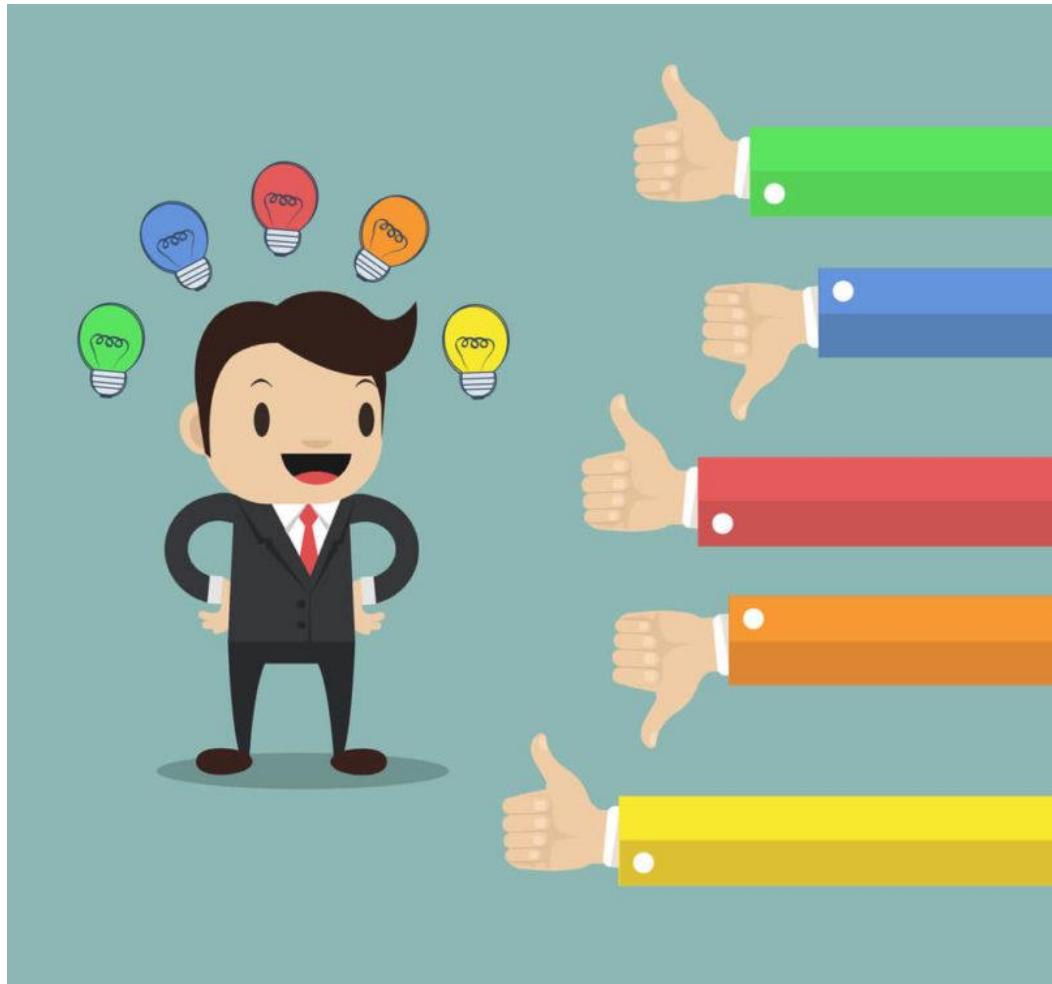


# Feedback

F540

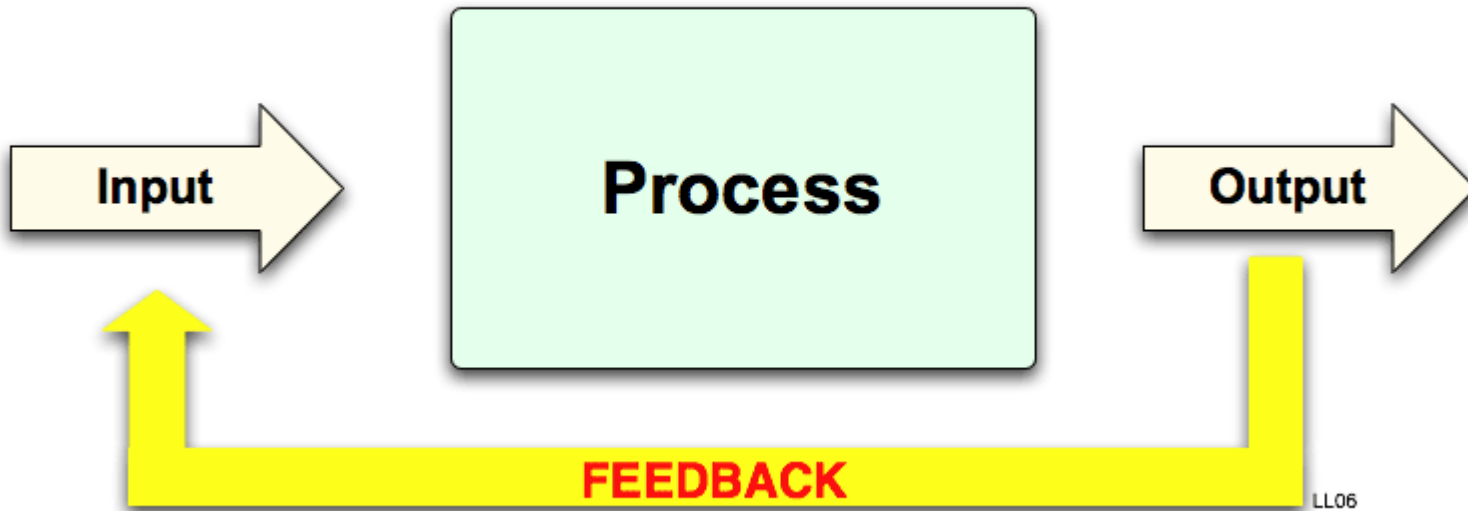
# Exemplo 1



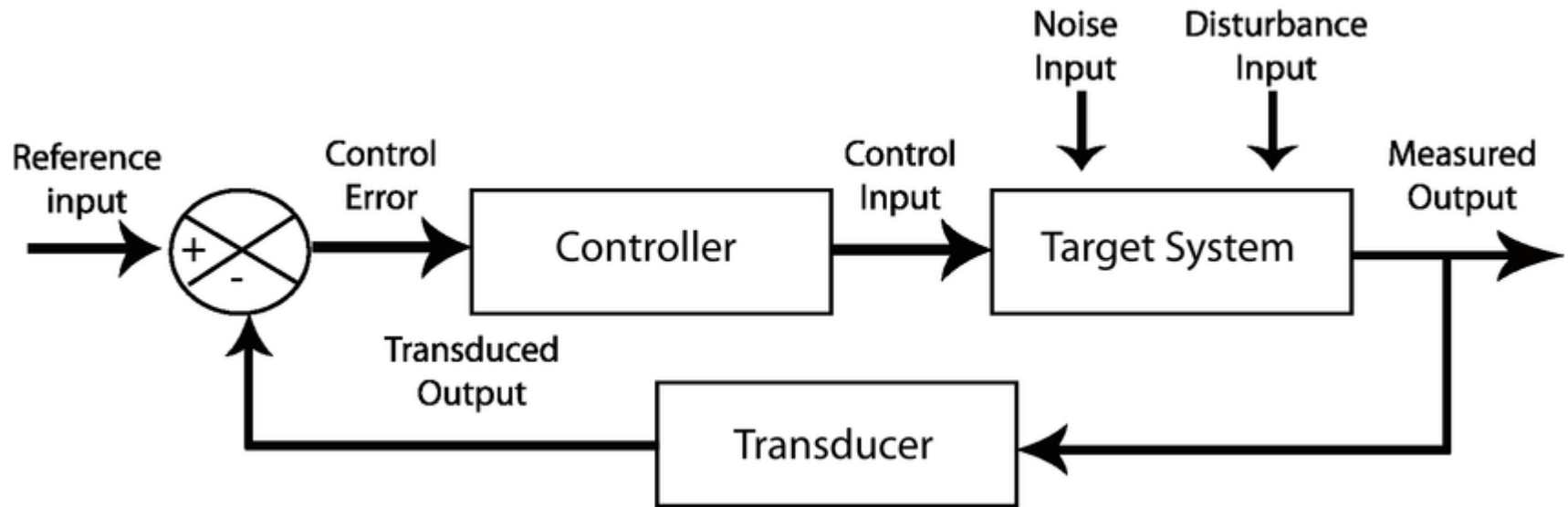
# Exemplo 2



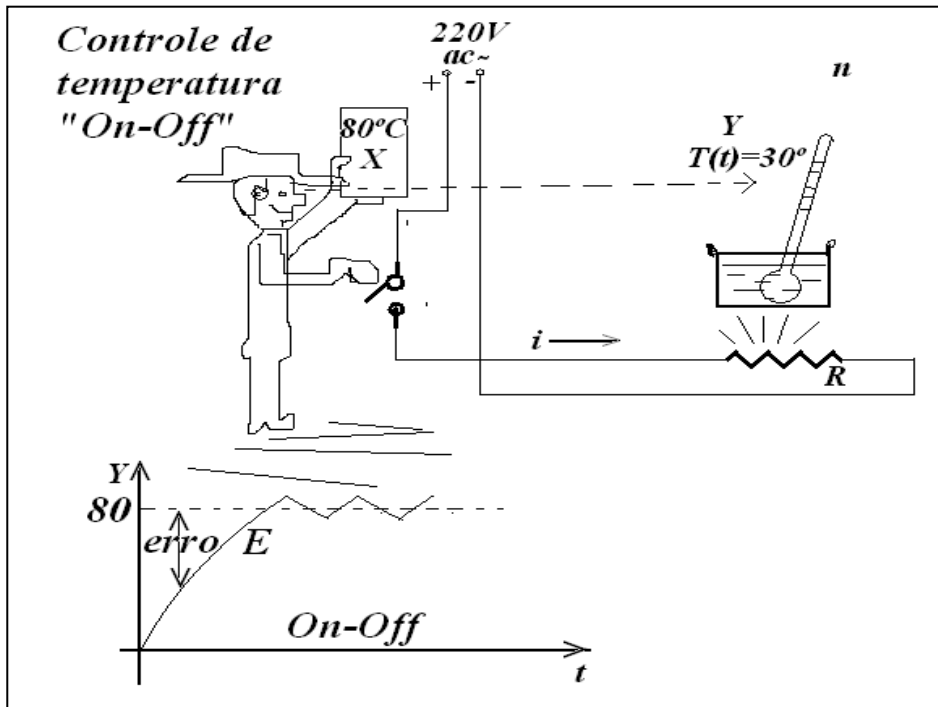
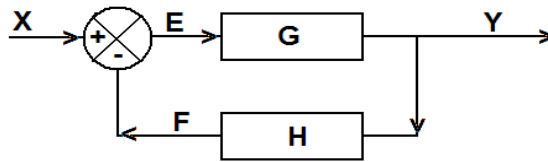
# Processos



# Diagrama classico de um sistema realimentado (com feedback), de uma entrada e uma saída



# Feedback on-off.

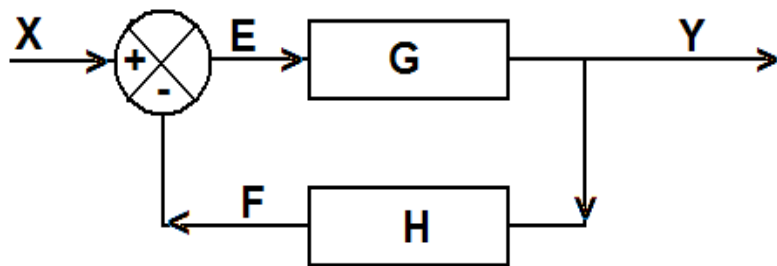


*Como um operador controla a temperatura de um caldeirão com água?*

O operador deseja que a temperatura do caldeirão seja  $X=80^{\circ}\text{C}$ . No termômetro  $Y=30^{\circ}\text{C}$ . O operador compara  $X$  e  $Y$ . A diferença entre o valor desejado e o real, é o erro  $E=50^{\circ}\text{C}$ . Se positivo, o operador liga a chave. Se negativo o operador desliga a chave. A potência entregue ao caldeirão cada vez que a chave é ligada, é máxima e independe do erro. Esse controle é conhecido como controle "ON-OFF"!!

# Expressao analitica de feedback

O controle on-off apresenta oscilações muito grandes em torno do valor desejado, X. Um controle mais elaborado usaria a soma de controles proporcionais ao erro (P), à integral do erro (I), e à diferencial do erro (D). Este controle é conhecido como PI, PD e PID conforme os controles utilizados..



$$Y = G(X - HY)$$

Chamando de **ganho de laço aberto, T**, à expressão  $GH = T$

Teremos o **ganho de laço fechado**:

$$\frac{Y}{X} = \frac{T}{1 + T} \cdot \frac{1}{H}$$

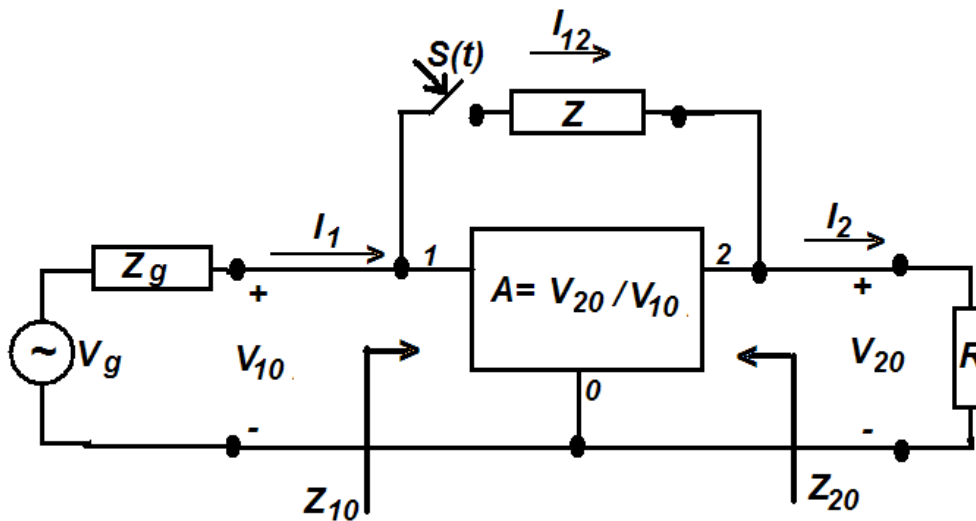
Com **T tendendo a infinito** o ganho de laço fechado fica definido por:

$$Y = \frac{G}{1 + GH} X$$

$$\frac{Y}{X} \approx \frac{1}{H}$$

# Theorema de Miller, amplificador operacional. Realimentação.

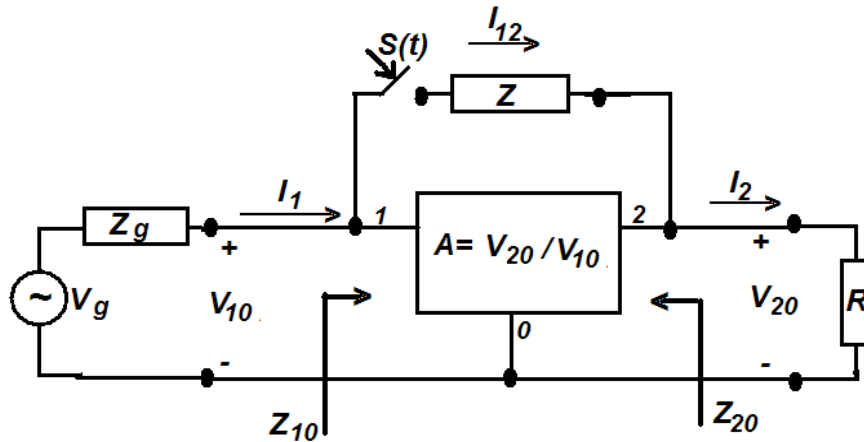
*O que acontece com um amplificador quando conectamos sua **saída** com sua **entrada** através de um elemento de circuito?*



*Como mudam as impedâncias de entrada e de saída? O ganho total? Usamos um amplificador com ganho de tensão de  $A = V_{20}/V_{10}$*



# Impedancia de Miller



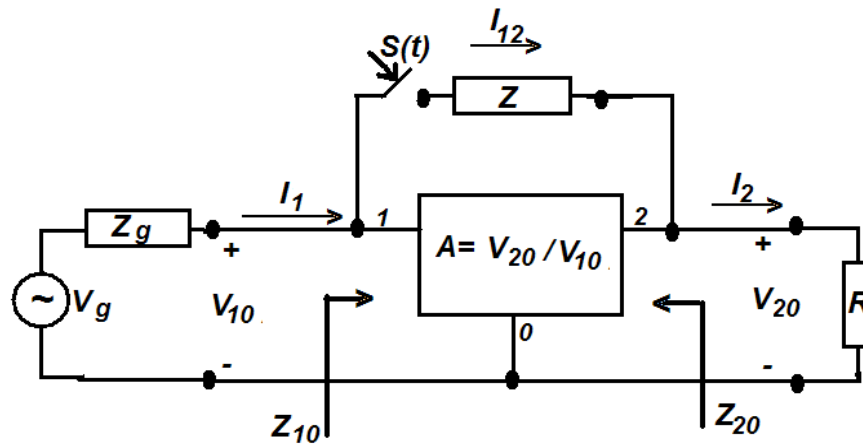
Com a chave  $S(t)$  aberta, a impedância de entrada do amplificador sem realimentação será  $Z_{10} = V_{10}/I_1$ , a impedância de saída  $Z_{20} = V_{20}/I_2$ .

Ao fechar a chave  $S(t)$ , estas impedancias mudam: surge uma corrente passando por  $Z$  dada por:

$$I_{12} = \frac{V_{10} - V_{20}}{Z} = \frac{1 - A}{Z} \cdot V_{10}. \text{ A razão } Z_M = \frac{V_{10}}{I_{12}} = \frac{Z}{1 - A} \text{ é a}$$

impedancia causada por  $Z$  no ponto **1**: a **impedancia de Miller**.

# Ganho com feedback

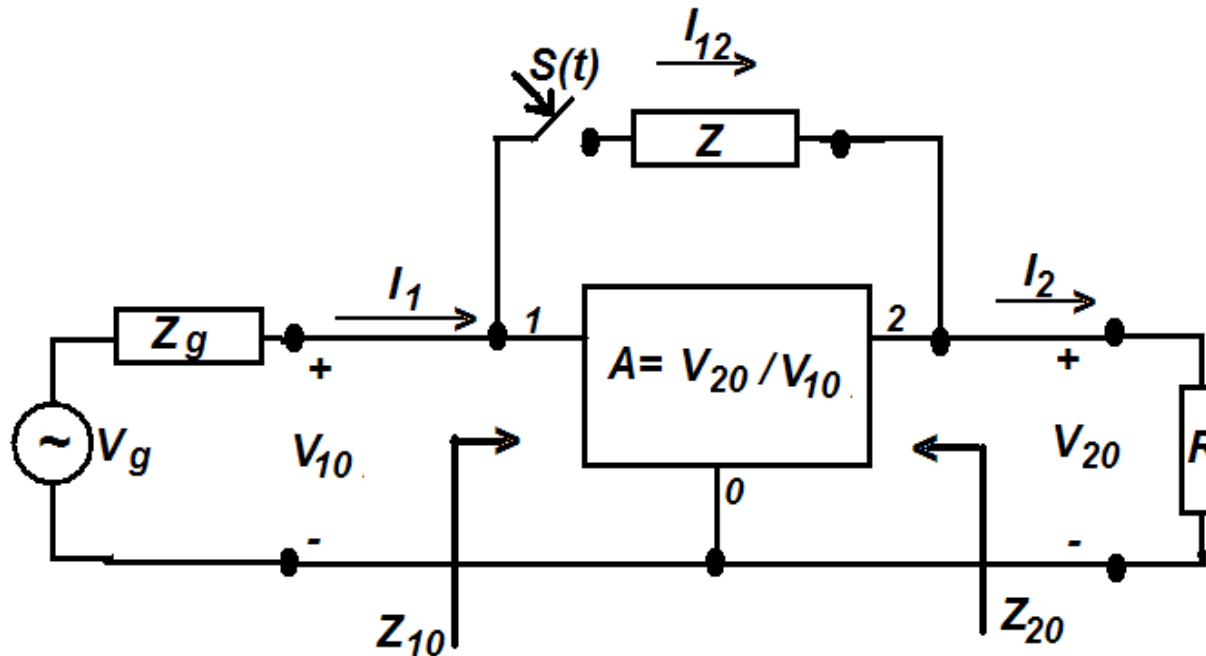


Se o ganho  $A \rightarrow -\infty$ , então  $Z_{10} = 0$ , ou seja, o ponto **1** é um “*terra virtual*”, portanto,  $I_1 = V_g / Z_g$ . A tensão de saída será

$$V_{20} = -\frac{V_g}{Z_g} \cdot Z.$$

O ganho total será: 
$$A_V = \frac{V_{20}}{V_g} = -\frac{Z}{Z_g}$$

## Impedancias de saída

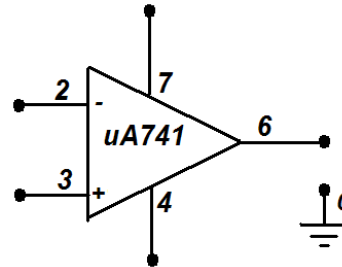
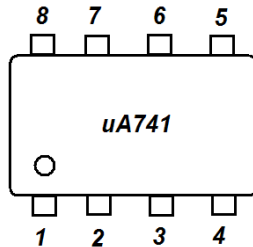


*A impedância de saída do amplificador realimentado será  $Z$  em paralelo com a impedância de saída do amplificador.*

*Podemos selecionar o ganho desejado, selecionando os valores das impedancias:  $Z$  e  $Z_g$ . (Todas as variaveis são complexas).*

# Amplificador Operacional, OpAmp.

*É um amplificador com ganho diferencial de tensão tendendo a infinito.*



**Pinos: LM741** 1-Offset Null; 2-Inv. Input ; 3-Non-Invert. Input ; 4-Vcc<sup>-</sup>; 5-Offset Null; 6-Output; 7-Vcc<sup>+</sup>; 8-NC (nao conectado)

A tensão de saída de um OpAmp é dada por:

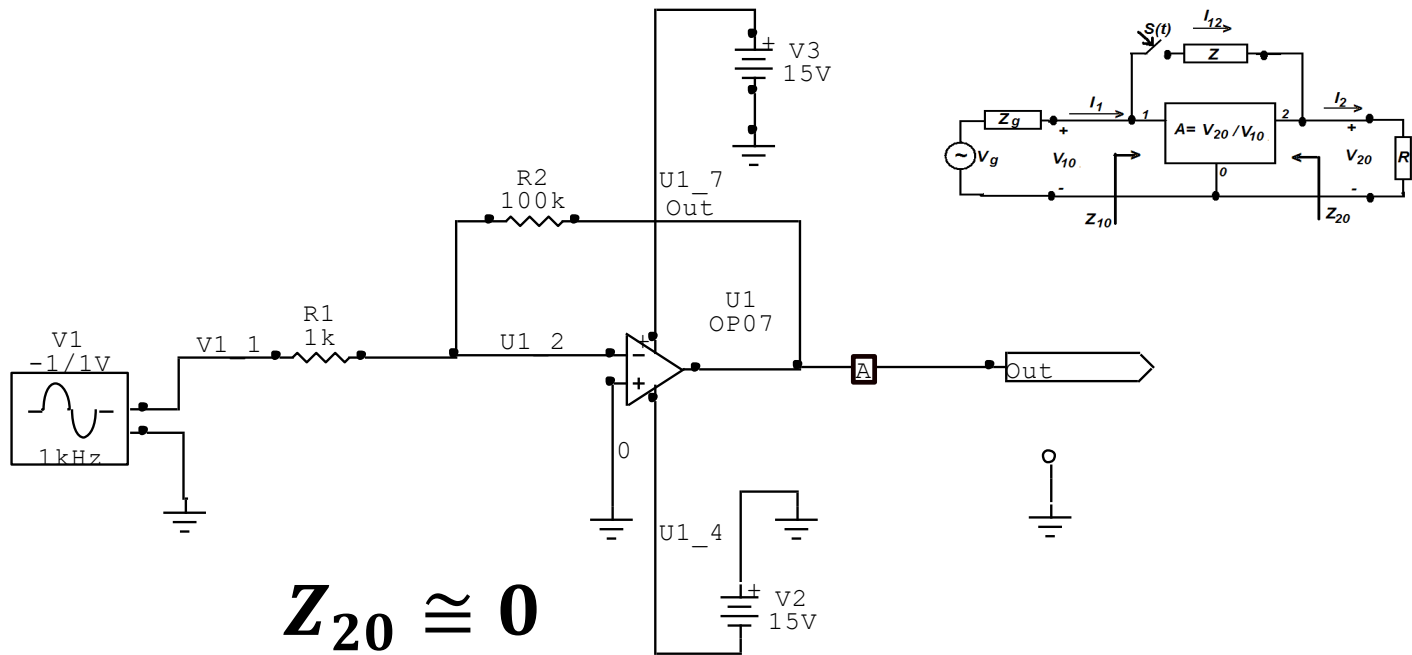
$$V_{out} = A \cdot (V_{+} - V_{-})$$

No caso  $V_{out}=V_{60}$ ,  $V_{+}=V_{30}$ ,  $V_{-}=V_{20}$ .

Para um OpAmp ideal  $Z_{-}=Z_{+}=\infty$ ,  $Z_{out}=Z_{60}\cong 0$  e  $A\cong\infty$

# Aplicação do Teorema de Miller

Calcule as expressões para o ganho do circuito amplificadores da Figura abaixo. Desenhe as respectivas curvas de Bode (teórica e depois experimental). Monte o circuito em um proto-Board.



$$Z_{20} \cong 0$$

$$i_{inp} = \frac{V_1}{R_1}, V_{Out} = -R_2 \times i_{inp}. \quad A_V = \frac{V_{out}}{V_1} = -\frac{R_2}{R_1} = -100$$

***Fim***