

# Condicionamento de sinais

Prof. Ilan Sousa Correa

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Instituto de Tecnologia (ITEC)

Faculdade de Eng. da Computação e Telecomunicações (FCT)

# Condicionamento de sinais

Introdução; Amplificadores; Exemplo com amplificador diferencial;  
Introdução ao Tina

# Condicionamento de sinais

## Introdução

- Sensores/Transdutores:
  - Transdutores são dispositivos que convertem energia de uma natureza para outra (corrente para tensão, som para sinal elétrico)
  - Usados em sistemas de automação, medição e controle, onde sinais elétricos de/para outras grandezas físicas (força, torque, luz, movimento, posição)
  - Transdutor de **atuação** ou de **medição** (sensores)

# Condicionamento de sinais

## Introdução

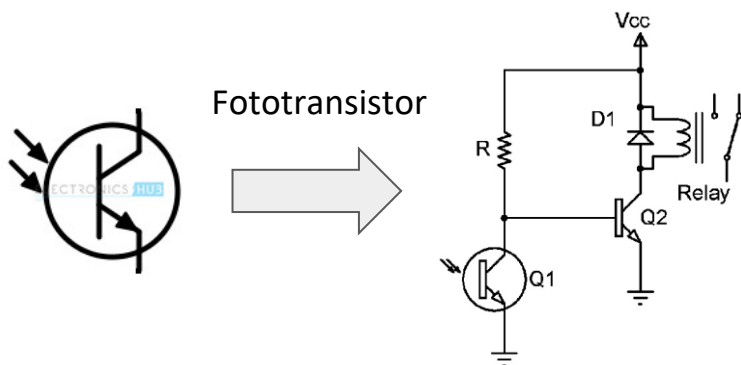
- Exemplos de sensores

		Tipo	Exemplos
Tipo	Exemplos	Pressão de fluido	Diafragma, tátil, piezoelétrico
Posição e proximidade	Resistivo, potenciômetro, capacitivo, Strain Gauge, Indutivo, óticos, sensor de efeito hall, sensores pneumáticos	Fluxo e nível de líquido	Turbina, orifício
Temperatura	Termistores, Termoacopladores, Faixa bimetálica, Detectores de temperatura baseados em resistência, termostato	Infravermelho	Par transmissor-receptor IR
Luminosidade	Fotodiodo, fototransistor, resistor dependente de luz	Força	Strain Gauge
Velocidade e movimento	Piroelétrico, tacogerador, codificador incremental	Toque	Capacitivo, Resistivo
		Ultravioleta	Detector UV

# Condicionamento de sinais

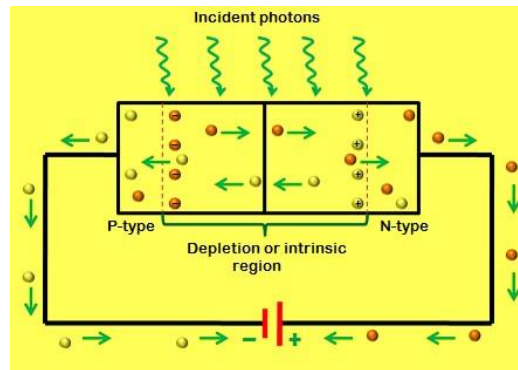
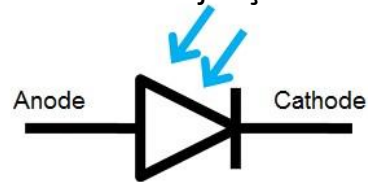
## Introdução

- Exemplos de sensores
  - Elétrico: antena
  - Químico: medidores de PH
  - Mecânico: acelerometro, potenciometro, sensores táteis
  - Acústico: microfone, cristais piezoelétricos
  - Óptico: fotodetector, fototransistor
  - Termoelétrico: Termistores



## Fotodetector

A incidência de luz (fótons) na junção PN do semiconductor induz uma corrente elétrica nos terminais da junção PN

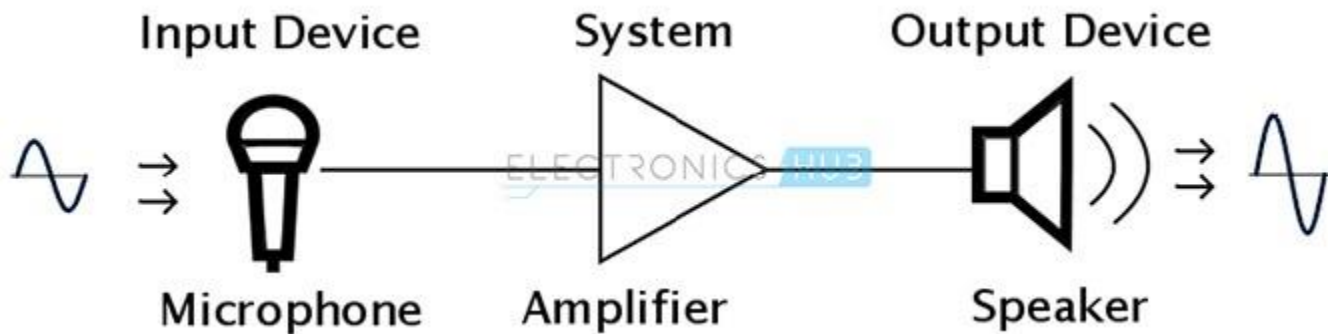


<https://www.electronicshub.org/photodiode-working-characteristics-applications/>

# Condicionamento de sinais

## Introdução

- Exemplos: um microfone é um sensor que converte ondas sonoras em sinal elétrico e um alto-falante é um atuador que converte energia elétrica em sinal de áudio (onda sonora)
- Microfone e alto-falante são transdutores
  - Microfone: Onda sonora  $\Rightarrow$  energia elétrica
  - Alto-falante: Energia elétrica  $\Rightarrow$  onda sonora



# Condicionamento de sinais

## Introdução

- Critérios para escolha de sensores
  - Tipo de medição: e.g., temperatura, pressão
  - Princípio de operação
  - Consumo energético
  - Precisão
  - Condição do ambiente
  - Custo
  - Resolução e faixa de operação
  - Calibração e repetibilidade
- Requisitos básico de um sensor
  - Faixa de operação
  - Precisão
  - Sensibilidade
  - Repetibilidade
  - Tempo de resposta
  - Linearidade
  - Resistência mecânica
  - Histerese

# Condicionamento de sinais

## Introdução

- Um sensor raramente pode ser conectado diretamente ao sistema de processamento
- O sinal gerado é, em geral, muito fraco, muito ruidoso ou contém componentes indesejáveis
- A saída do sensor pode ser incompatível com a entrada do sistema de processamento
- Sinais provenientes de sensores devem ser **condicionados** antes de serem repassados
- Condicionamento de sinais
  - Modificar o sinal original para um formato compatível com o dispositivo
  - Processamento de um sinal de modo que este atenda requisitos de um “próximo estágio” de processamento
  - Exemplos:
    - Conversão AD e DA: filtro anti-aliasing e filtro anti-imagem
    - Amplificação de um sinal para que este ocupe toda a faixa de tensão de um conversor AD
    - Sistemas de controle: é comum a utilização de **sensores** para monitorar um processo, sendo a saída do sensor **condicionada** antes de ser utilizada no controle do processo
    - Sistemas de potência: valores de tensão e corrente são monitorados por **sensores** e um processador utiliza os dados para controle ou reporta a um operador.



# Condicionamento de sinais

## Introdução

- Processos realizados em condicionamento de sinais
  - Filtragem
    - Eliminação de componentes em frequência de um sinal medido.
  - Amplificação/Atenuação
    - Aumento da amplitude de um sinal. Em geral, sinais provenientes de sensores têm amplitude muito baixa, logo, são amplificados para, por exemplo, aumentar a potência do sinal em relação ao ruído dos componentes eletrônicos que compõem o sistema (relação sinal-ruído - RSR, signal-to-noise ratio SNR)
  - Excitação
    - Fornecimento da energia necessária para a operação de um sensor. A qualidade da energia fornecida influencia diretamente na medição.
  - Ajuste de nível DC
  - Linearização
    - Necessária quando o sinal fornecido pelo sensor não está linearmente relacionada com a grandeza medida
  - Isolamento/Proteção
    - Usado para “enviar” o sinal da fonte (sensor) para o dispositivo de medição sem conexão física ou com interferência mínima no sinal.

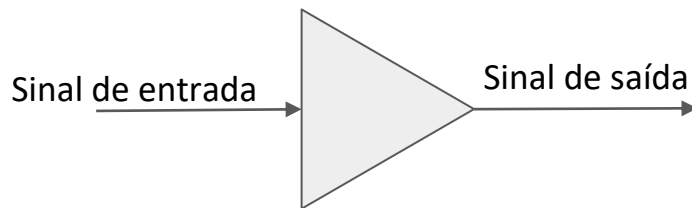
# Condicionamento de sinais

Amplificadores

# Condicionamento de sinais

## Amplificadores

- Adequação do nível ou amplitude do sinal para recebimento adequado no próximo estágio
- Uso de, por exemplo, amplificadores operacionais
- Ganho  $> 1 \Rightarrow$  Amplificação
- Ganho  $0 < G < 1 \Rightarrow$  Atenuação
- Inversão de fase  $\Rightarrow$  ganho negativo
- Representação

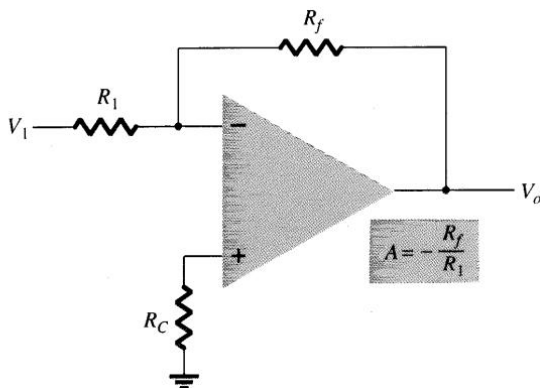


# Condicionamento de sinais

Amplificadores  $\Rightarrow$  Circuitos para amplificação com amplificadores operacionais

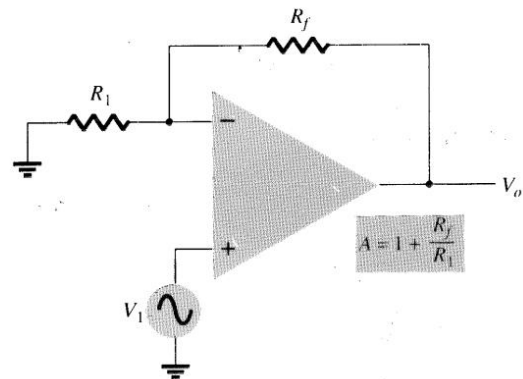
Amplificador inversor

$$A = -\frac{R_f}{R_1}$$



Amplificador não inversor

$$A = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

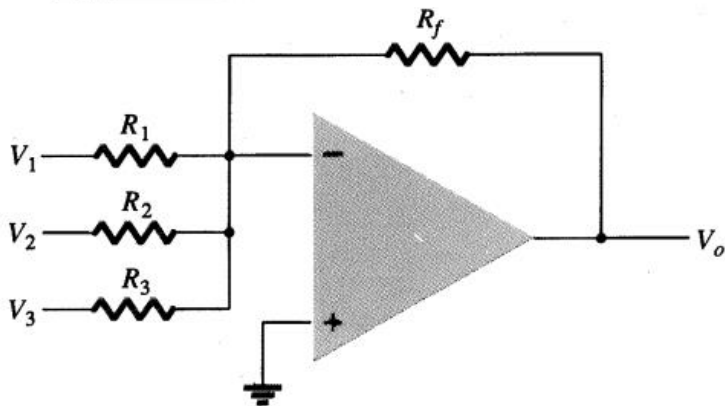


# Condicionamento de sinais

Amplificadores Circuitos para amplificação com amplificadores operacionais

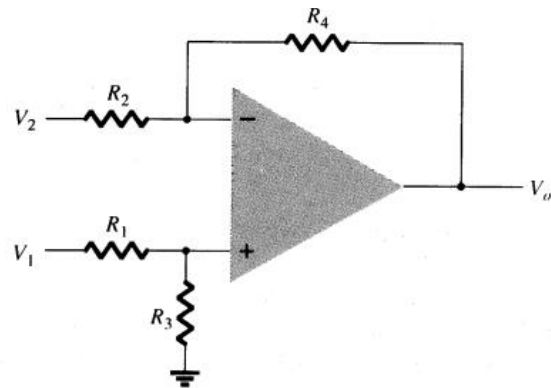
Amplificador somador inversor

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3\right)$$



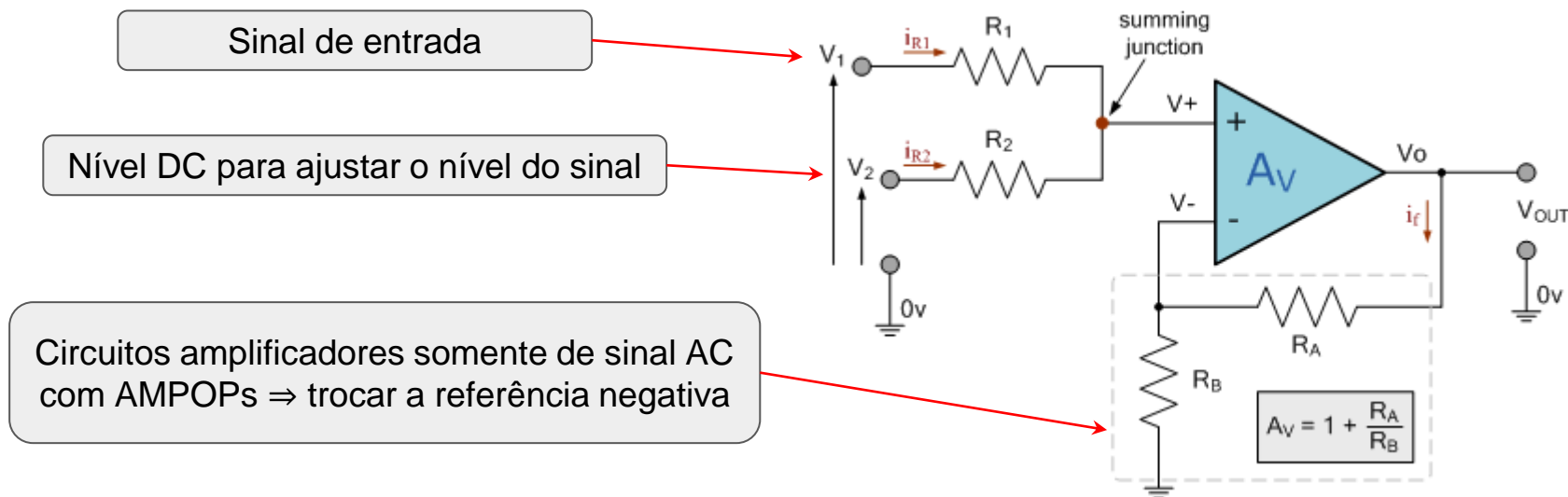
Amplificador diferencial

$$V_o = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \frac{R_2 + R_4}{R_2} V_1 - \frac{R_4}{R_2} V_2$$



# Condicionamento de sinais

Ajuste de nível DC  $\Rightarrow$  AMPOP  $\Rightarrow$  Ajuste de nível com circuito somador não inversor



# Condicionamento de sinais

Amplificadores  $\Rightarrow$  Circuitos para amplificação com amplificadores operacionais

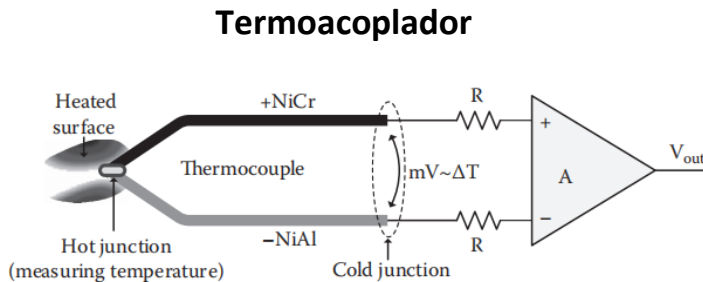
Amplificador diferencial  $\Rightarrow$  mais detalhes

- Muitos sensores geram sinal na forma de diferença de potencial nos terminais do sensor

Duas liga metálicas com distintas

Junção quente  $\Rightarrow$  região do sensor em contato com a superfície

Junção fria  $\Rightarrow$  outra ponta do sensor



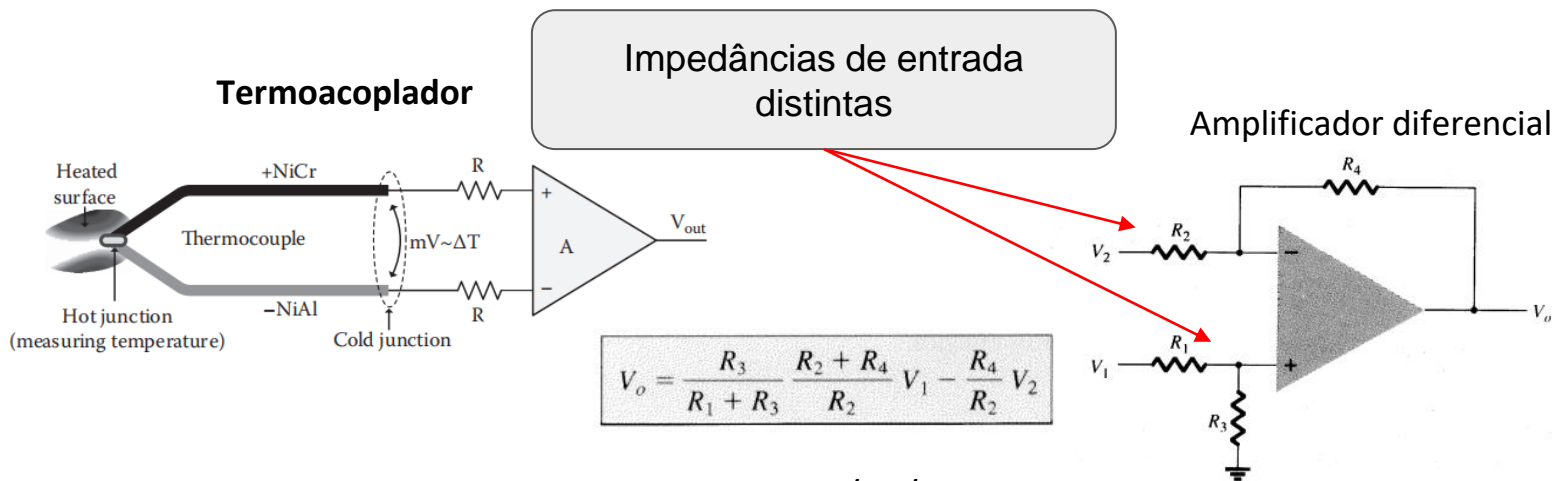
**Efeito de Seebeck**  
Termoelétrico  $\Rightarrow$  uma pequena tensão é gerada nos terminais da junção fria quando há diferença de temperatura entre as duas junções  
 $+v$  e  $-v$

# Condicionamento de sinais

Amplificadores  $\Rightarrow$  Circuitos para amplificação com amplificadores operacionais

Amplificador diferencial  $\Rightarrow$  mais detalhes

- Muitos sensores geram sinal na forma de diferença de potencial nos terminais do sensor





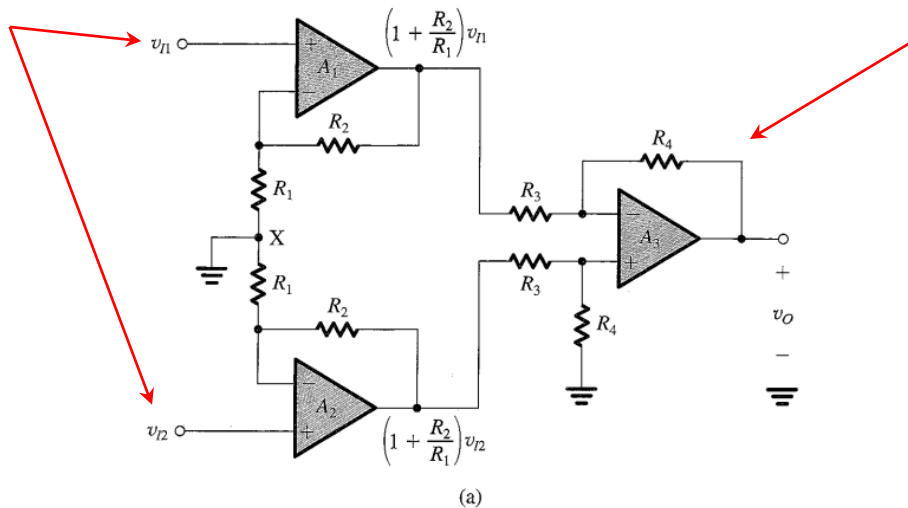
# Condicionamento de sinais

Amplificadores  $\Rightarrow$  Circuitos para amplificação com amplificadores operacionais

Mesma impedância nos terminais do sensor

Impedância de entrada teoricamente infinita

$\Rightarrow$  Isolamento do fotodetector do circuito de amplificação



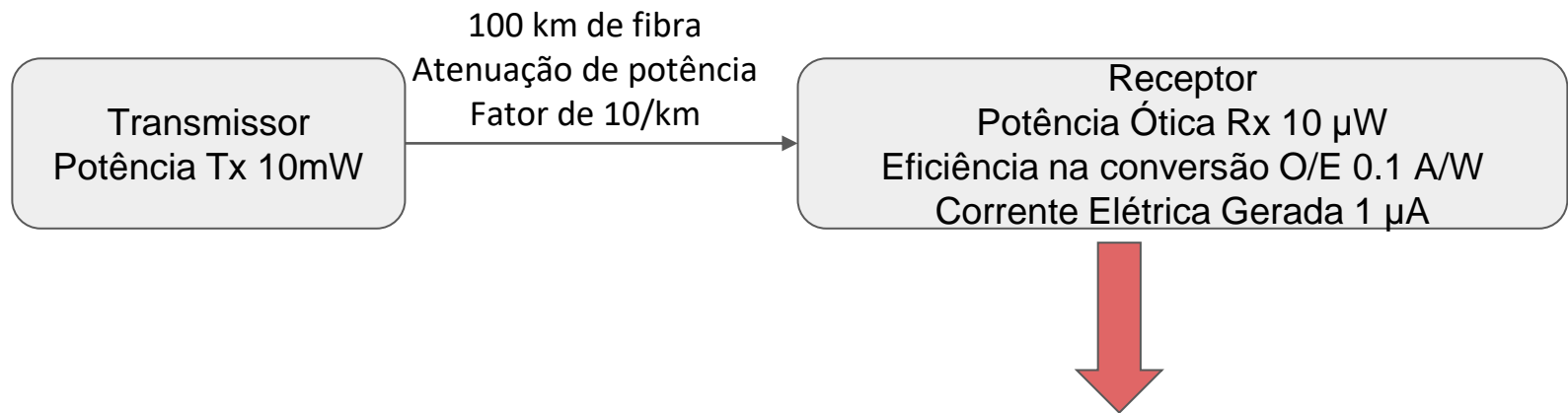
Amplificação de diferenças

# Condicionamento de sinais

Exemplo de circuito com amplificador diferencial

# Condicionamento de sinais

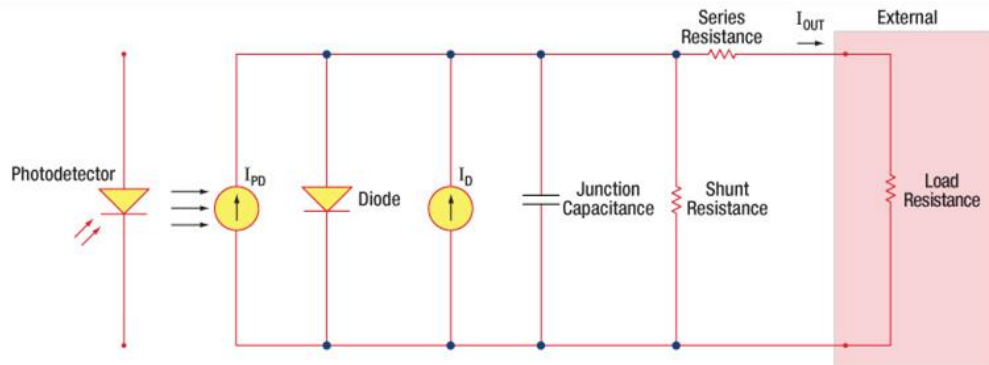
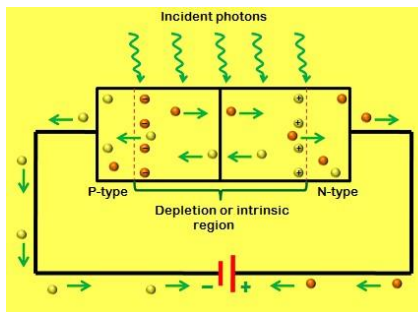
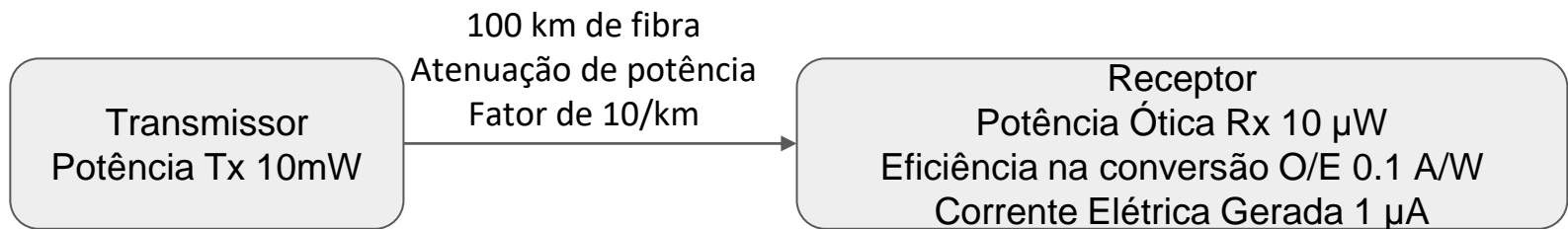
Exemplo: Modelagem de fotodetector: Detecção de um sinal recebido por uma fibra ótica em sistemas de comunicações



Nota: em geral um receptor ótico é um dispositivo que converte potência ótica em corrente elétrica. Por isso a unidade de eficiência é Ampère por Watt (A/W)

# Condicionamento de sinais

Exemplo: Modelagem de fotodetector: Detecção de um sinal recebido por uma fibra ótica em sistemas de comunicações

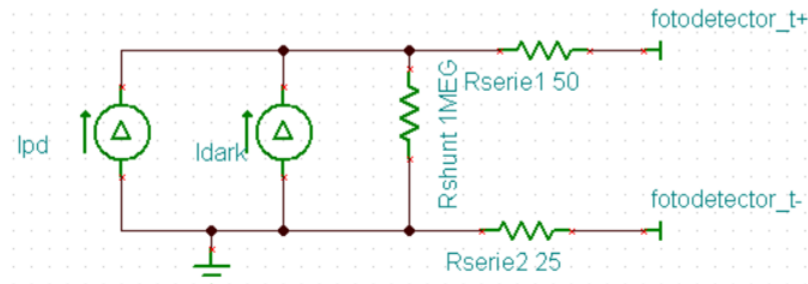
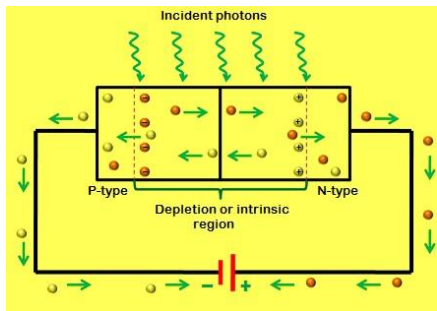
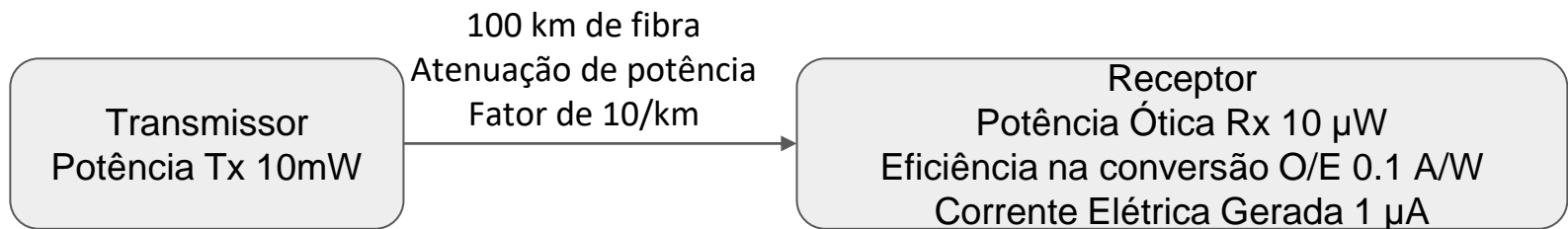


Modelo elétrico  
Fonte:

<https://www.thorlabs.com/tutorials.cfm?tabID=31760>

# Condicionamento de sinais

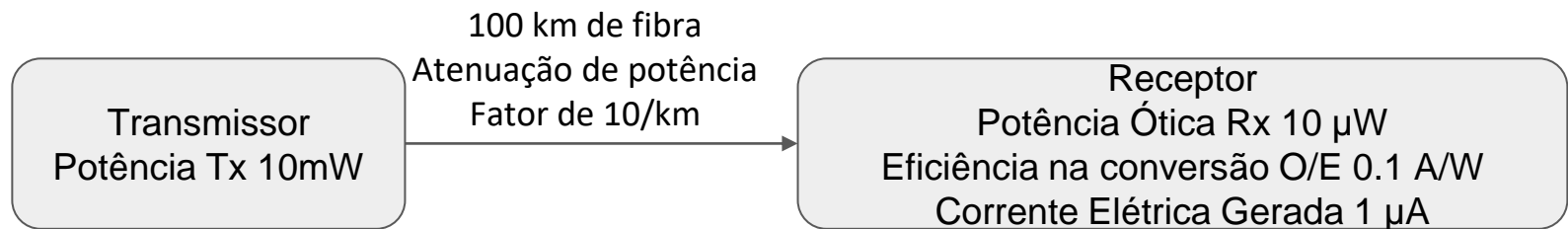
Exemplo: Modelagem de fotodetector: Detecção de um sinal recebido por uma fibra ótica em sistemas de comunicações



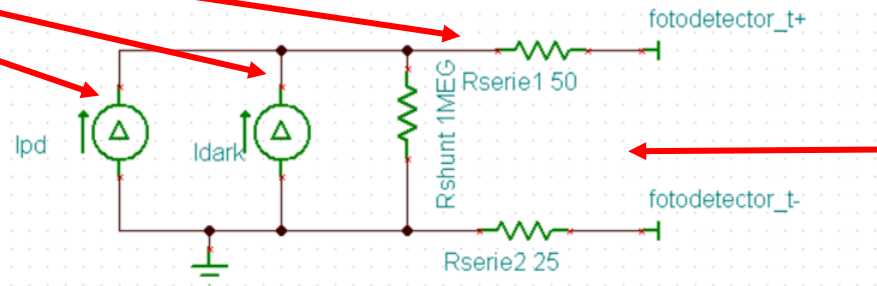
Modelo elétrico simplificado de um fotodetector

# Condicionamento de sinais

Exemplo: Modelagem de fotodetector: Detecção de um sinal recebido por uma fibra ótica em sistemas de comunicações



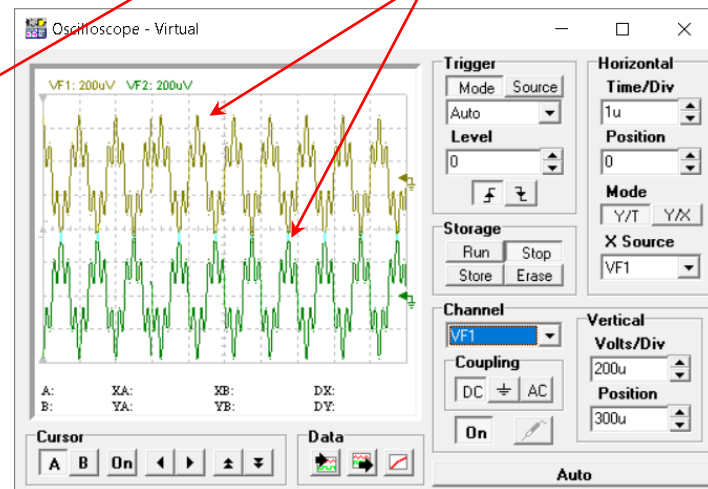
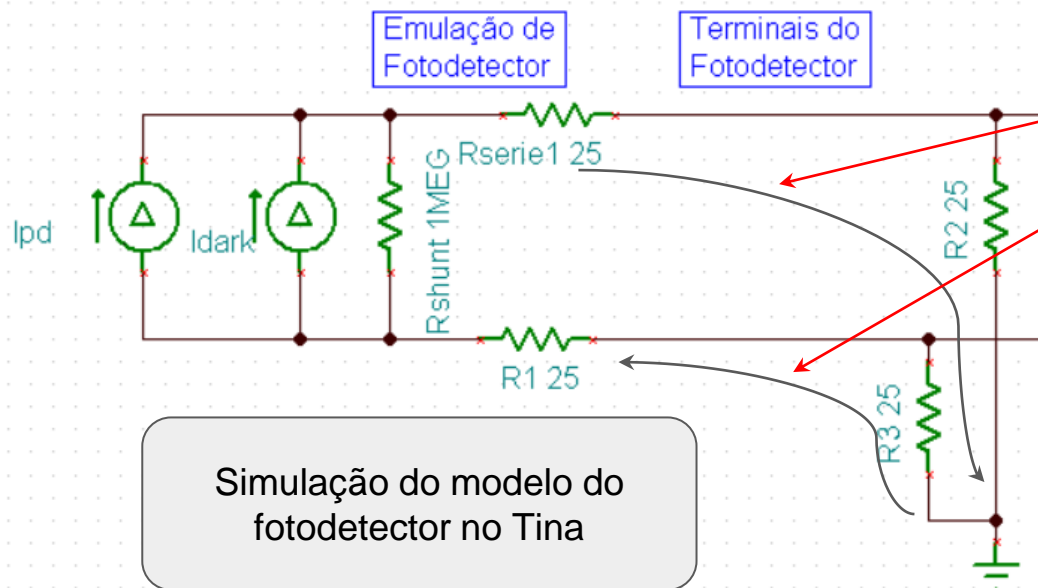
Resistência do dispositivo  
Corrente de escuro  $\rightarrow$  Ruído  
Fotocorrente  $\rightarrow$  Sinal recebido



Terminais do dispositivo

# Condicionamento de sinais

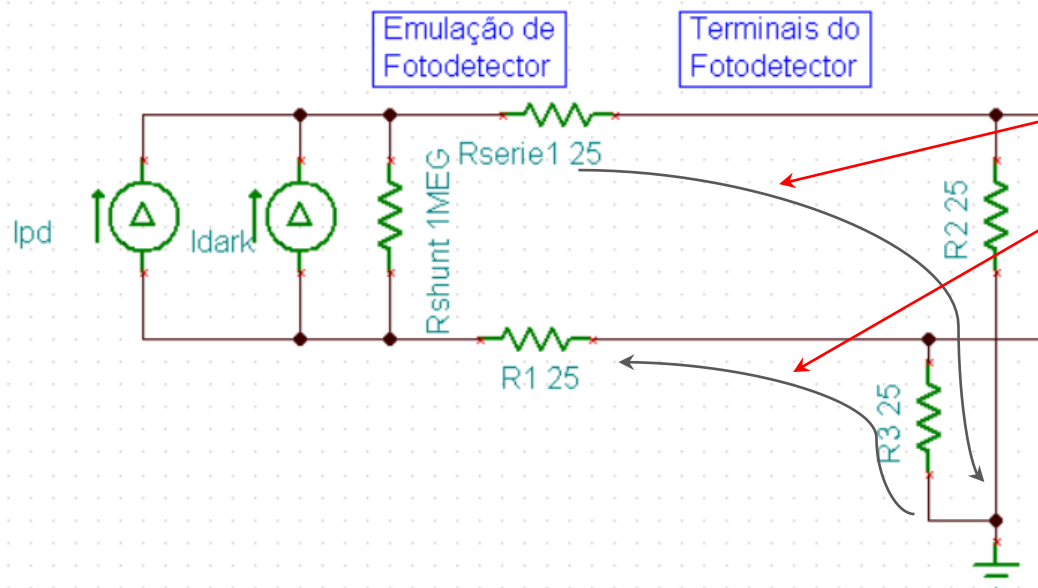
Exemplo: Modelagem de fotodetector: Detecção de um sinal recebido por uma fibra ótica em sistemas de comunicações



Correntes simétricas

# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina



Correntes simétricas

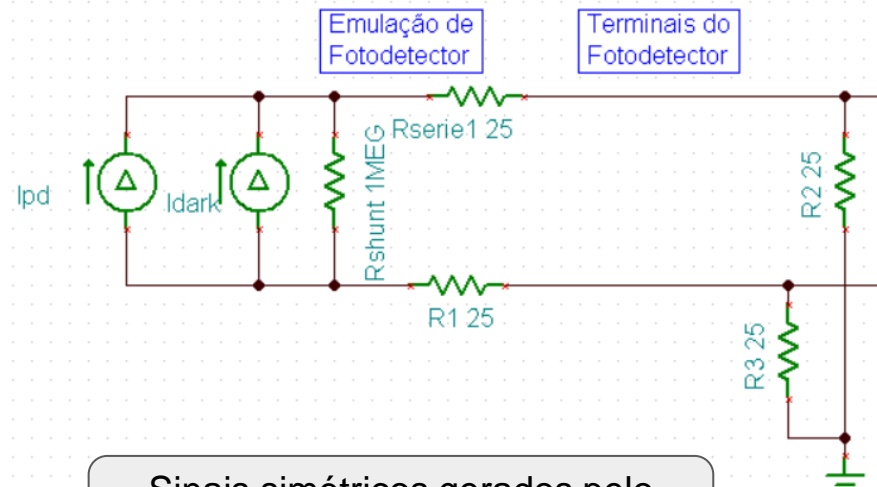
Sinais simétricos gerados pelo fotodetector ( $+i_f$  e  $-i_f$ )

Necessita amplificador diferencial

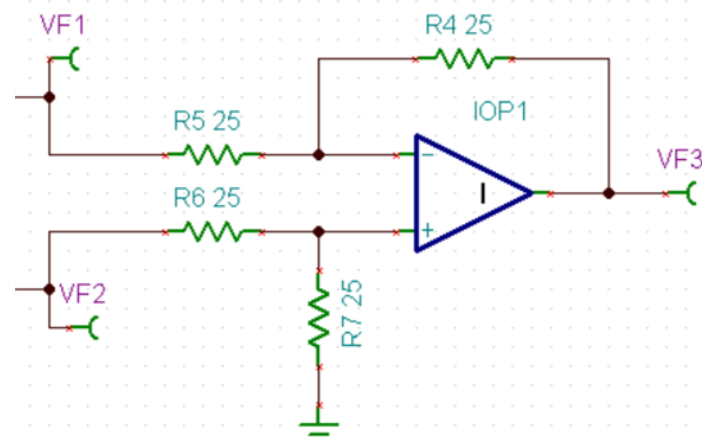


# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina



Sinais simétricos gerados pelo fotodetector ( $+i_f$  e  $-i_f$ )

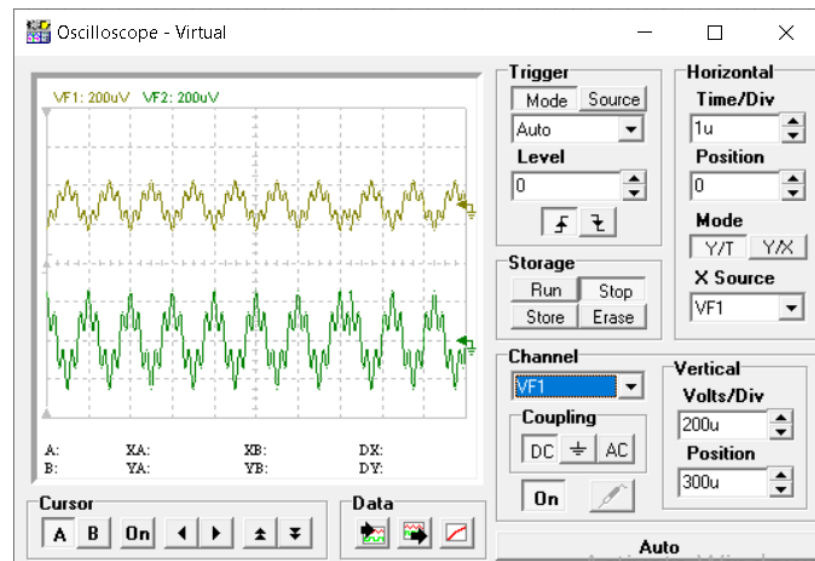
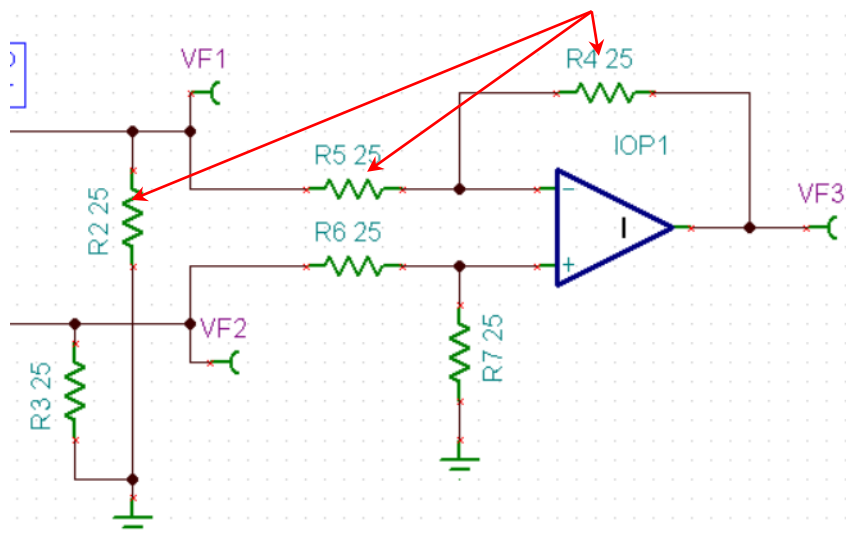


Necessita amplificador diferencial

# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina

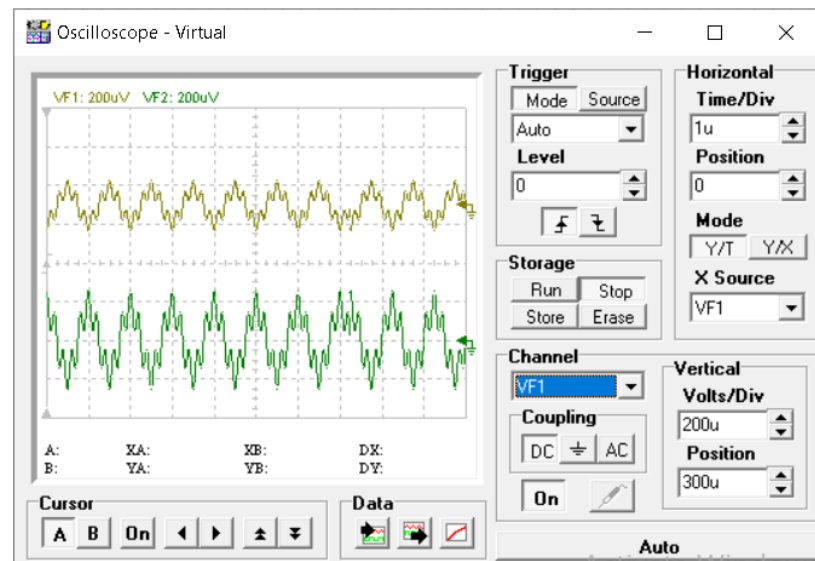
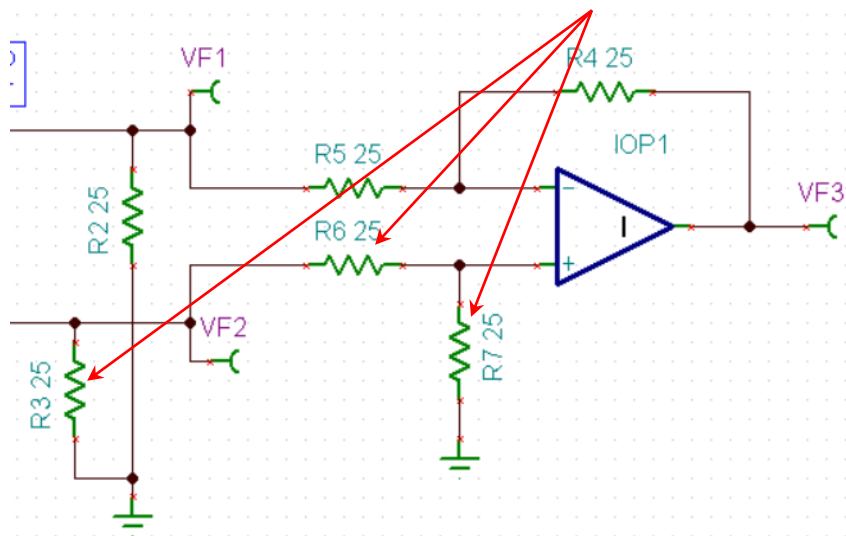
Impedância no terminal 1 do fotodetector



# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina

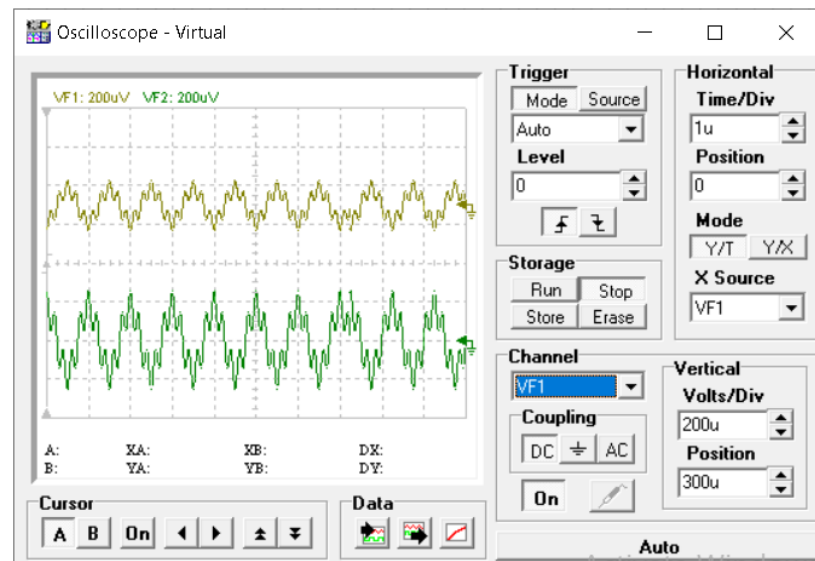
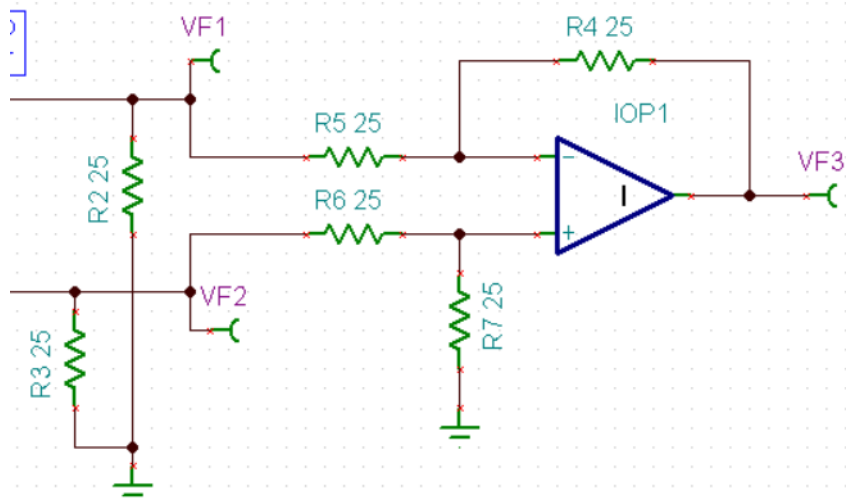
Impedância no terminal 2 do fotodetector



# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina

Necessidade de isolamento do fotodetector do  
circuito de amplificação  
Inclusão um estágio de isolamento no  
condicionamento



# Condicionamento de sinais

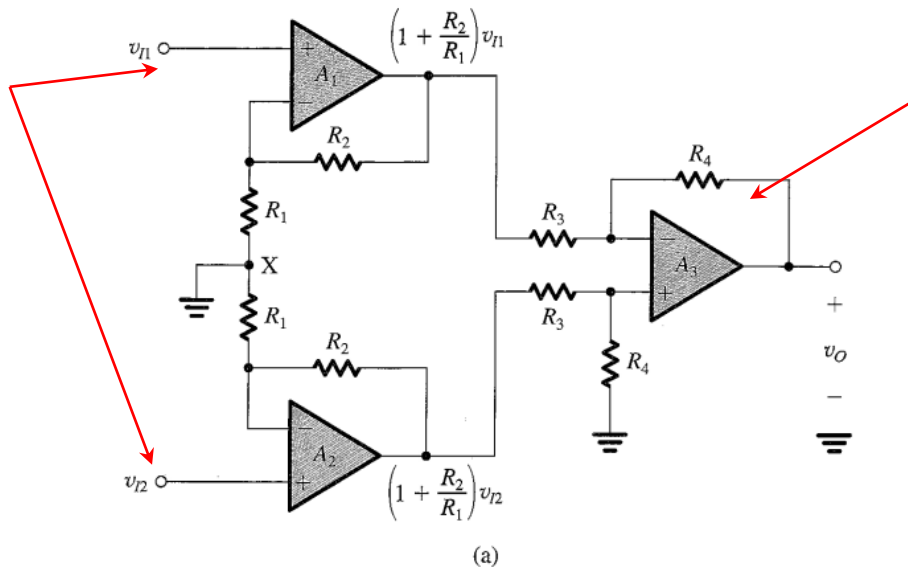
Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina

Mesma impedância nos terminais do fotodetector

Impedância de entrada teoricamente infinita

⇒ Isolamento do fotodetector do circuito de amplificação

Necessidade de isolamento do fotodetector do circuito de amplificação  
Inclusão um estágio de isolamento no condicionamento



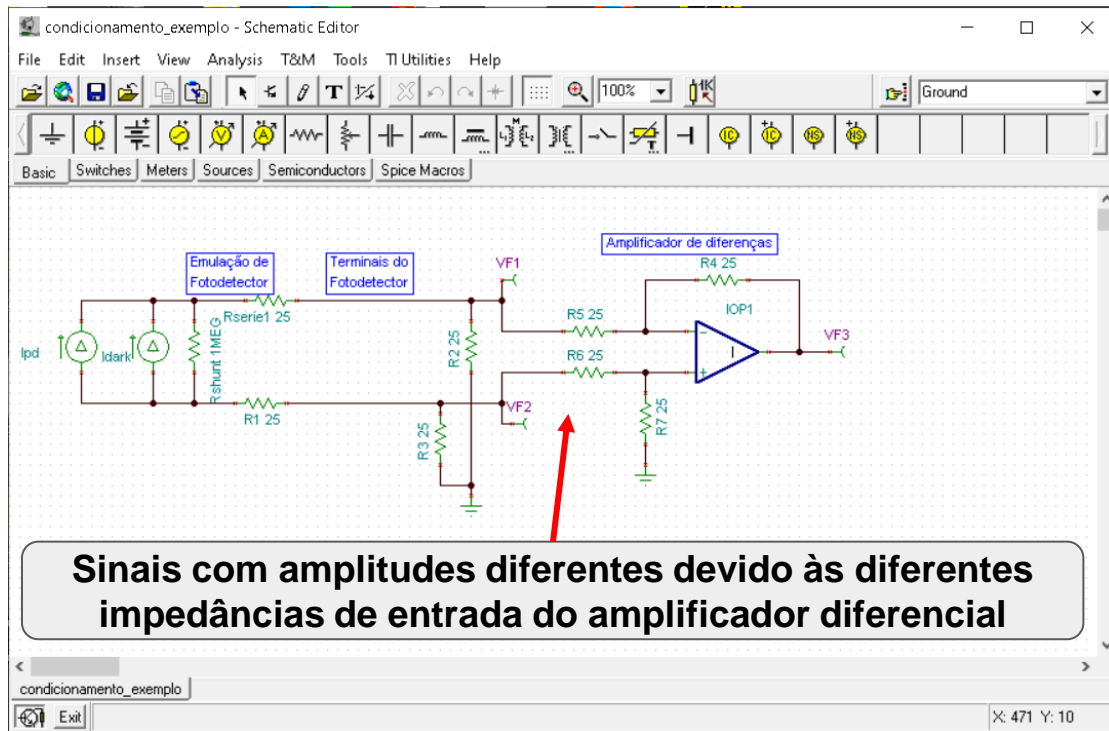
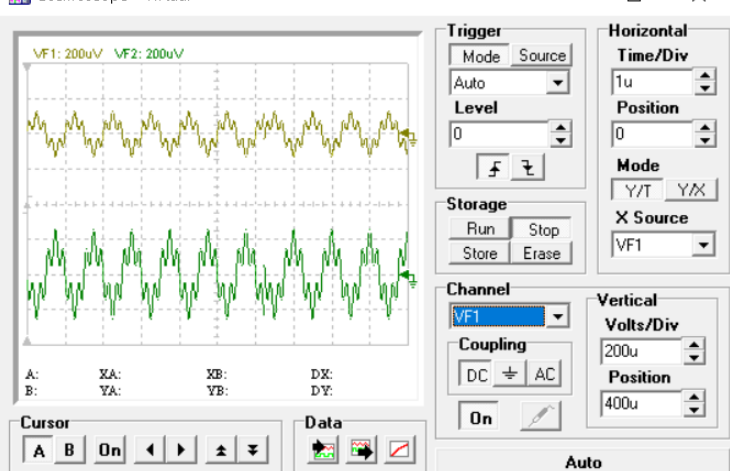
Amplificação de diferenças

# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector  
no Tina

**Ver exemplo no Tina**

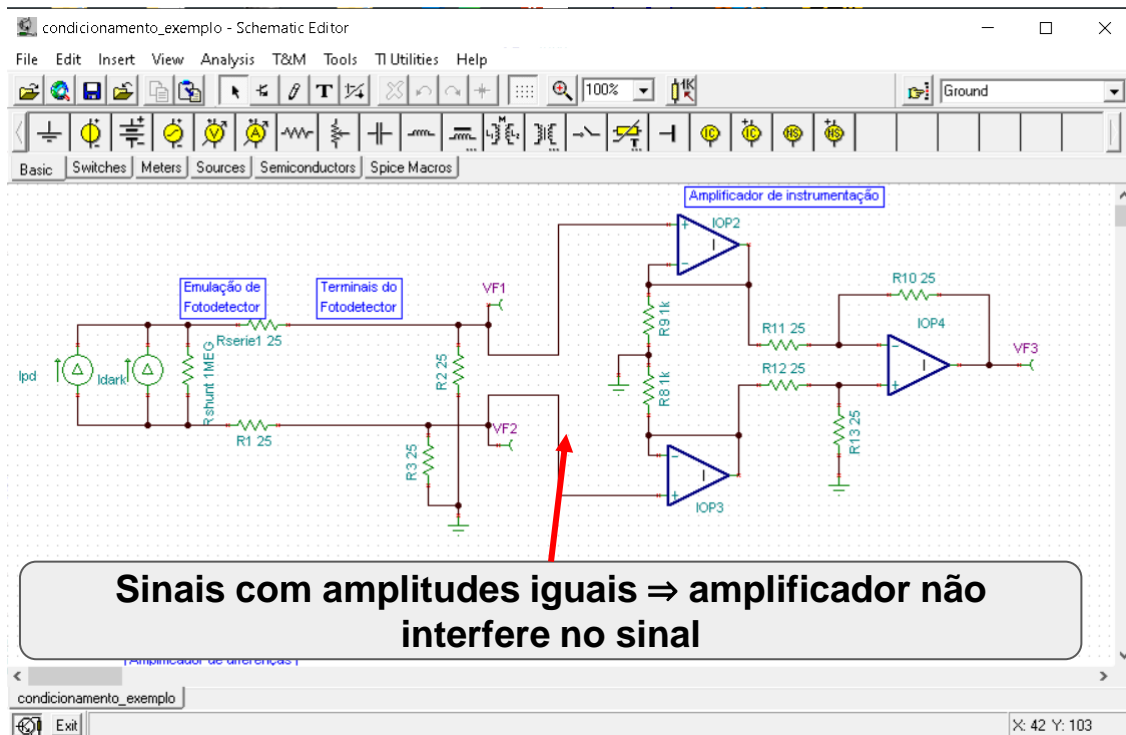
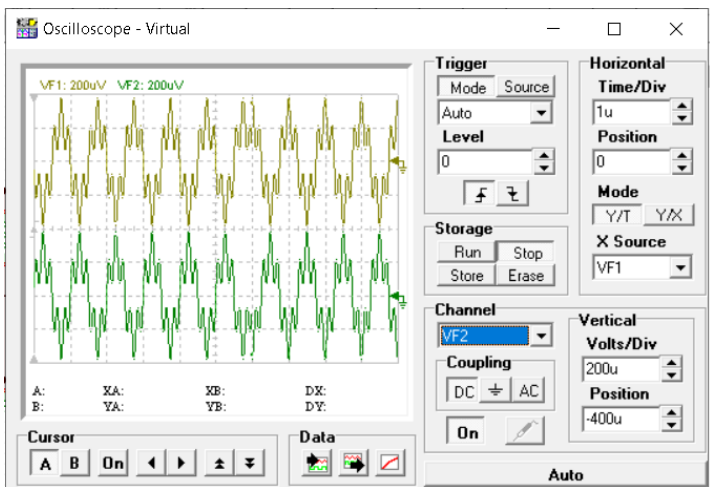
Oscilloscope - Virtual



# Condicionamento de sinais

Condicionamento do sinal do fotodetector no Tina

Ver exemplo no Tina



Sinais com amplitudes iguais  $\Rightarrow$  amplificador não interfere no sinal

# Condicionamento de sinais

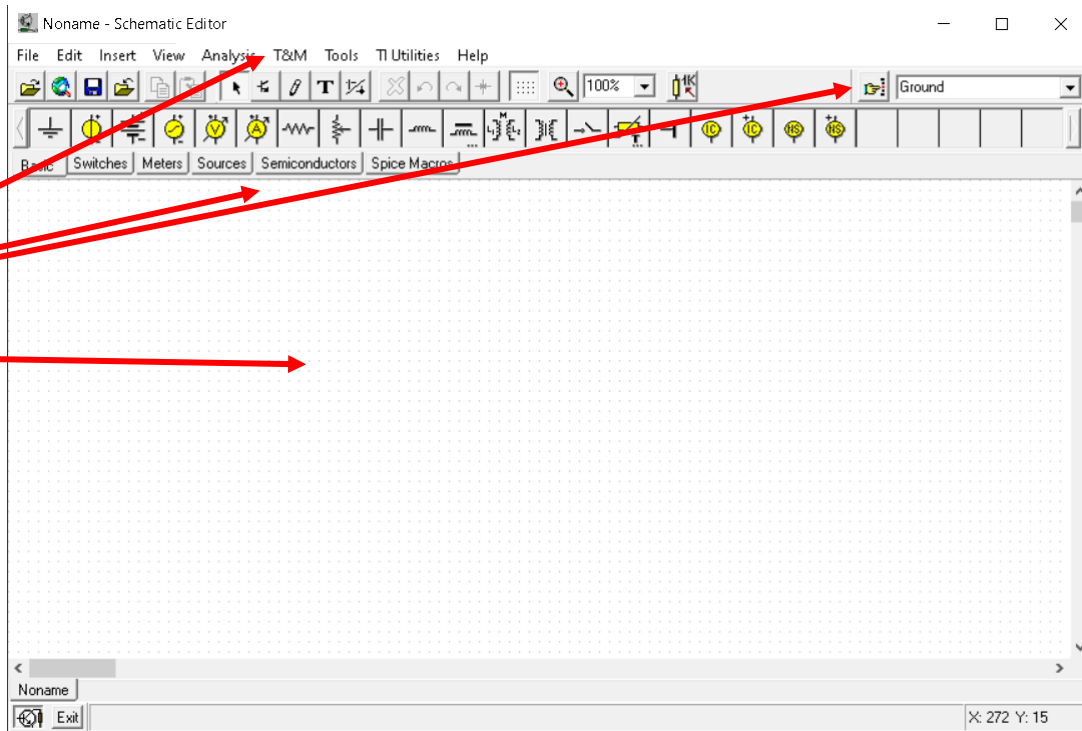
Introdução ao Tina



# Condicionamento de sinais

## Introdução ao Tina

- Tina é um simulador de circuitos elétricos que possui uma versão denominada Tina-TI, que pode ser baixada e utilizada gratuitamente
  - Ferramentas de simulação
  - Componentes
  - Circuito
- Pode ser baixado em
  - <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>
- Projetos mostrados serão disponibilizados no Google Drive

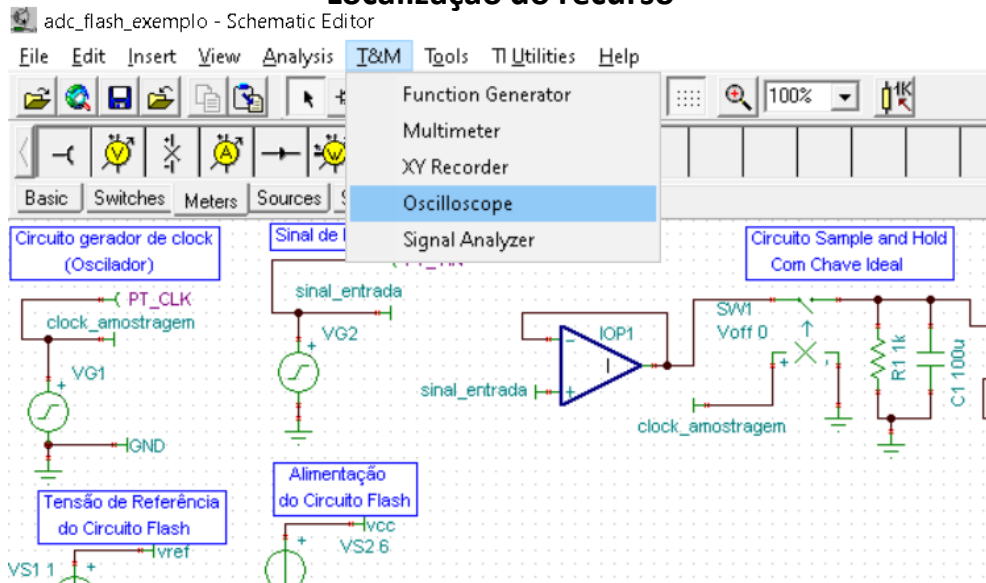


# Condicionamento de sinais

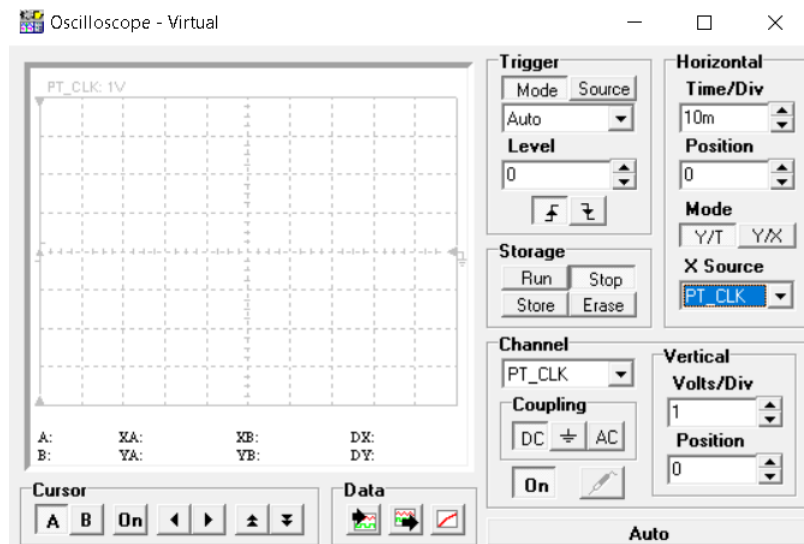
## Introdução ao Tina

- Emulador de osciloscópio

### Localização do recurso



### Janela do osciloscópio



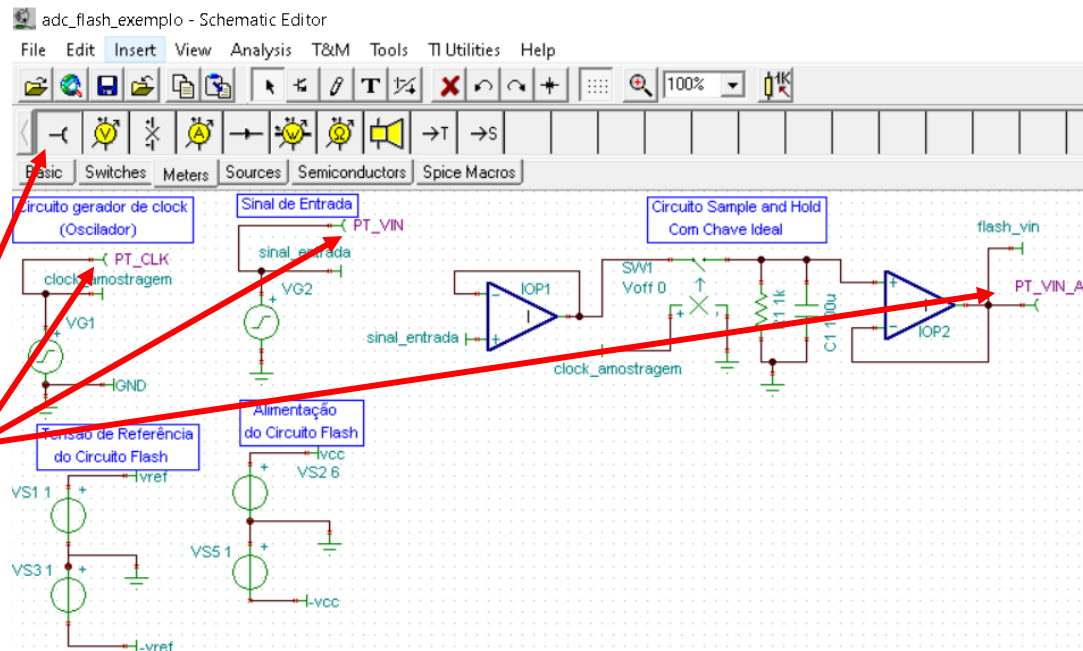
# Condicionamento de sinais

## Introdução ao Tina

O osciloscópio virtual irá detectar automaticamente todas as pontas de prova virtuais no circuito

Inserção de pontas de prova

Algumas pontas de prova já presentes

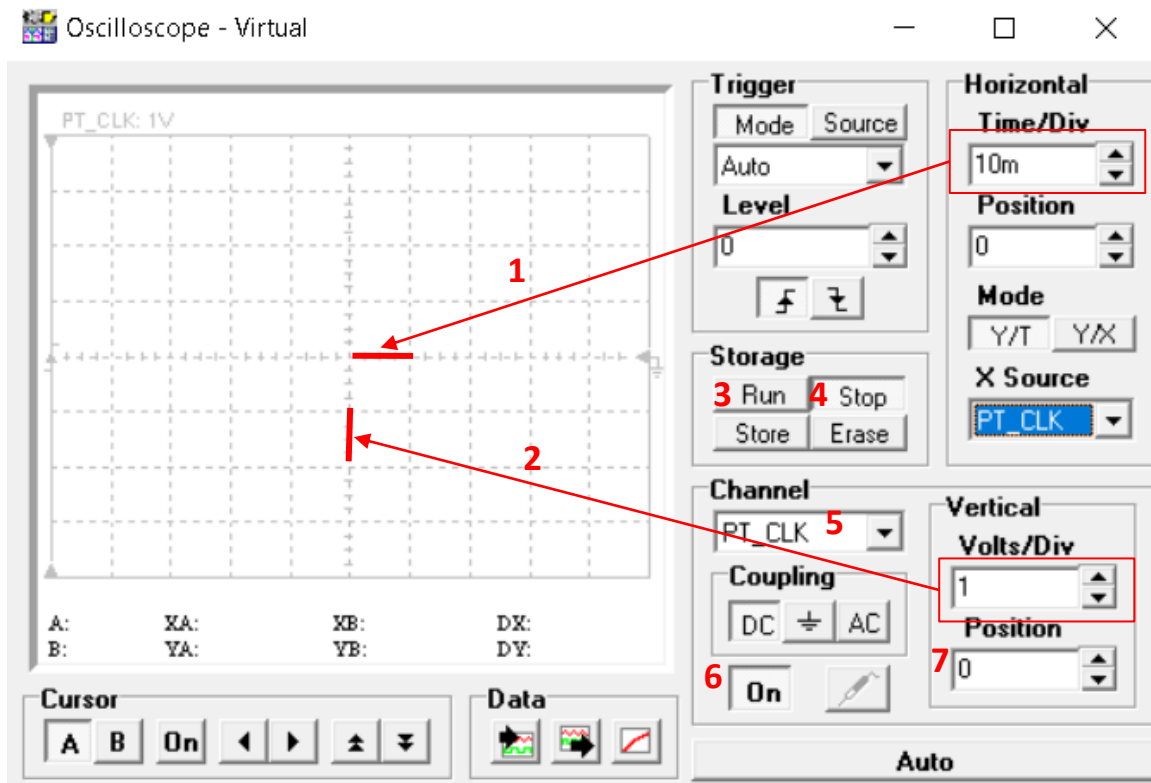


# Condicionamento de sinais

## Introdução ao Tina

### Recursos de análise do osciloscópio

1. Tempo em cada divisão na horizontal
2. Tensão em cada divisão na vertical
3. Inicia a emulação
4. Para a emulação
5. Inserção de pontas de prova no gráfico
6. Habilita ou desabilita o plot da ponta de prova selecionada em 5
7. Configura em que valor (qual retângulo do eixo vertical) a tensão de zero volts será mostrada. Na prática, move a curva para cima ou para baixo, o que pode ser útil para melhor visualização de várias curvas.

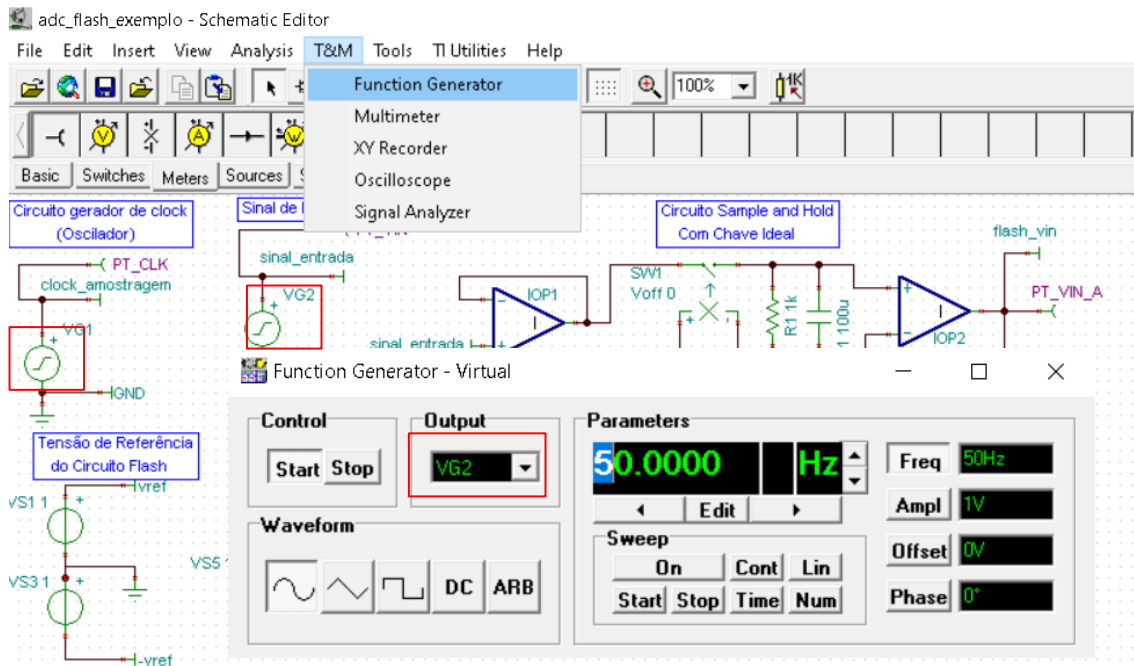


# Condicionamento de sinais

## Introdução ao Tina

### Emulação de geradores de sinais

- As fontes geradoras de sinais podem ser configuradas em tempo de execução
- Esse tipo de fonte de ser encontrado na aba “Sources” → “Voltage Generators”
- Algumas já estão presentes no circuito, e podem ser selecionadas para controle



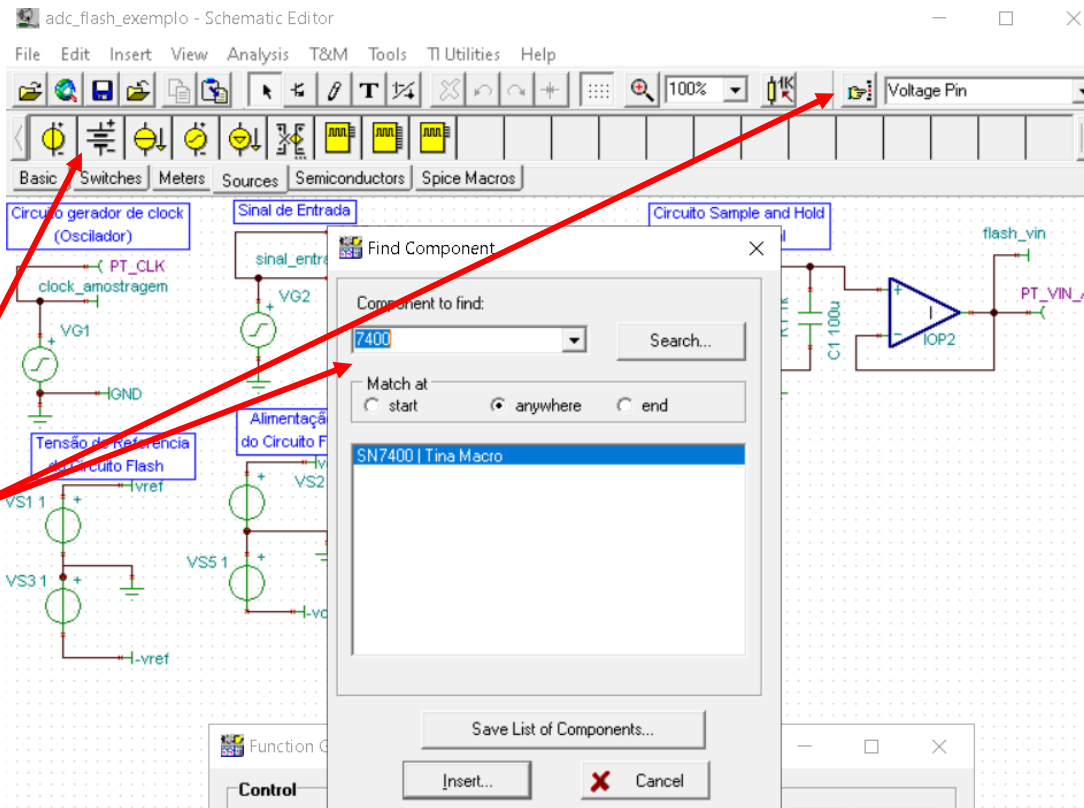
# Condicionamento de sinais

Introdução ao Tina

Funções lógicas

Não estão em uma aba

Devem ser buscadas em



# Dúvidas?