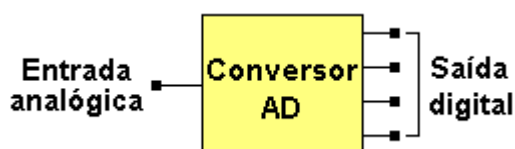


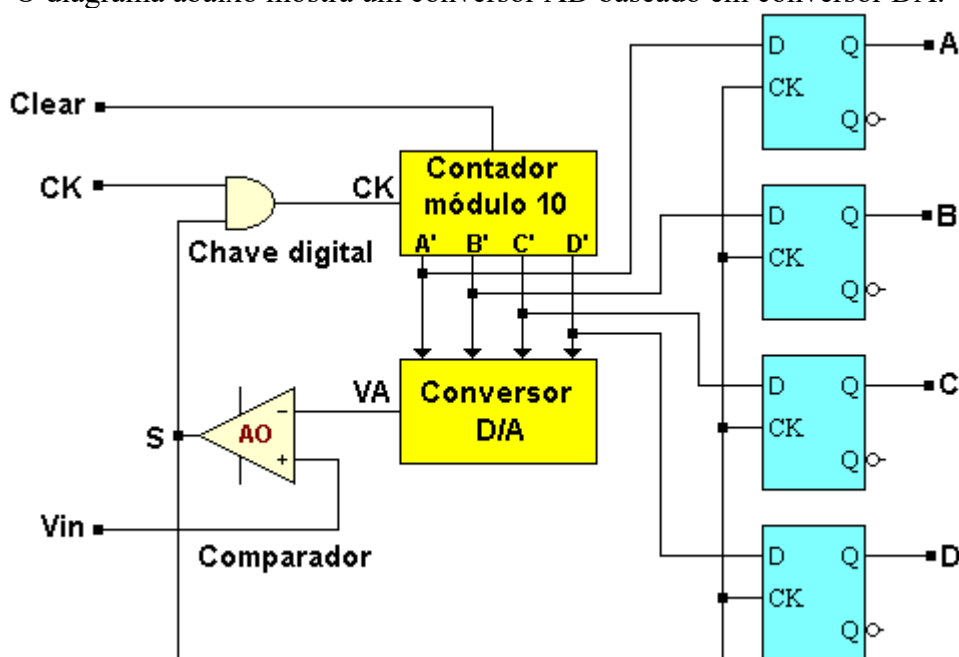
ESTUDO DINÂMICO CONVERSORES ANALÓGICO-DIGITAIS

Conversores AD são circuitos que convertem sinais analógicos em sinais digitais. Portanto, o conversor analógico-digital inverte o processo do conversor digital-analógico.

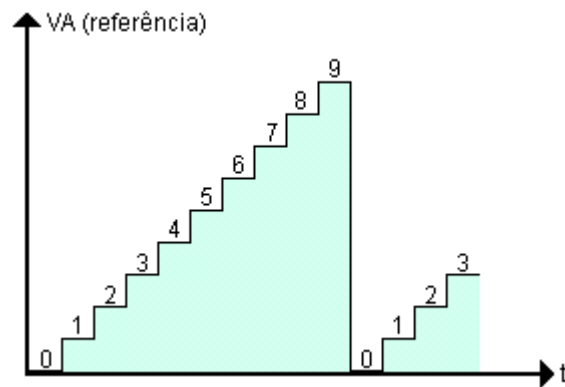
Uma das formas mais simples para se converter sinais analógicos em sinais digitais é a utilização de circuitos chamados *Feedback Converters* ou conversores por realimentação, utilizando conversores DA.



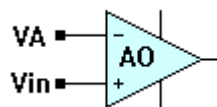
O diagrama abaixo mostra um conversor AD baseado em conversor DA.



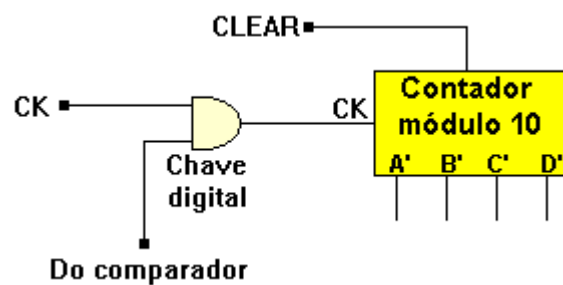
- O contador módulo 10 gera o código BCD8421 nas saídas A' B' C' e D'.
- Essas saídas são injetadas no conversor DA que gera uma tensão analógica, que chamaremos de VA, a qual servirá como referência.
- A tensão VA é injetada em uma das entradas do circuito comparador, constituído por um AO. Na outra entrada do comparador é injetada a tensão que queremos converter, a qual chamaremos de Vin.
- A saída do comparador formará o clock dos FFs do circuito de saída e acionará a chave digital formada por uma porta AND, que inibirá ou não a entrada dos pulsos de clock do contador módulo 10.
- Ao se ligar as saídas do contador módulo 10 ao conversor DA, este fornecerá uma tensão analógica conforme mostra o gráfico da figura a seguir:



Essa tensão é comparada então com V_{in} , onde teremos então as seguintes condições:



- a) Se $V_A < V_{in}$, então teremos na saída NL 1 ($S = 1$)
- b) Se $V_A > V_{in}$, então teremos na saída NL 0 ($S = 0$)



O clock somente comandará o contador quando o sinal do comparador tiver nível lógico igual a 1 ($V_a < V_{in}$).

O contador continuará operando até que V_A seja maior do que V_{in} . Neste instante a saída do comparador será igual a zero, bloqueando a chave digital e bloqueando também a passagem do clock, fazendo com que o contador permaneça em seu estado, que é numericamente igual a tensão de entrada analógica V_{in} .

Quando V_A supera V_{in} o comparador bloqueia o contador, pois na saída do comparador teremos zero.

A diferença entre V_a e V_{in} para bloquear o contador é tão insignificante, que na prática podemos considerar $V_A = V_{in}$ para $S = 0$

OBSERVAÇÕES: A saída “S” do comparador atua também como clock dos FFs tipo D da saída. Quando S passa de 1 para 0, as informações contidas em A' B' C' e D' serão armazenadas pelos FFs. Essa informação nada mais é do que a tensão analógica da entrada codificada em binário.

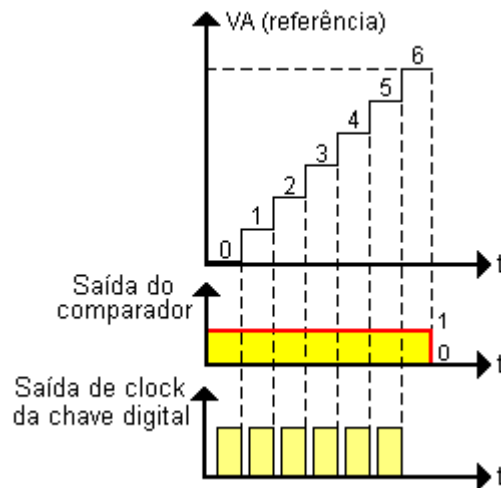
Obviamente, considerando-se $V_{in} = 6V$, a tensão binária codificada será 0110.

Para zerar a saída e reiniciar a conversão, basta aplicar um pulso na entrada CLR do contador, como consequência teremos:

$$V_A = 0 \rightarrow S = 1$$

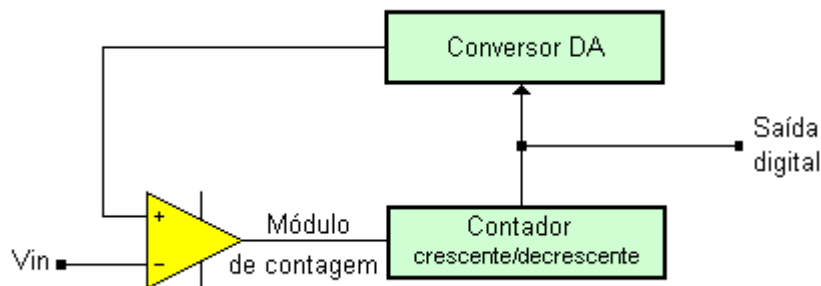
Isto fará com que a chave analógica libere os pulsos de clock até ao contador, permitindo nova conversão para um outro valor analógico qualquer.

Veja a figura a seguir:



O conversor AD visto é do tipo *Contagem Ascendente*. A desvantagem desse tipo de conversor é que para cada ciclo de conversão o contador deve ser resetado, iniciando sempre sua contagem a partir de zero. Isto ocasiona uma baixa velocidade de conversão.

O circuito da figura a seguir é uma outra variação de conversor AD.



Verifica-se que o mesmo possui um contador crescente/decrecente. Esse conversor é conhecido como *Conversor AD por Rastreamento*.

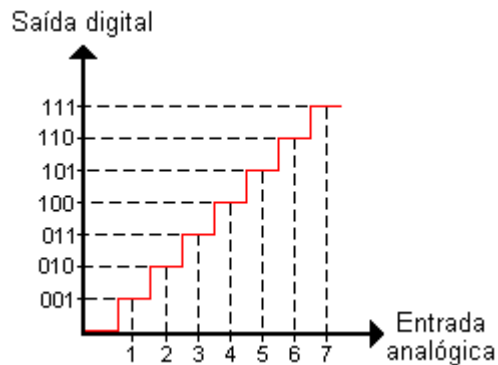
Se a entrada analógica estiver em um nível acima do precedente, o contador é incrementado a partir do ponto onde havia parado, sem ter que retornar a zero. Por outro lado, se a entrada analógica estiver em um nível inferior ao precedente, o contador é decrementado.

Portanto, a principal característica do conversor AD por rastreamento é o não retorno a zero entre ciclos sucessivos de conversão.

ERRO DE CONVERSÃO NOS CONVERSORES AD (QUANTIZAÇÃO)

Quando a entrada analógica possuir um valor fracionário, na saída, esse valor será arredondado.

Dependendo do valor analógico da entrada, o erro de conversão poderá assumir porcentagens elevadas.



Quando as entradas analógicas são inteiras, as saídas digitais são precisas. No entanto, para entradas não inteiras as saídas não são precisas, assumindo valores bem definidos.

Tomemos como exemplo: 1,4V – 2,2V – 3,4V – 5,8V e 6,9V

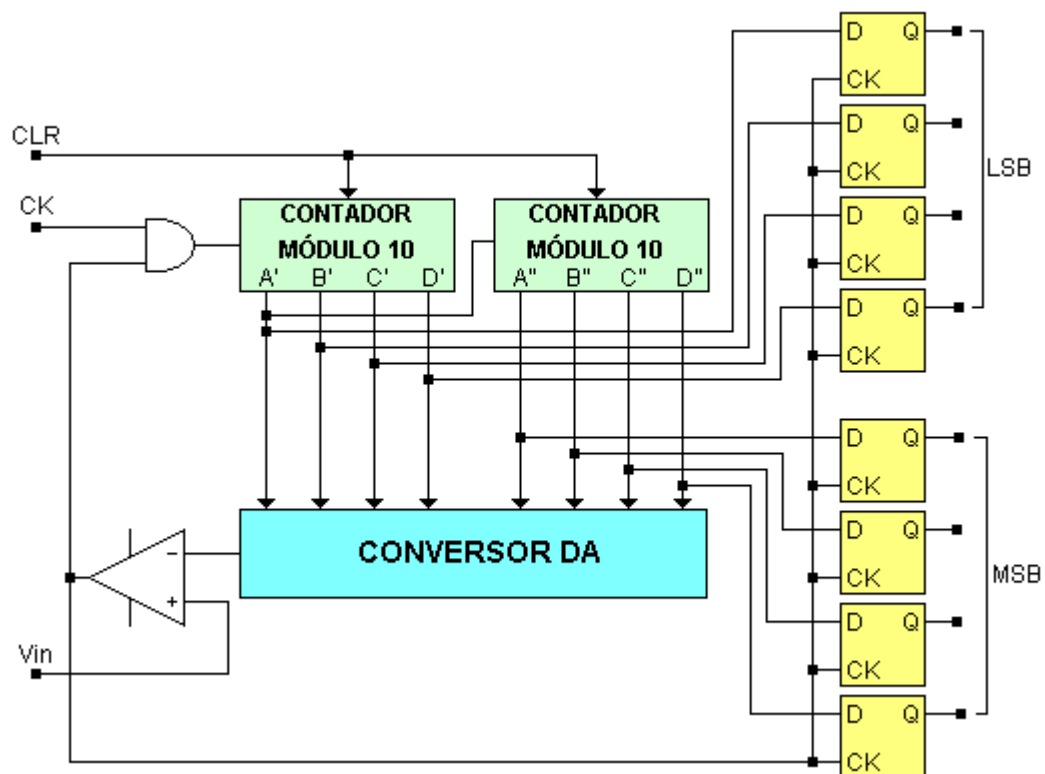
- a) para uma entrada de 1,4V a saída será 001 (equivalente a uma entrada de 1V)
- b) para uma entrada de 2,2V a saída será 010 (equivalente a uma entrada de 2V)
- c) para uma entrada de 3,4V a saída será 011 (equivalente a uma entrada de 3V)
- d) para uma entrada de 5,8V a saída será 110 (equivalente a uma entrada de 6V)
- e) para uma entrada de 6,9V a saída será 111 (equivalente a uma entrada de 7V)

Observa-se que o erro de quantização foi menor no item “e”. O erro de quantização ocorre em virtude da aproximação da entrada pelos valores discretos disponíveis nas saídas.

Uma das maneiras de contornar esse inconveniente é aumentar a faixa de contagem do contador, como por exemplo, inserir mais um contador módulo 10 no circuito.

Com isto consegue-se uma contagem de 0 a 99 ao invés de 0 a 9, aumentando assim um algarismo de precisão no processo de conversão.

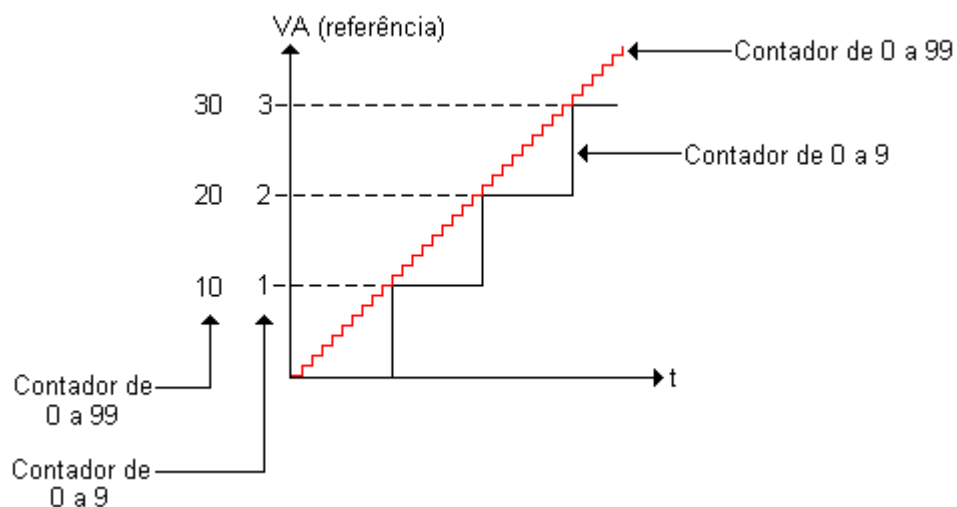
A figura a seguir mostra um conversor com melhor precisão em relação ao anterior, pois no mesmo foi acrescentado um contador módulo 10. Desta forma, teremos nos contadores as saídas: A' B' C' D' e A'' B'' C'' D'' respectivamente, separadas em algarismos menos significativos e mais significativos (LSB e MSB)



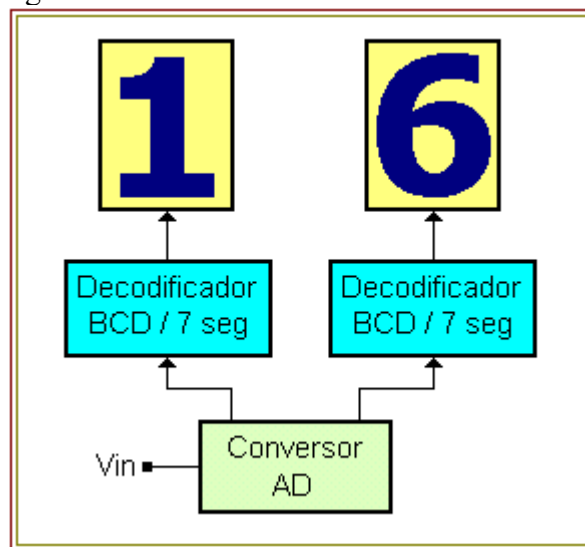
Separando-se os FFs correspondentes ao LSB e MSB, poderemos então obter na saída exatamente a tensão analógica da entrada convertida em digital, como por exemplo 1,6V

$$\begin{array}{l} 0001 = 1 \\ 0110 = 6 \end{array} \Rightarrow 1,6V$$

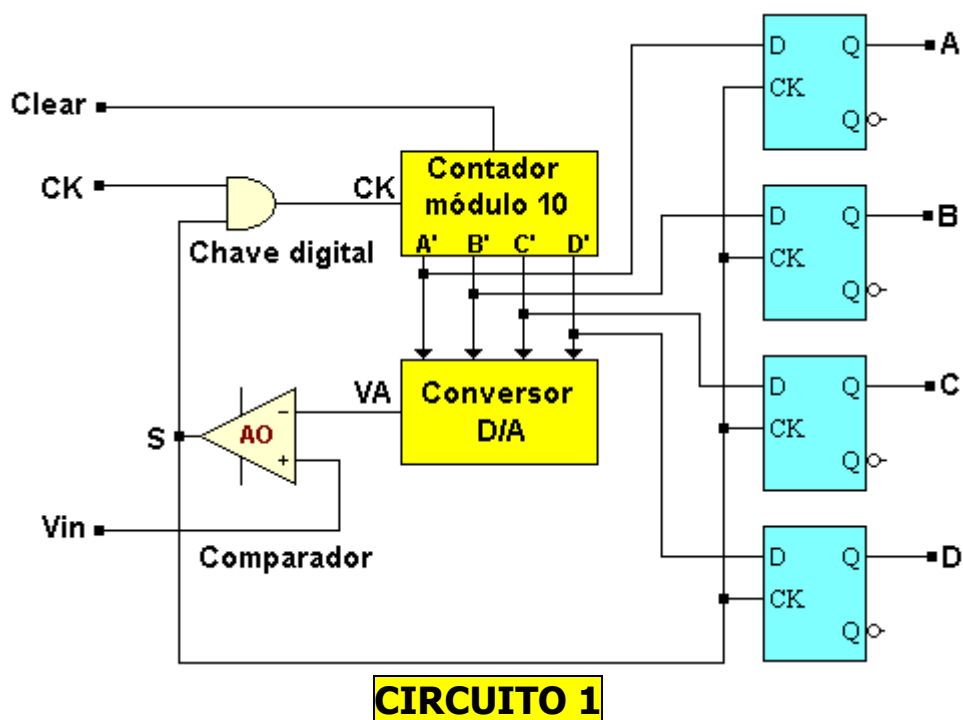
Os contadores neste caso, desempenham a função de precisão na obtenção das conversões. Se inserirmos no referido conversor mais um contador com seus respectivos FFs, aumentaremos a capacidade do conversor DA e obteremos mais um algarismo de precisão.



O conversor AD pode ser utilizado como voltímetro digital, cujo diagrama básico é mostrado a seguir:



TESTES - QUESTIONÁRIOS - EXERCÍCIOS



- 1) Os conversores AD por realimentação, são utilizados para:
 - a) converter sinais digitais em analógicos
 - b) converter sinais analógicos em digitais
 - c) atenuar sinais analógicos
 - d) atenuar sinais digitais

- 2) Analise o circuito 1 e responda: Qual é a principal função do comparador?

3) Ainda com relação ao circuito 1, em quais condições a chave digital estará habilitada?

4) Os conversores AD do tipo Contagem Ascendente possuem baixa velocidade de conversão:

☐ certo

☐ errado

5) Qual é a característica de um conversor AD por rastreamento?

- a) possui contador crescente
- b) possui contador decrescente
- c) possui contador crescente/decrescente
- d) não possui contador

6) Podemos afirmar que aumentando-se a capacidade do contador em um conversor AD, este torna-se mais preciso.

☐ certo

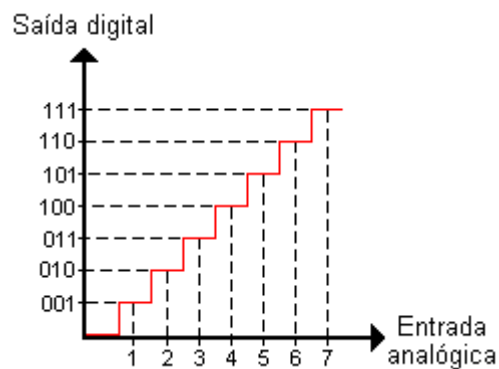
☐ errado

7) Cite uma vantagem do conversor AD por rastreamento.

8) A obtenção de maior precisão nos voltímetros digitais depende de:

- a) quantidade de displays
- b) capacidade do contador
- c) quantidade de decodificadores
- d) tipo de tensão aplicada na entrada (AC ou DC)

9) No gráfico abaixo, qual será o valor da saída digital para uma tensão analógica de 5,2V?



10) Analise o gráfico abaixo e responda: Se a tensão V_{in} for 2,2V (em um conversor AD com 2 contadores módulo 10), qual será a contagem do contador 0 a 9 e qual será a contagem do contador 0 a 99?

