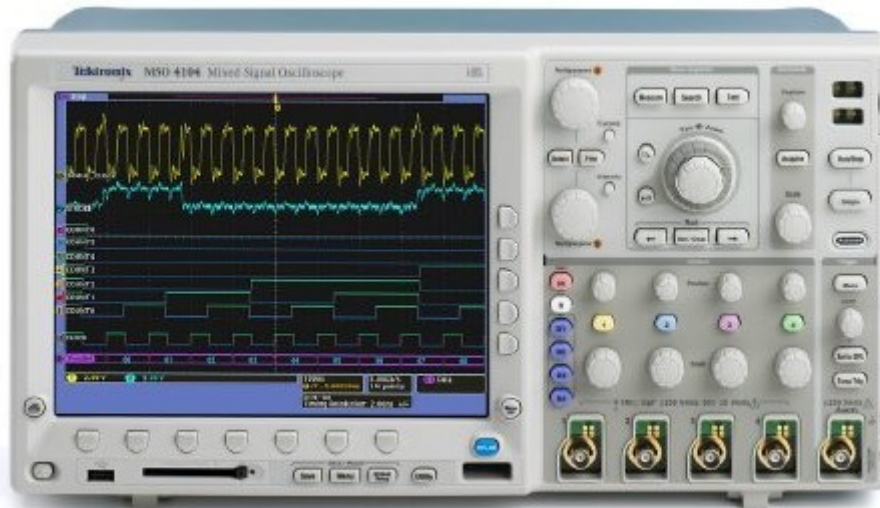


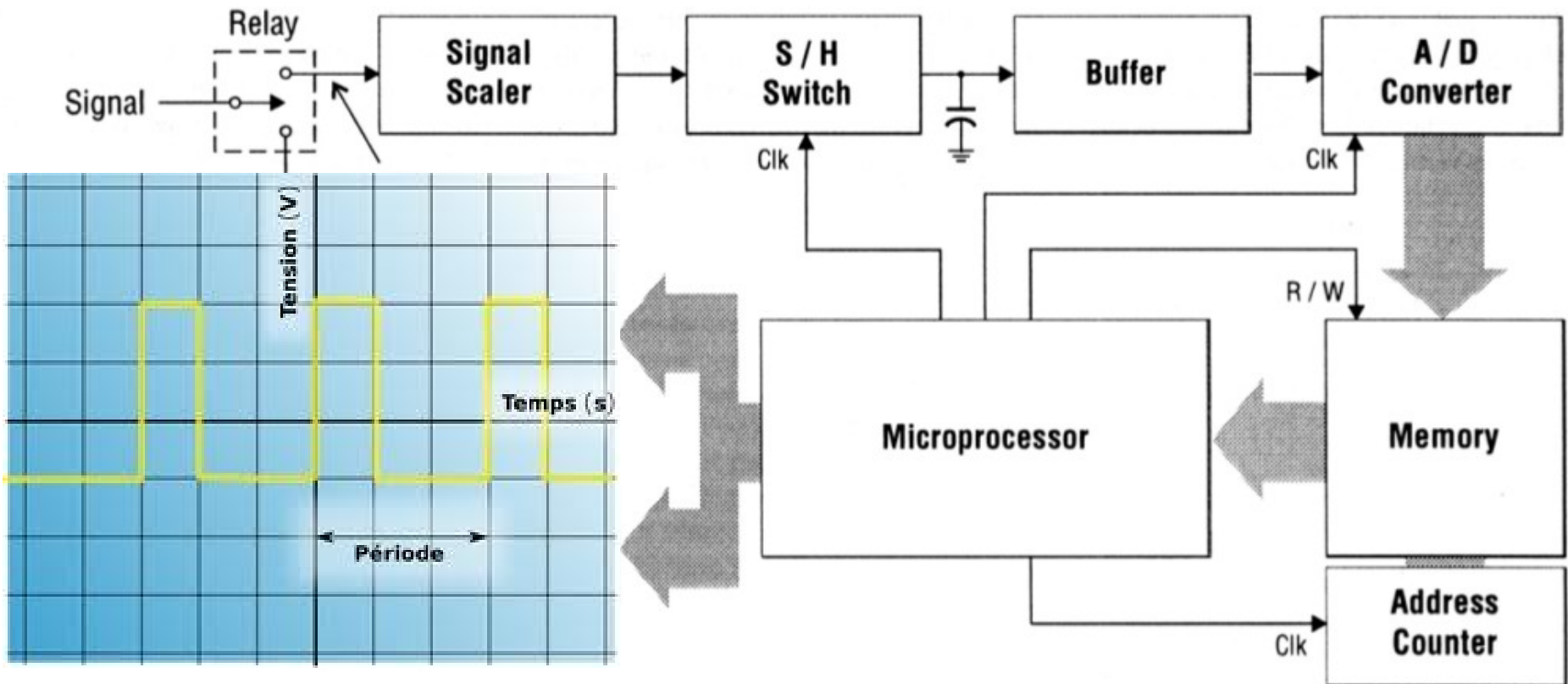
# Osciloscópio Digital

- Osciloscópio
  - Instrumento para análise de sinais no domínio do tempo



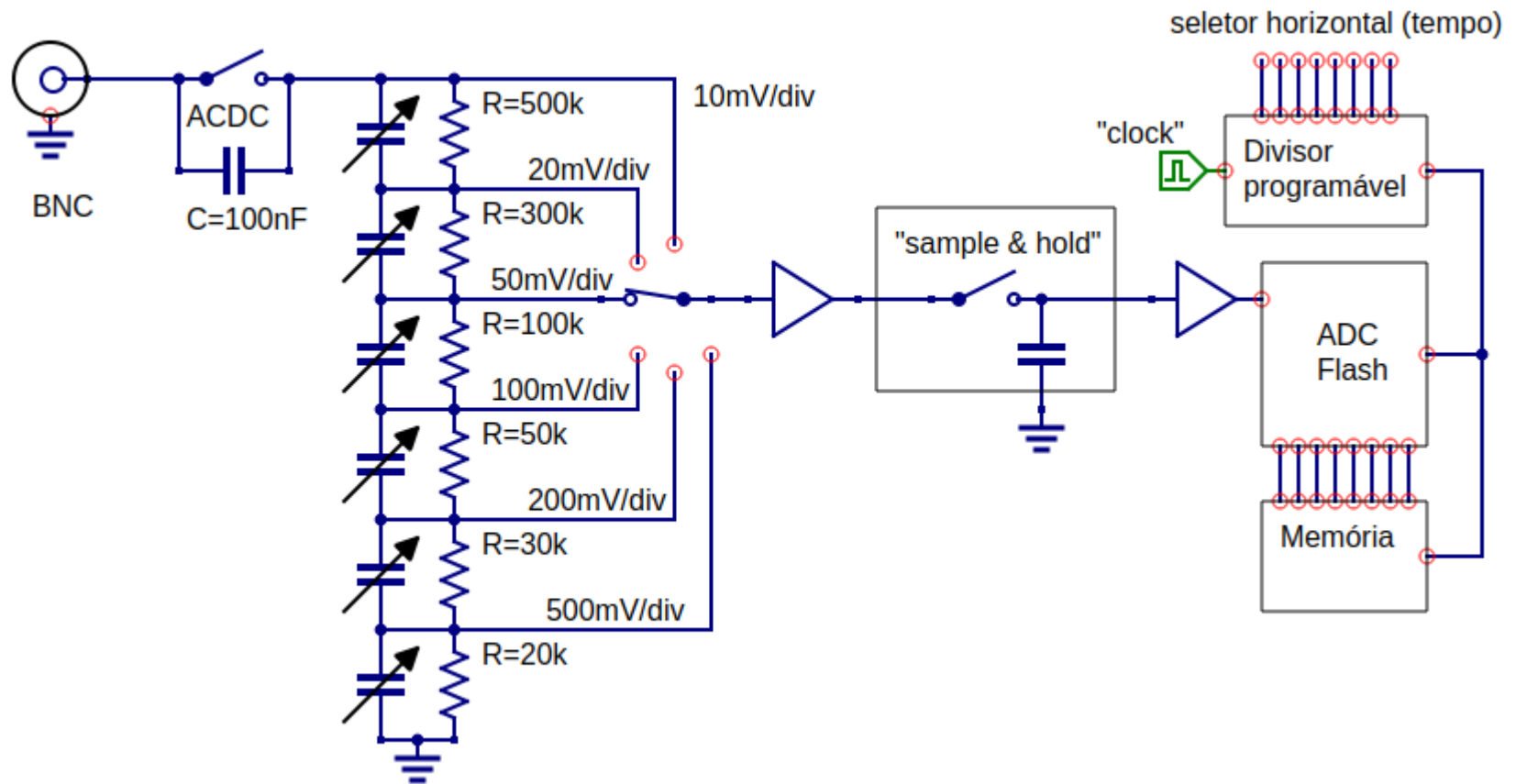
# Osciloscópio Digital

- Aquisição do sinal por um conversor A/D Flash



# Osciloscópio Digital

- Circuito de entrada / base de tempo

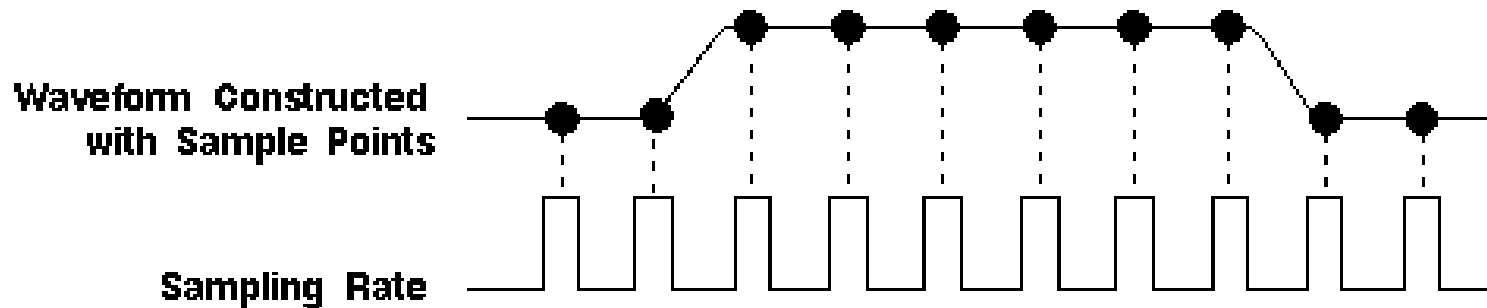


# Osciloscópio Digital

- Armazenamento do sinal digitalizado:
  - O resultado da conversão A/D é transferido para uma memória binária rápida SRAM
  - Os dados são processados e enviados ao display gráfico
  - Dois tipos de amostragem:
    - Em tempo real
    - Em tempo equivalente

# Osciloscópio Digital

- Amostragem em Tempo Real
  - O conversor A/D “amostra” o sinal de entrada e o converte para a forma digital em intervalos de tempo precisos definidos pela frequência de amostragem  $f_s$ .
  - A amostragem é realizada até que toda a memória seja preenchida.

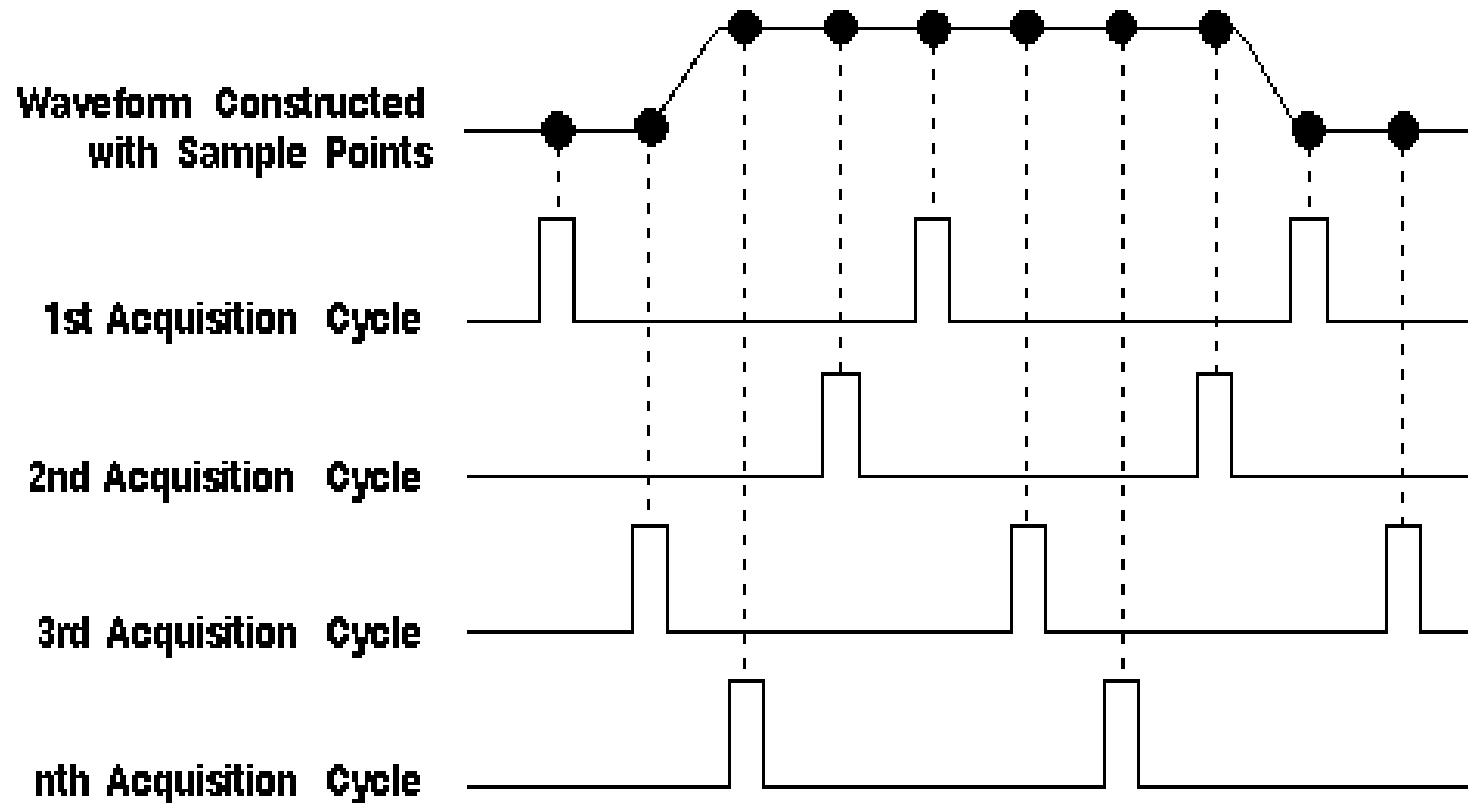


# Osciloscópio Digital

- Amostragem em Tempo Equivalente
  - Quando o sinal amostrado é repetitivo, pode-se usar um recurso de sobre-amostragem que permite aumentar o número de pontos horizontais (melhor resolução) pela composição de várias varreduras horizontais.
  - Cada seqüência de amostragens é efetuada com a máxima velocidade do conversor.
  - A visualização final é o resultado da sobreposição das várias seqüências de amostragem

# Osciloscópio Digital

- Amostragem em Tempo Equivalente



# Osciloscópio Digital

- Amostragem em Tempo Equivalente
  - A reconstrução do sinal a partir da superposição das diversas sequências exige o conhecimento preciso do tempo entre o disparo (*trigger*) e cada uma das amostras ( $t_1, t_2, t_3\dots$ ).
  - Isto é possível com o uso de interpoladores temporais.
  - O intervalo de tempo entre o disparo e a primeira amostragem das várias sequências ( $t_1, t_2, t_3\dots$ ) pode variar de forma sequencial ou aleatória.
  - Pode-se amostrar sinais com  $f_{\max} > fs/2$
  - Este recurso não funciona com sinais não repetitivos.



# Interpolação Gráfica

- Interpolação Gráfica
  - Adiciona amostras intermediárias calculadas a partir das amostras reais
  - Melhora a visualização dos dados na tela
  - Equivale a uma sobre-amostragem
  - Dois tipos principais:
    - Linear: as amostras são ligadas graficamente por segmentos de reta
    - Sinc: as amostras são ligadas graficamente pela função  $\text{Sen}(x)/x$

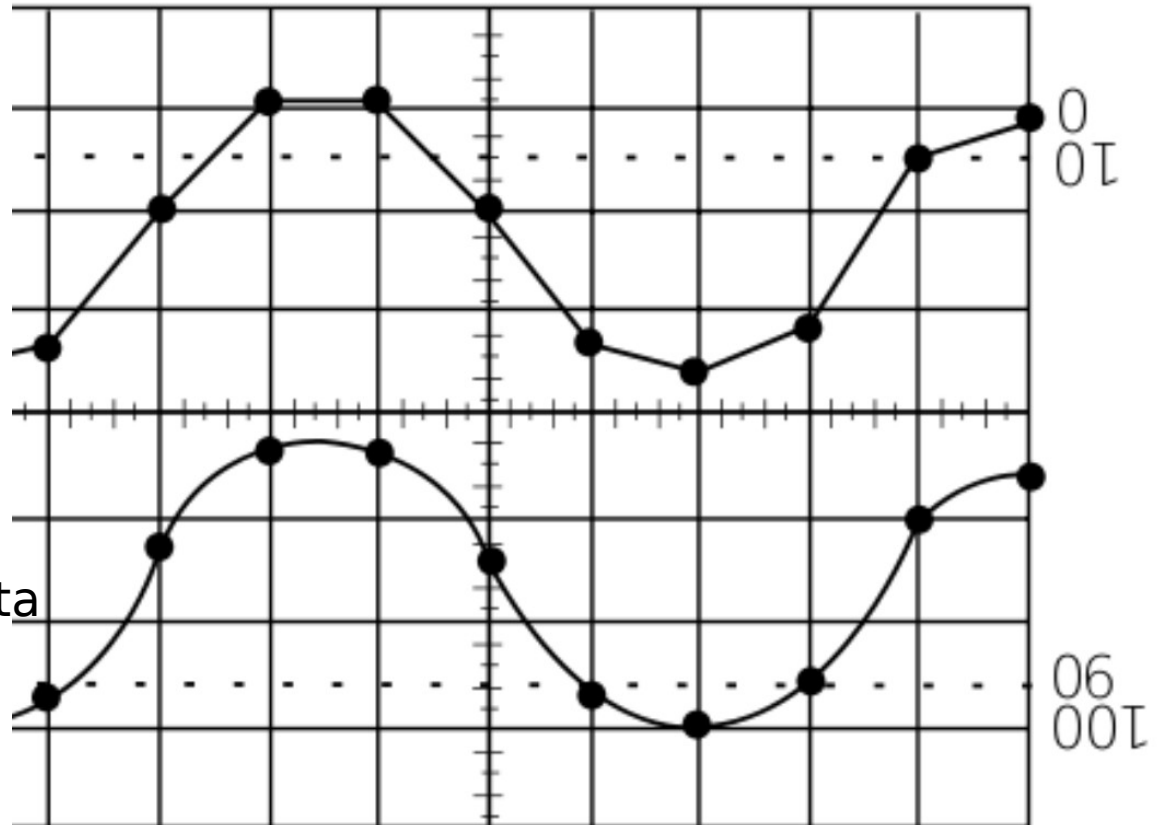
# Interpolação Gráfica

- Linear:

- Mais simples e rápida
- Menor qualidade

- $\text{Sen}(x)/x$ :

- Mais complexa e lenta
- Maior qualidade



# Medições Automáticas



Um conjunto de medidas temporais (período, freqüência, largura de pulso, etc.) e de amplitude (valor médio, RMS, pico, etc.) podem ser efetuadas automaticamente a partir de funções pré-definidas no sistema operacional do osciloscópio. Além disso é possível efetuar processamento matemático das formas de onda amostradas, como operações aritméticas básicas (+, -, \*, /), integral, diferencial, análises estatísticas, etc.