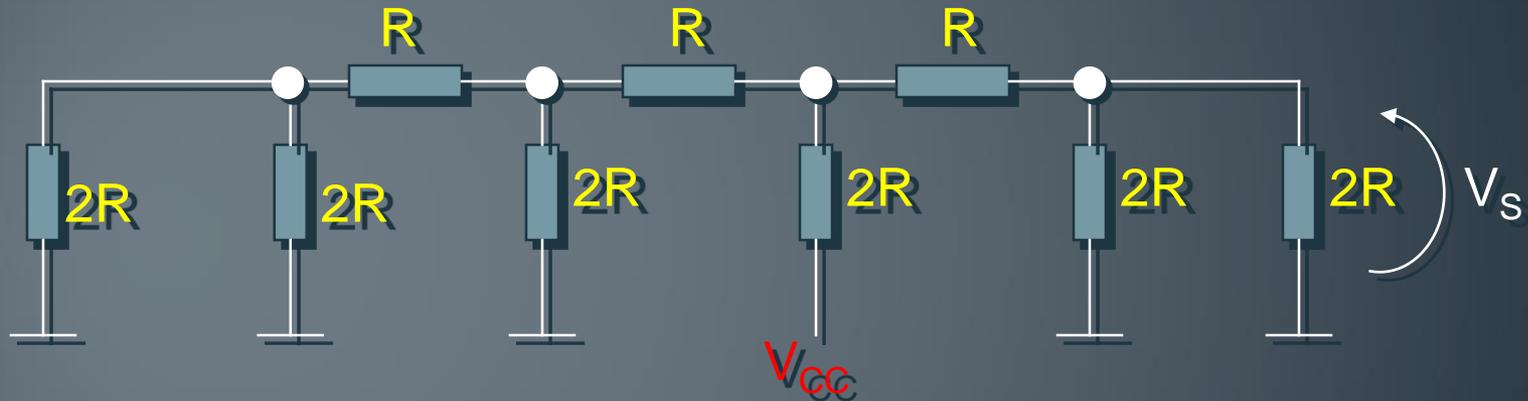
$$V_{S-A} = 2R \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{V_{CC}}{3R} \right)$$

$$\Rightarrow V_{S-A} = \left(\frac{V_{CC}}{3} \right)$$



3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

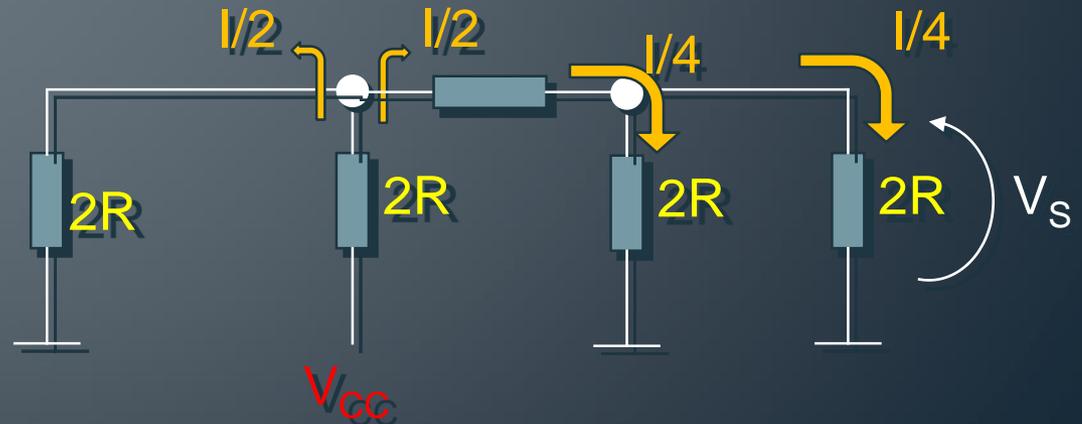
Suponhamos um CDA R-2R de 4 bits:



➤ Circuito equivalente:

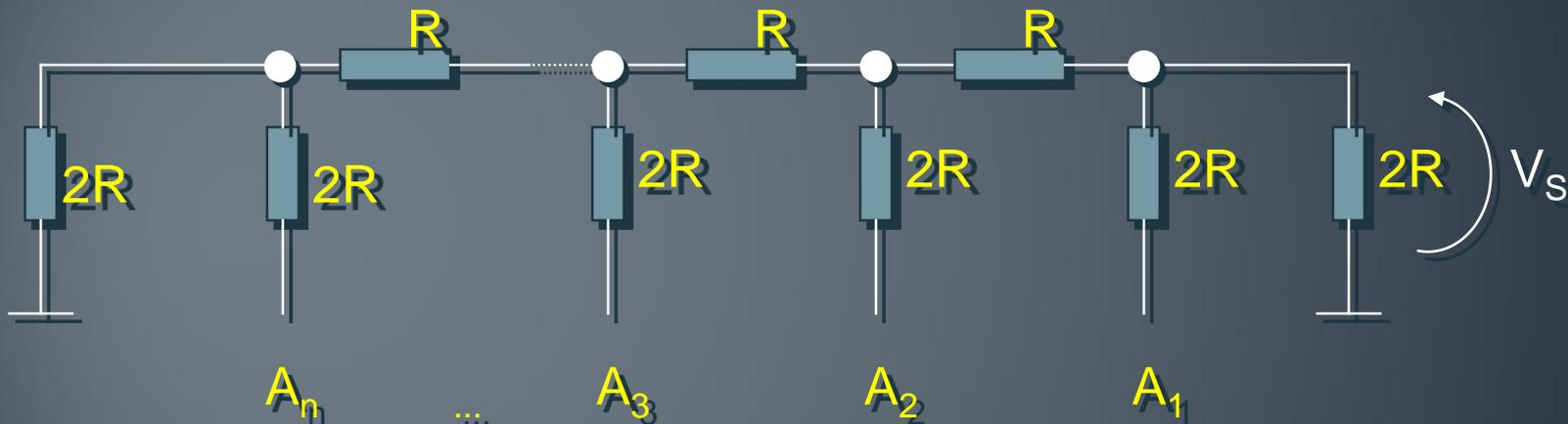
$$V_{S-B} = 2R \cdot \frac{1}{4} (V_{CC} / 3R)$$

$$\Rightarrow V_{S-B} = (V_{CC} / 6)$$



3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Conversor por rede R-2R:



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

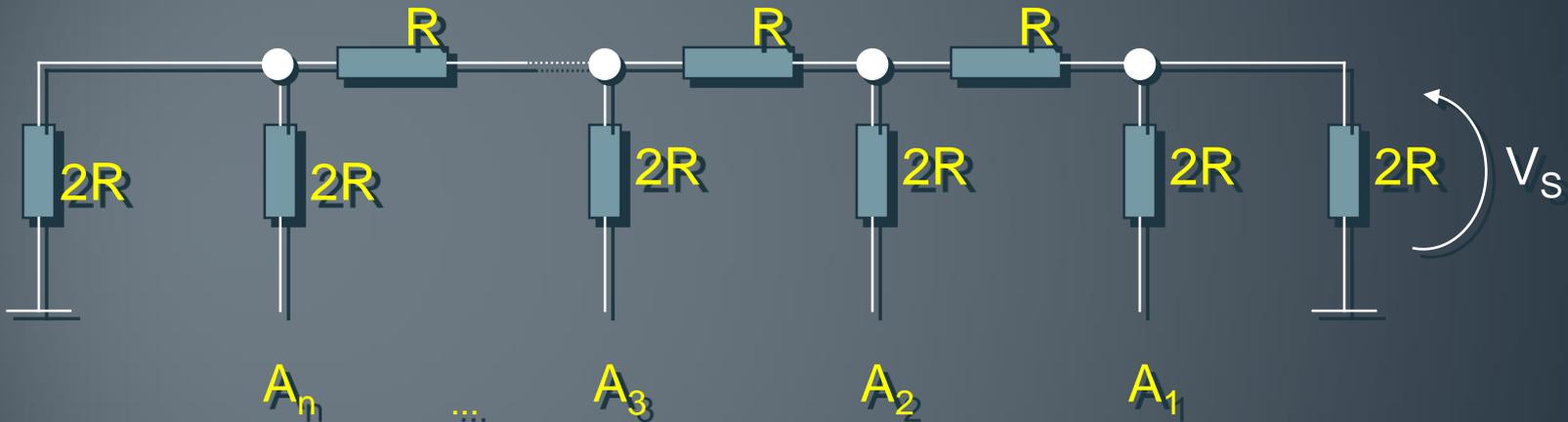
Pelo Teorema da superposição:

Se mais de uma entrada receber nível lógico 1:

➡ $V_S =$ soma dos V_S individuais

3. Conversor Digital-Analógico (D/A)

Conversor por rede R-2R:



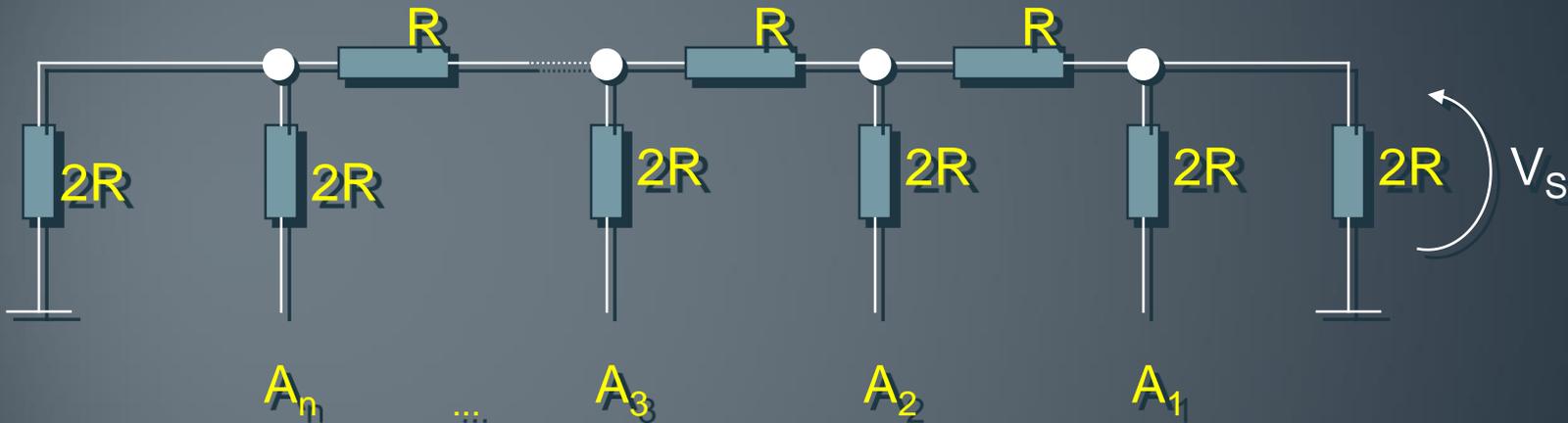
Ex.: entrada = 1001

$$V_S = V_{S-A_1} + V_{S-A_4} = V_{CC}/3 + V_{CC}/24$$

$$V_S = 9 V_{CC}/24$$

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)

CONVERSIONOR ANALÓGICO- DIGITAL (a seguir)