

10.0 Conversores DA

Monitorar grandezas físicas, coletar dados e armazená-los para possíveis tomadas de decisão é grande interesse da indústria. A precisão dos sinais coletados é de extrema importância, pois erros acarretarão em falhas com consequências irreparáveis.

Com o surgimento dos sistemas digitais a aquisição e processamento dos dados coletados tornaram-se mais confiáveis e seguros.

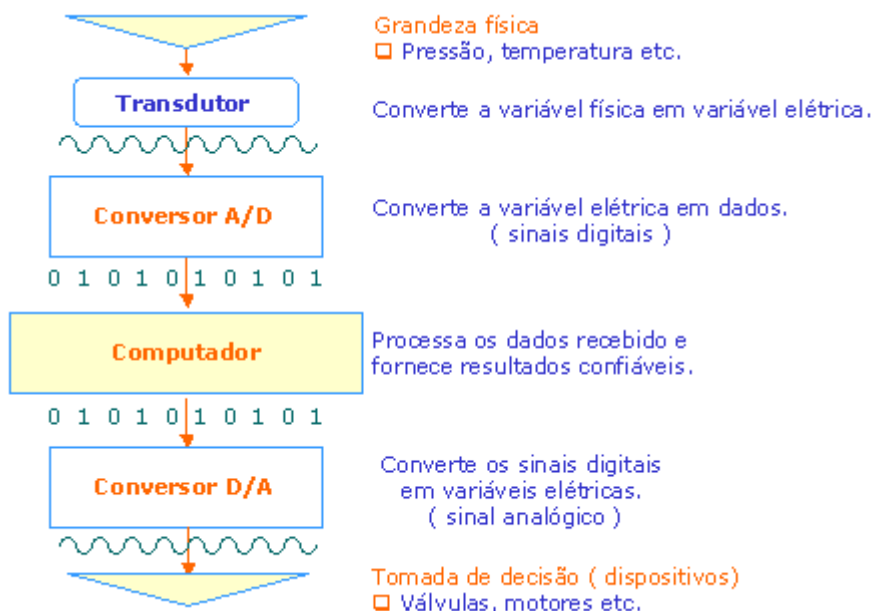
Conceitos básicos:

Sinal Analógico ⇒ Pode-se definir um sinal analógico, como toda variação contínua de uma variável. Um sinal analógico pode ser qualquer grandeza física existente na natureza, exemplo: pressão, temperatura, nível, vazão etc.

Sinal digital ⇒ É uma variação discreta onde só existe dois níveis baixo ou alto, ON ou OFF ligado ou desligado, ou seja, não há valor intermediário, a mudança de um nível para outro se dá em saltos.

A interface analógica digital – digital analógica

Entre a monitoração e/ou controle de uma grandeza física e uma possível tomada de decisão, existem elementos de conversão, que são representados pelo diagrama de blocos abaixo:

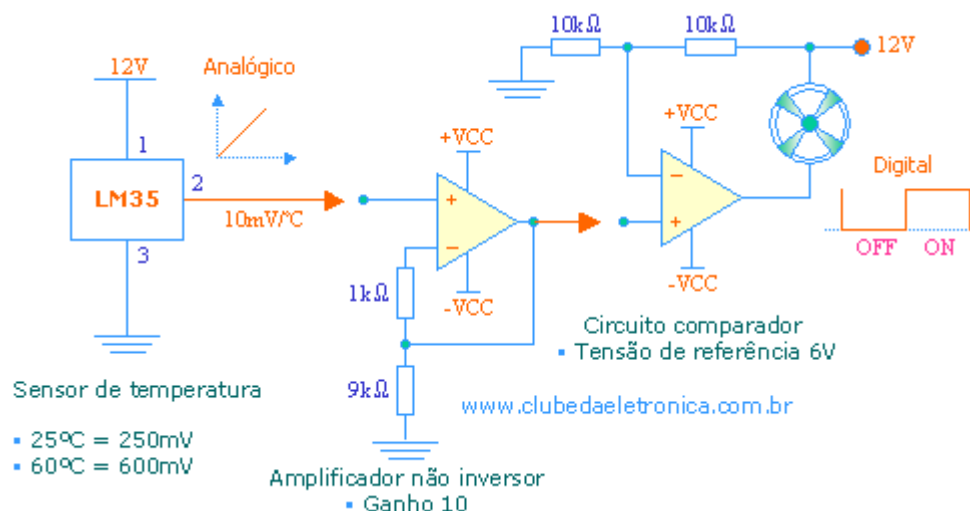


Um sistema simples de conversão de um sinal analógico em um sinal digital.

Deseja-se implementar um sistema de controle de temperatura.

Temperatura < que 60°C, ventilação desligada,

Temperatura ≥ a 60°C, ventilação ligada.



Funcionamento:

O circuito LM35 é capaz de converter uma grandeza física (temperatura) em um sinal de tensão de 10mV para cada 1°C de acréscimo dessa temperatura.

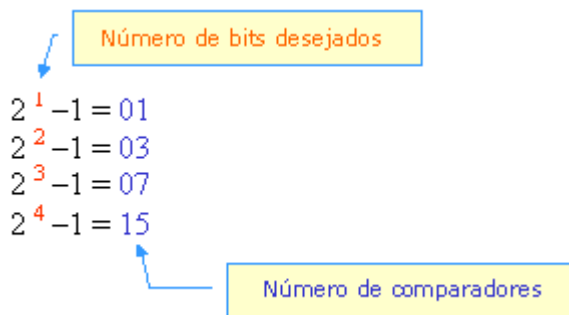
O amplificador operacional amplifica o sinal em 10 vezes, assim 25°C (temperatura ambiente) e 60°C (máximo desejado) equivalem respectivamente a 2,5V e 6V na saída do operacional.

O circuito comparador é um conversor AD de um bit, ou seja, o sinal de entrada é comparado com a referência de 6V ajustada pelo projetista, e:

Se menor, ventilação desligada - OFF
 Se maior, ventilação ligada - ON

Conseguindo mais bits

No exemplo acima, o projetista usou um comparador e conseguiu um bit, ou seja, se desejar 2 ou mais bits deverá utilizar um número maior de comparadores. Para saber o número de comparadores, deve-se usar a seguinte regra:

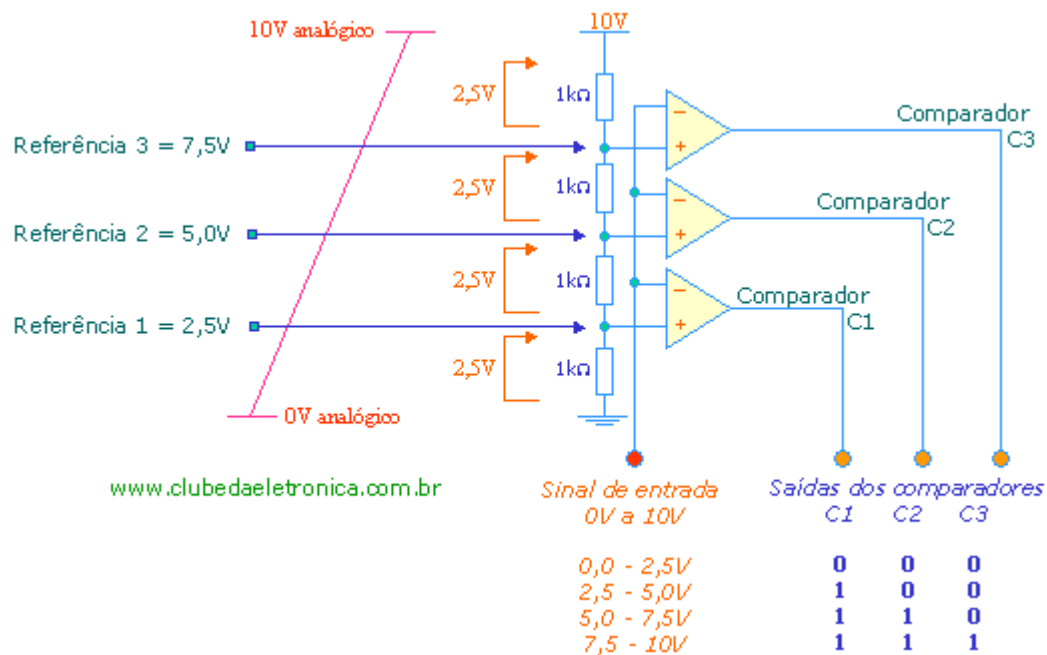


Então:

Para obtermos um conversor de 1 bit necessitamos de um comparador.
 Para obtermos um conversor de 2 bits necessitamos de três comparadores.
 Para obtermos um conversor de 3 bits necessitamos de sete comparadores.

Um conversor analógico digital de 2 bits

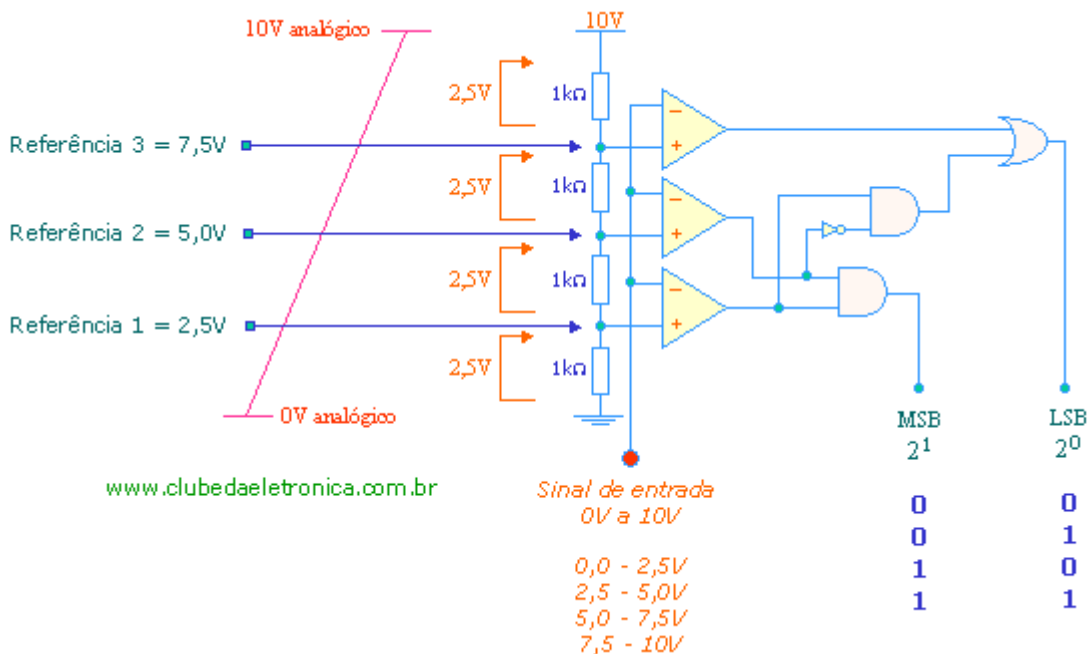
Deseja-se implementar um conversor AD de 2 Bits, ou seja, 4 condições possíveis: 00,01,10 e 11.



Descrição:

No início $v_i = 0$, todas as saída dos comparadores estarão em nível lógico baixo; Quando $V_i \geq 2,5V$, a saída do primeiro comparador comuta de baixo para alto; Quando $V_i \geq 5,0V$, a saída do segundo comparador comuta de baixo para alto; e Quando $V_i \geq 7,5V$, a saída do terceiro comparador comuta de baixo para alto.

A lógica de saída



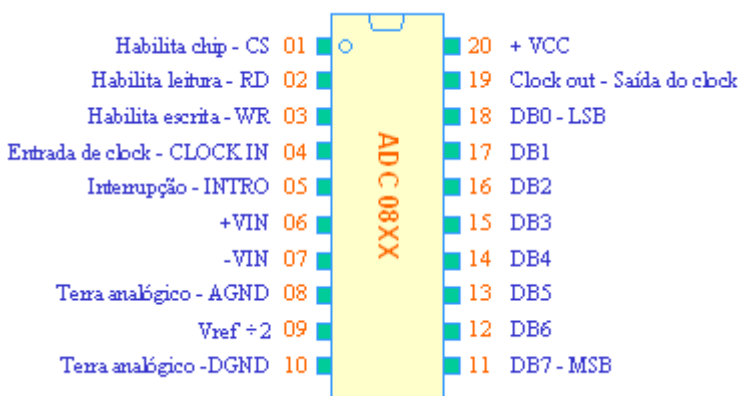
Descrição final:

Sinal de entrada	C1	C2	C3	C1 e C2	MSB	C1 e C2' ou C3	LSB
$0,0 \leq V_i < 2,5V$	0	0	0	0 e 0	0	0 e 1 ou 0	0
$2,5V \leq V_i < 5,0V$	1	0	0	1 e 0	0	1 e 1 ou 0	1
$5,0V \leq V_i < 7,5V$	1	1	0	1 e 1	1	1 e 0 ou 0	0
$7,5V \leq V_i \leq 10V$	1	1	1	1 e 1	1	1 e 0 ou 1	1

O conversor Analógico digital ADC 0804

A crescente demanda tecnológica e a necessidade de aquisição de dados impulsionaram as indústrias de componentes eletrônicos a desenvolverem circuitos integrados capazes de converter sinais analógicos em digitais.

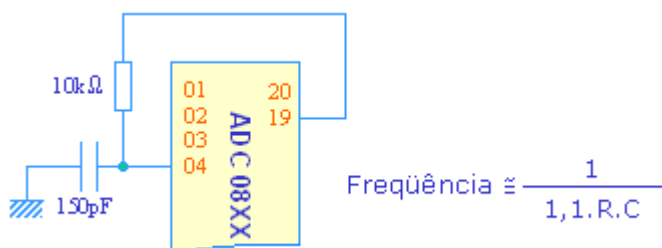
Os integrados mais populares para conversão de sinais analógicos em digitais são os da ADC 08XX.



Neste capítulo, em especial, será discutido o ADC 0804 (Conversor Analógico Digital) da National Semicondutores, capaz de converter uma amostra analógica entre 0 e 5v, em 8 bits.

Descrição dos terminais

- ❑ **01 - Seleção de chip CS'** → é responsável pela habilitação do integrado, deve estar em nível lógico "OFF" para que os pinos RD' e WR' tenham efeito.
- ❑ **02 - Leitura RD'** → habilita os buffers liberando a saída dos dados, estando o chip selecionado CS' = OFF e RD' = OFF será permitido leitura dos valores convertidos.
- ❑ **03 - Escrita WR'** → Se WR' = OFF dá início a uma nova conversão.
- ❑ **04 - CLOCK IN e 19 - CLOCK OUT** → São usados em conjunto para entrada e saída de pulsos, tipicamente usa-se um resistor de 10kΩ e um capacitor de 150 pF



- ❑ **05 - Interrupção** → Iniciada a conversão A/D esse pino tem sua elevada ON e terminado a conversão sua saída será baixa OFF.
- ❑ **06 - Entrada não inversora (VIN +) e 07 Entrada inversora (VIN -)** → O Conversor AD 0804 possui um estágio diferencial na entrada, ou seja, a entrada real será:

$$VIN = Vin (+) - Vin (-)$$

Para entradas não diferenciais conectar o pino 7 Vin (-) à terra analógica do circuito.

- ❑ **08 - Terra analógico e 10 - Terra Digital** → Ruídos provenientes de fontes de sinais analógicos podem interferir na saída digital, para evitar esse problema o fabricante disponibiliza dois terras sendo um analógico e outro digital.

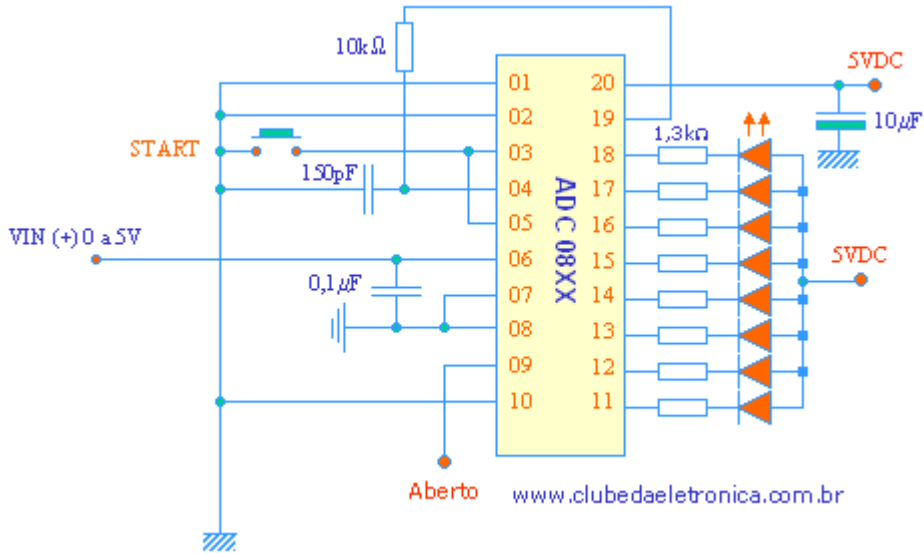
- ❑ **09 - Tensão de referência ÷ 2** → Esse permite mudar a tensão de referência interna do integrado, mudando assim a faixa analógica a se converter. É opcional, porém deixando-o aberto o circuito terá menos resolução. Tabela ao lado.

Vref/2	Analógico	Resolução
Aberto	0 a 5,0 V	19,5 mV
2,25 V	0 a 4,5 V	17,6 mV
2,00 V	0 a 4,0 V	15,7 mV
1,50 V	0 a 3,0 V	11,8 mV

- ❑ 11 - DB7 (MSB) ao 18 - DB0 (LSB) → São as saídas digitais
- ❑ 20 - VCC → É o pino de alimentação do ADC, também pode ser usado como referência.

O circuito de teste

Uma forma simples de testar um conversor A/D é aplicar um sinal de 0 a 5V na entrada analógica e conectar LEDs as saídas para que indiquem o código digital. Para facilitar o teste o circuito será alimentado com 5V (+VDC) e a tensão de referência (V_{REF} ÷ 2) aberta.



A resolução pode ser calculada por:

$$\text{Resolução} = \frac{\text{Sinal de entrada}}{2^8}$$

Base binária e Número de bits do conversor

Isto fornece uma resolução de:

$$\text{Resolução} = 5V \div 256 \cong 19,53mV$$

O fundo de escala máximo valor aplicado à entrada diferencial deve ser:

$$V_{IN (+)} = V_{MAX} - 1,5 \cdot \left(\frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{256} \right) \quad \text{Ou} \quad V_{IN (+)} = VDC - 1,5 \cdot LSB$$

Assim, se o projetista desejar uma boa precisão, deverá ajustar o fundo de escala em:

$$V_{in} = 5V - 1,5 \cdot 19,53mV \cong 4,97V$$

Pode-se verificar a amplitude do sinal de entrada através da seguinte equação:

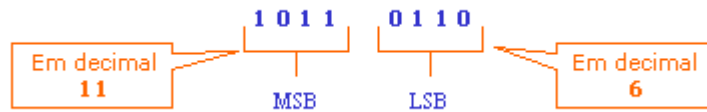
$$V_{OUT} = \left(\frac{MSB}{16} + \frac{LSB}{256} \right) \cdot VDC$$

4 Bits mais significativos

4 Bits menos significativos

Exemplo:

Para um sinal de saída de 1011 0110, tem-se:



$$\text{Tensão de saída (Vout)} = [(11 \div 16) + (6 \div 256)] \cdot 5V \cong 3,55V$$

Relação entrada saída

Sinal de entrada (0 a 5V)	LSB (18)							MBS (11)
0V	0	0	0	0	0	0	0	0
19,53mV	1	0	0	0	0	0	0	0
58,59mV	1	1	0	0	0	0	0	0
136,72mV	1	1	1	0	0	0	0	0
.
.
.
$4,98 \leq V_{in} < 5V$	1	1	1	1	1	1	1	1

Referências bibliográficas:

- ❑ Ivan V. Doeta / Francisco G. Capuano. Elementos de Eletrônica Digital. São Paulo: Erica, 1986.
- ❑ Tocci, Ronald J.; Widmer, Neal S.; Moss, Gregory L. Pearson. Sistemas Digitais - Princípios e Aplicações. Person, 2008.
- ❑ Antonio Carlos de Lourenço / Eduardo Cesar Alves. Circuitos digitais. São Paulo: Erica, 1986.

**“Se queres prever o futuro, estuda o passado.”
Confúcio**