

INTERFACE COM O MUNDO ANALÓGICO

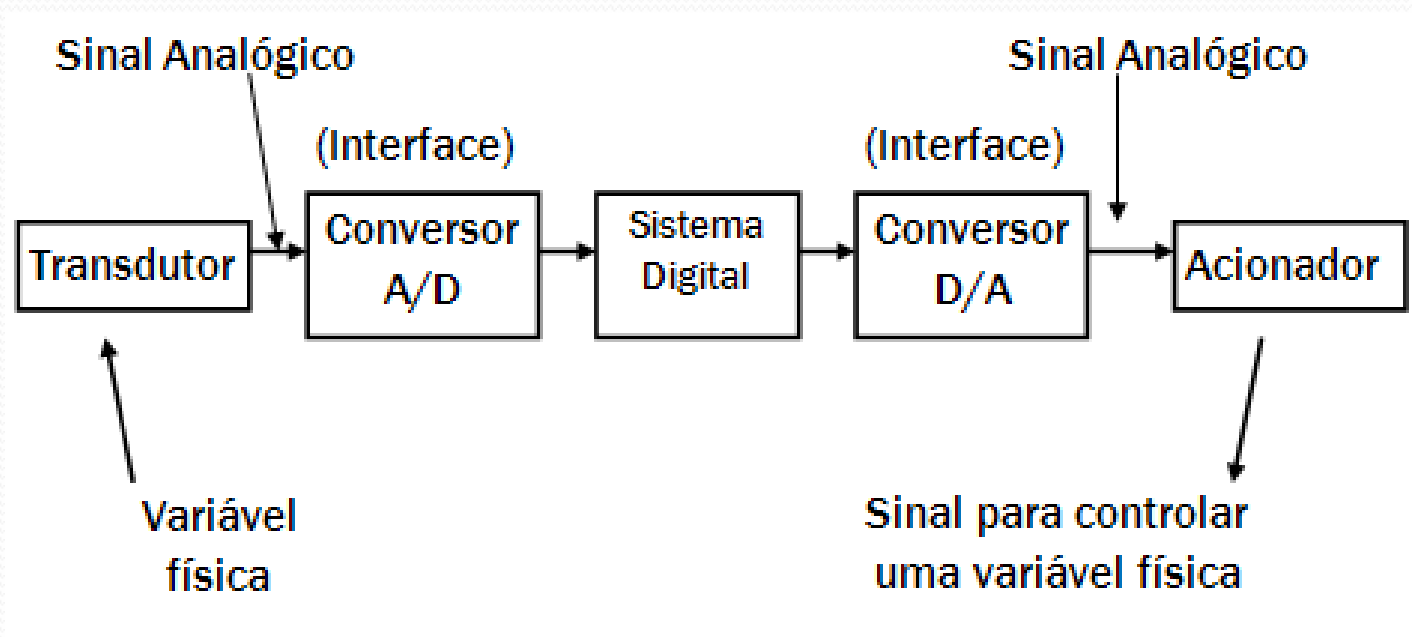
Grandeza Digital – grandeza que assume um número finito de valores entre um intervalo. O número possível de valores é uma função da quantidade de bits disponíveis para a representação.

Grandeza Analógica – Pode assumir qualquer valor dentro de um intervalo contínuo. O número de valores é uma função da precisão disponível para a leitura.

Grandezas físicas por sua natureza são analógicas. Ex: temperatura, pressão, intensidade luminosa, sinais de áudio, posição, velocidade, etc.

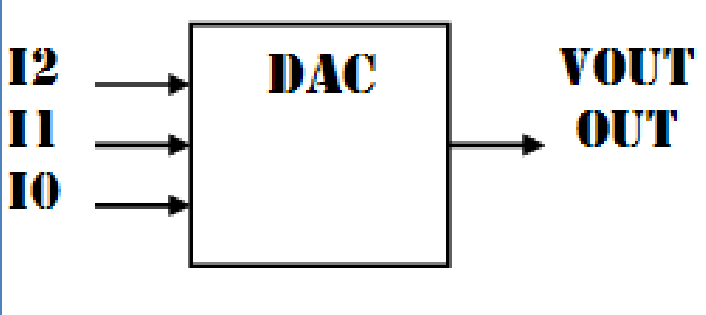
Computadores só processam informações digitais.

Interfaceamento de Grandezas Físicas em um Sistema Digital



CONVERSÃO DIGITAL PARA ANALÓGICA

Conversor D/A é um dispositivo que converte um valor binário para um valor de tensão ou corrente proporcional.

				I2	I1	I0	Vout(V)
				0	0	0	0
				0	0	1	1
				0	1	0	2
				0	1	1	3
				1	0	0	4
				1	0	1	5
				1	1	0	6
				1	1	1	7

$$\text{SAÍDA ANALÓGICA} = K * \text{ENTRADA DIGITAL}$$

Exercícios:

1. Considere um DAC de 5 bits que para uma entrada 10100(2) fornece uma corrente de 10mA. Pergunta-se qual a corrente de saída se Din é 11101(2)?
2. Qual o maior valor de tensão de saída de um DAC de 8 bits que apresenta Vout igual a 1V para um DIN igual a 32H?

CONSIDERAÇÕES SOBRE “SAÍDA ANALÓGICA” E ENTRADAS PONDERADAS:

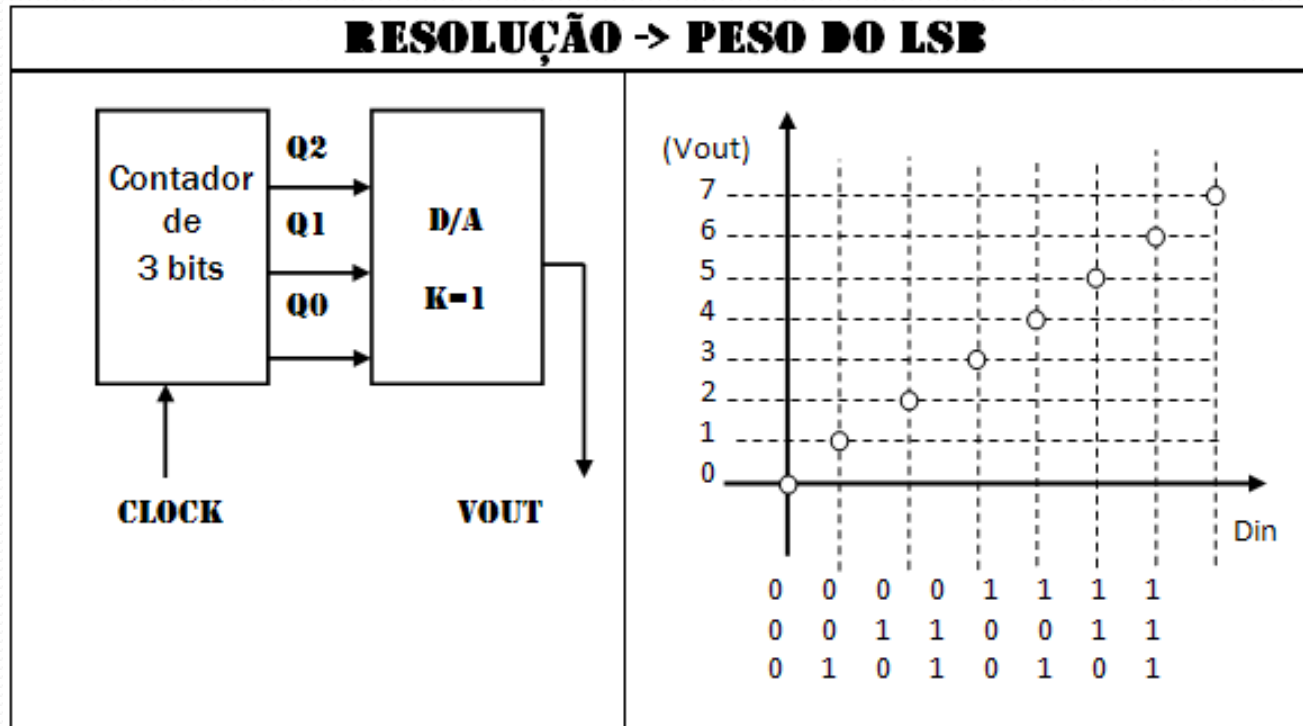
- Tecnicamente a saída não é analógica uma vez que não possui variação contínua (pseudo-analógica).
- Quanto mais bits de saída, mais precisa esta ficará.
- Cada entrada binária contribui para a saída um valor proporcional ao peso binário do código de entrada. (I2=>P4, I1=>P2 e I0=>P1)

Exercícios:

Em um DAC de 5 bits o bit I2 contribui com 1,2V. Qual Vout para um Din igual a 11111(2)?

RESOLUÇÃO DE UM CONVERSOR DIGITAL-ANALÓGICO

É a menor modificação que pode ocorrer na saída analógica decorrente de uma alteração na entrada digital.



K = Resolução (Tensão ou corrente do degrau)

Nº de degraus = $2^N - 1$

Exercício:

Qual a resolução de um conversor D/A de 8 bits em que Vout é 3V para um Din de 64H?

RESOLUÇÃO PORCENTUAL

Resolução representada como porcentagem do valor máximo possível para saída ou valor de fim de escala (%).

Ex: Qual a resolução percentual de um DAC de 3 bits com K=1?

$$\text{Res. Porcentual} = \frac{\text{Tamanho do Degrau}}{\text{valor de F.S.}} \times 100\% = \frac{1}{7} \times 100 = 14,2\%$$

Exercícios:

Um DAC de 10 bits tem tamanho de degrau de 10mV. Qual a sua Resolução (%)?

Considerações:

$$\text{Se } FS = K \times (2^N - 1) \quad \text{e} \quad R(\%) = \frac{K}{FS} \times 100$$

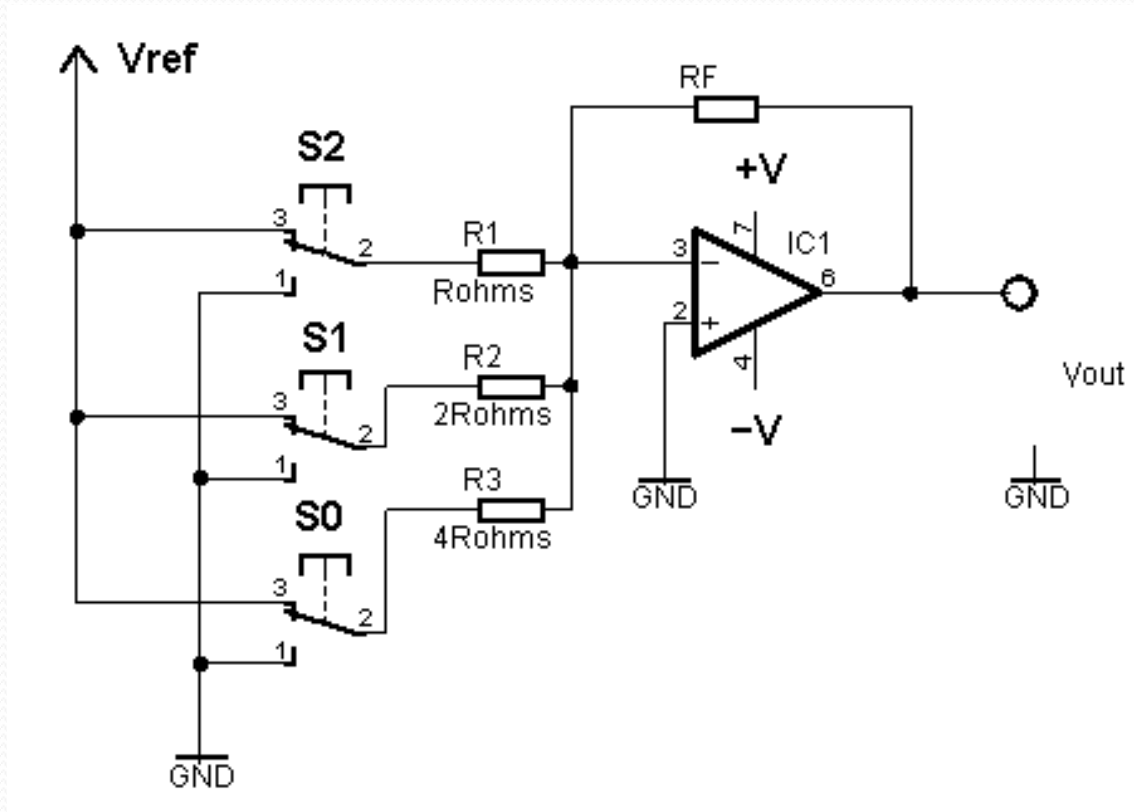
então,

$$R(\%) = \frac{1}{2^N - 1} \times 100$$

Resumindo: Quanto mais bits o conversor tiver melhor a resolução, menor o degrau e mais valores de tensão podem ser gerados, para um mesmo FS. (O fabricante especifica a resolução como n° de bits)

Exercício: Considere que um computador que, através de um DAC e uma interface de controle regula a velocidade de um motor DC. Sabendo-se que o FS do DAC é de 2mA e que o motor com este *range* de excitação na interface de controle pode girar de 0 a 1000rpm, qual deve ser a resolução do DAC, em número de bits e percentual, para que o ajuste na velocidade seja feito de 2 em 2 rpm?

CONVERSOR DAC - RESISTORES PONDERADOS



$$V_{out} = -\frac{R_f}{R} \left(S_2 + \frac{S_1}{2} + \frac{S_0}{4} \right) * V_{ref}$$

CONVERSOR DAC

Considerações:

- Se S2, S1 e S0 forem iguais a “1”, a chave se conecta a Vref caso contrário se conecta a GND.
- Não podemos conectar diretamente saídas TTL aos resistores devido a margem de variação das tensões de saída em níveis “1” e “0”.

Soluções:

- ✓ Usar um buffer CMOS (CD4010) ou uma chave CMOS (CD4016 ou 74HC4016).
- ✓ Características de saída de circuitos CMOS:
Para $V_{DD}=5V \Rightarrow V_{OL}<0,05V$ e $V_{OH}>4,95V$
- ✓ Chaves analógicas CMOS:
Controle: desativado $\Rightarrow Z=10\text{ Gohms}$, ativado $\Rightarrow Z=200\text{ohms}$
- ✓ Amplificador operacional com alimentação não simétrica:
CA3140

Exercício:

Faça a tabela de valores de saída para o DAC de 3 bits do tipo resistores ponderados especificado: $R_f=1K$, $R=1K$, $V_{ref}=15V$ e $V=\pm 10V$. Qual a conclusão?

PRECISÃO DOS DAC

Representa quanto o valor de tensão de saída chegará perto dos valores calculados (ideais).

Fatores que influenciam:

Tolerância dos resistores.

Variação da V_{ref} .

Estabilidade do A.O.

PRECISÃO DOS DAC

Modos mais comuns de especificação pelos fabricantes:

Erro de F.S. -> Desvio máximo da saída do conversor em relação a seu valor ideal, expresso como porcentagem do valor de F.S.

Erro de Linearidade -> É o desvio máximo admitido para o tamanho ideal dos degraus do conversor.

Exercício:

1. Se a precisão de um DAC de 4 bits é $\pm 0,01\%$ FS, sendo o FS de 9,375V, pergunta-se: quais os possíveis valores da saída para um Din igual a 0001(2)?
2. Um DAC de 8 bits tem FS de 2mA e EL de $\pm 0,5\%$ FS. Quais os valores possíveis para um Din igual a 80H?

Tempo de Estabilização

É o tempo gasto pela saída do DAC para ir da situação inicial até o valor final da escala. Especifica a velocidade de operação de um DAC.

Considera-se estável o sinal com oscilação de $\pm 1/2$ do tamanho do degrau. Na prática: 50ns a 10 μ s, geralmente saída em corrente é melhor em razão da ausência do AO.

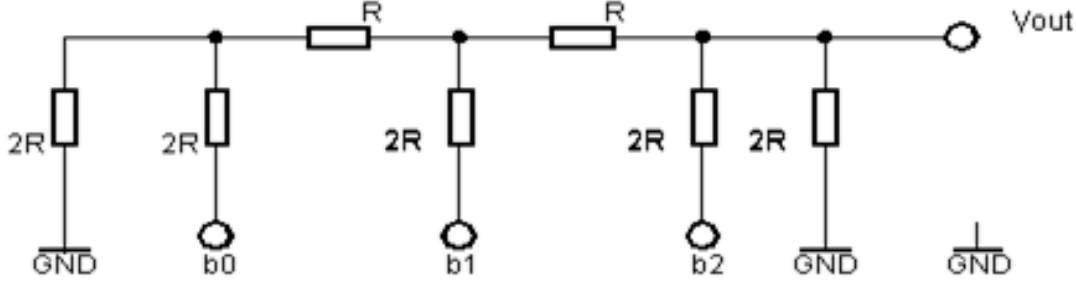
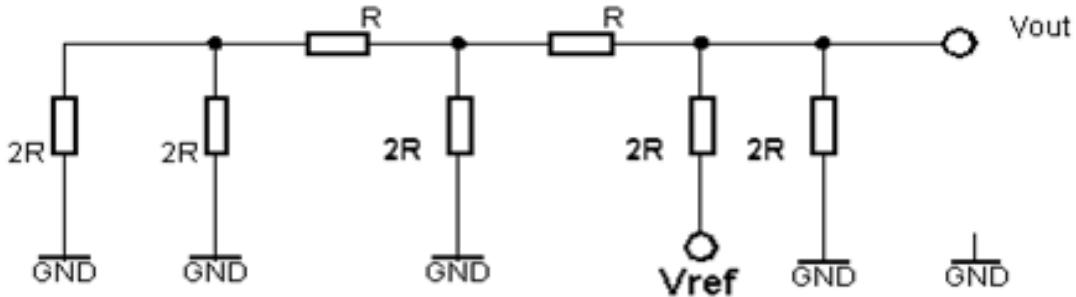
Tensão de Compensação

Tensão aplicada para corrigir o erro de offset, que é a tensão apresentada (diferente de zero) na saída do DAC para uma entrada binária nula aplicada. Normalmente compensada por ajuste externo.

Monotonicidade

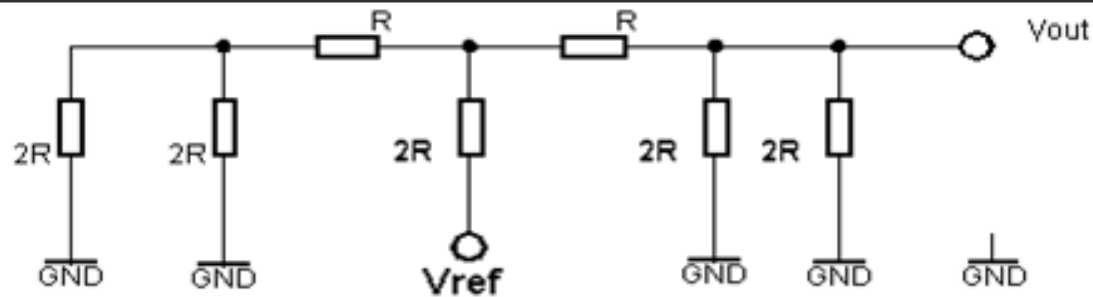
É monotônico o DAC se a saída cresce sempre que a entrada binária é incrementada.

CONVERSOR DAC DO TIPO ESCADA R-2R

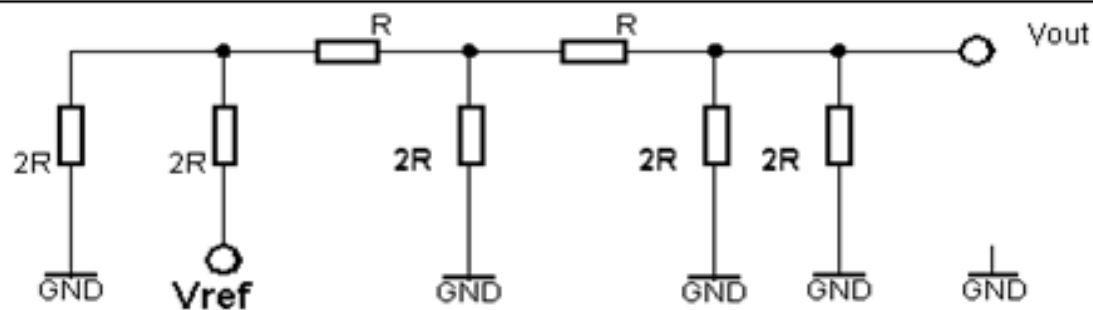
CIRCUITO GERAL:	EQUAÇÃO DE SAÍDA
	
PARA ENTRADA (100)2:	
	

CONVERSOR DAC DO TIPO ESCADA R-2R

PARA ENTRADA (010)₂:



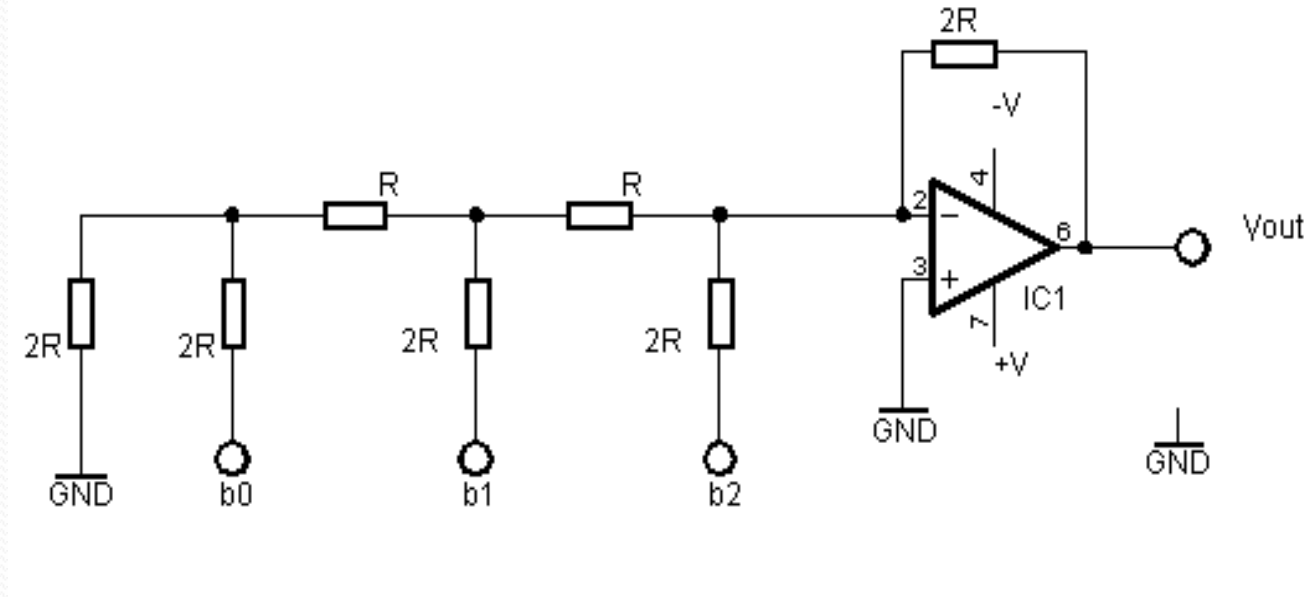
PARA ENTRADA (001)₂:



Logo:

$$V_{out} = \frac{V_{ref}}{3} \left(b2 + \frac{b1}{2} + \frac{b0}{4} \right)$$

Com AO:



$$V_{out} = ?$$