

Taller práctico abierto: Adquisición de señales neuronales

Adquisición de señales neuronales y Amplificador Operacional

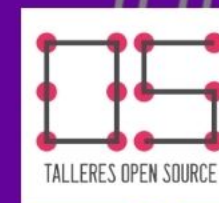


*Realizado con el apoyo del Fondo Metropolitano
de la Cultura, las Artes y las Ciencias*

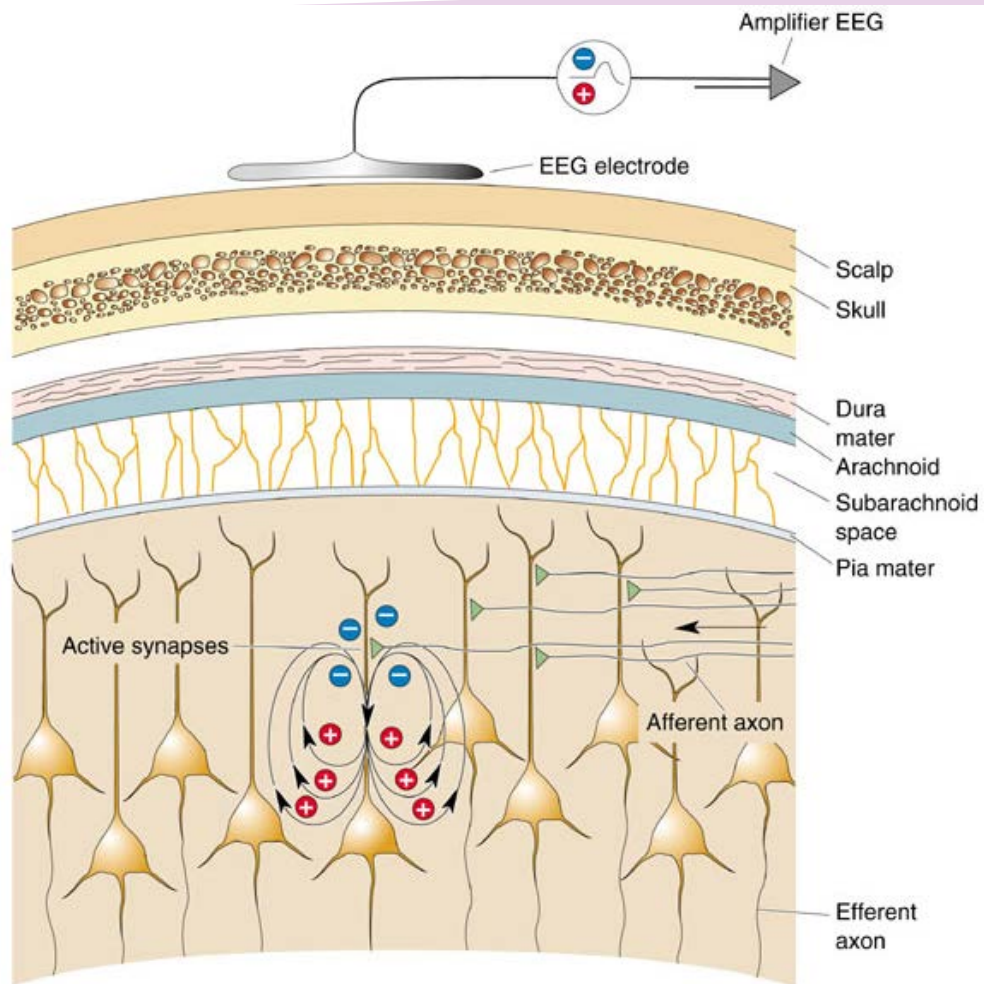
Fondo Metropolitano
de la Cultura, las Artes y las Ciencias



Buenos
Aires
Ciudad



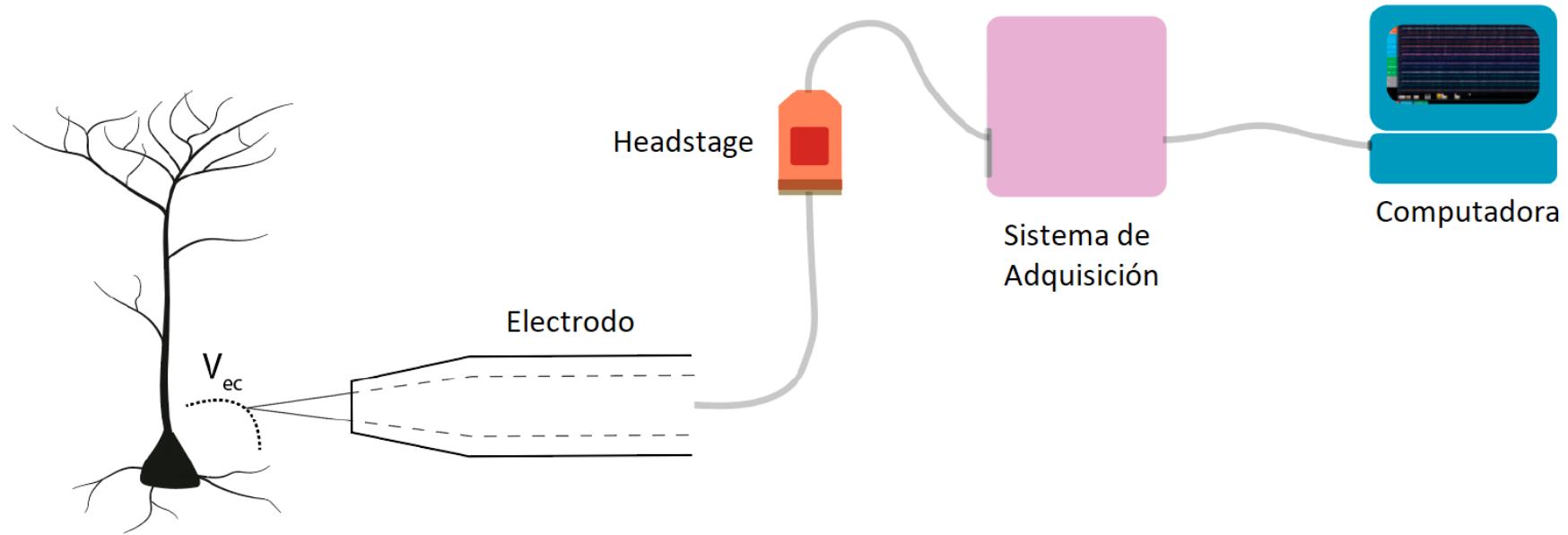
¿Qué queremos medir?



Buzaki et al, 2012

| Técnica | Señal | Electrodos | Amplitud |
|-------------------------------|---|---|--------------------|
| ECG | Corazón: depolarización/repolarización del tejido cardíaco | Electrodos de superficie | Rango de mV |
| EMG | Músculo esquelético: conjunto de potenciales de acción de las unidades motoras | Electrodos de superficie | Rango de mV |
| EEG | Cerebro: suma de la actividad neuronal | Electrodos de superficie | 50 μ V |
| LFP | Cerebro: suma de la actividad neuronal localizada | Electrodos intracraneales | 100 - 1000 μ V |
| Potenciales de acción (spike) | Cerebro: potenciales de acción en neuronas únicas | Electrodos intracraneales: tetrodos, electrodos de alambre, silicon probes. | 100 - 1000 μ V |

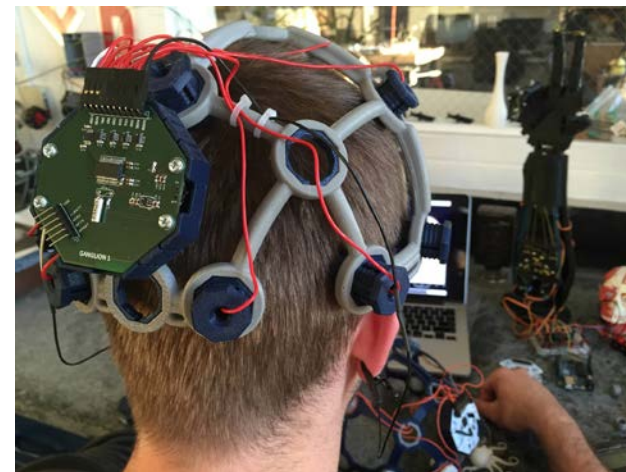
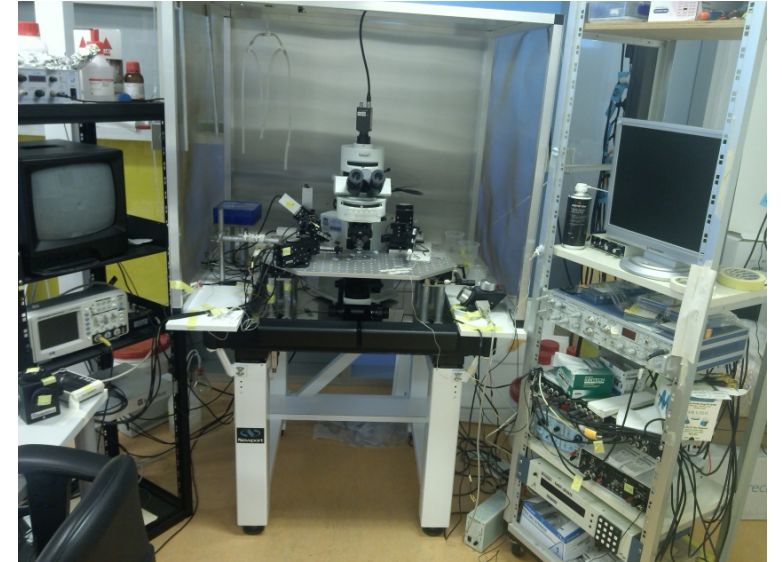
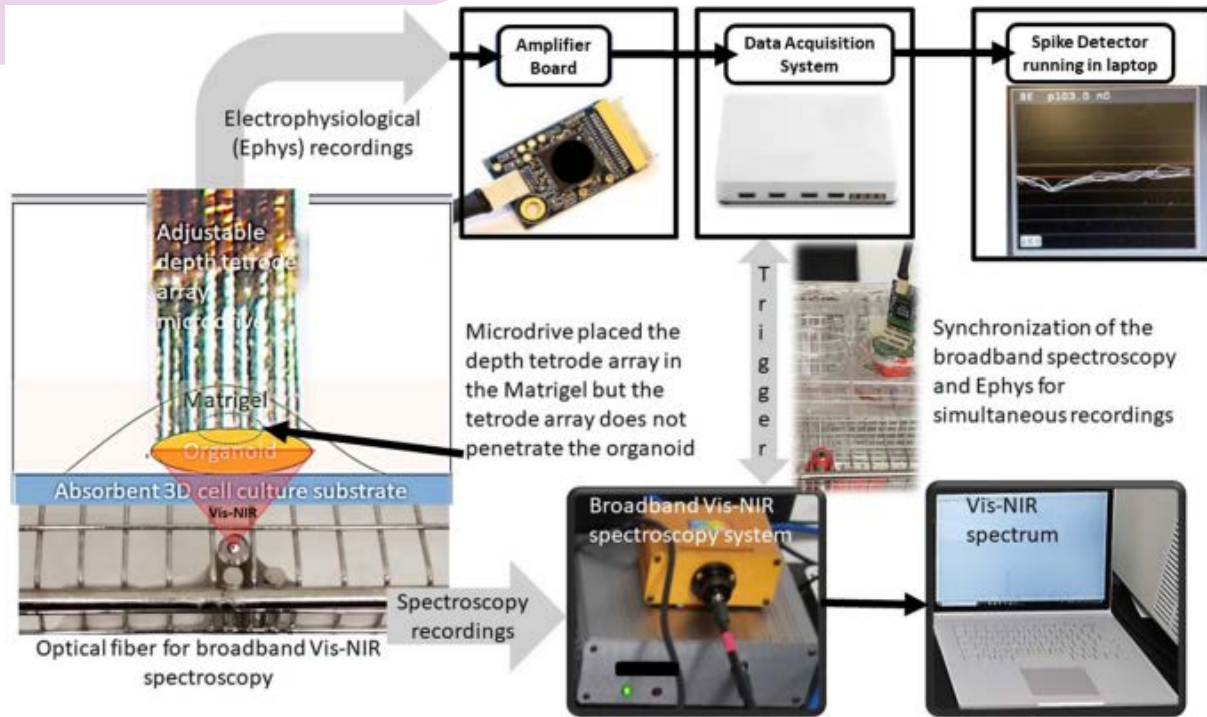
¿Cómo medimos estas señales?



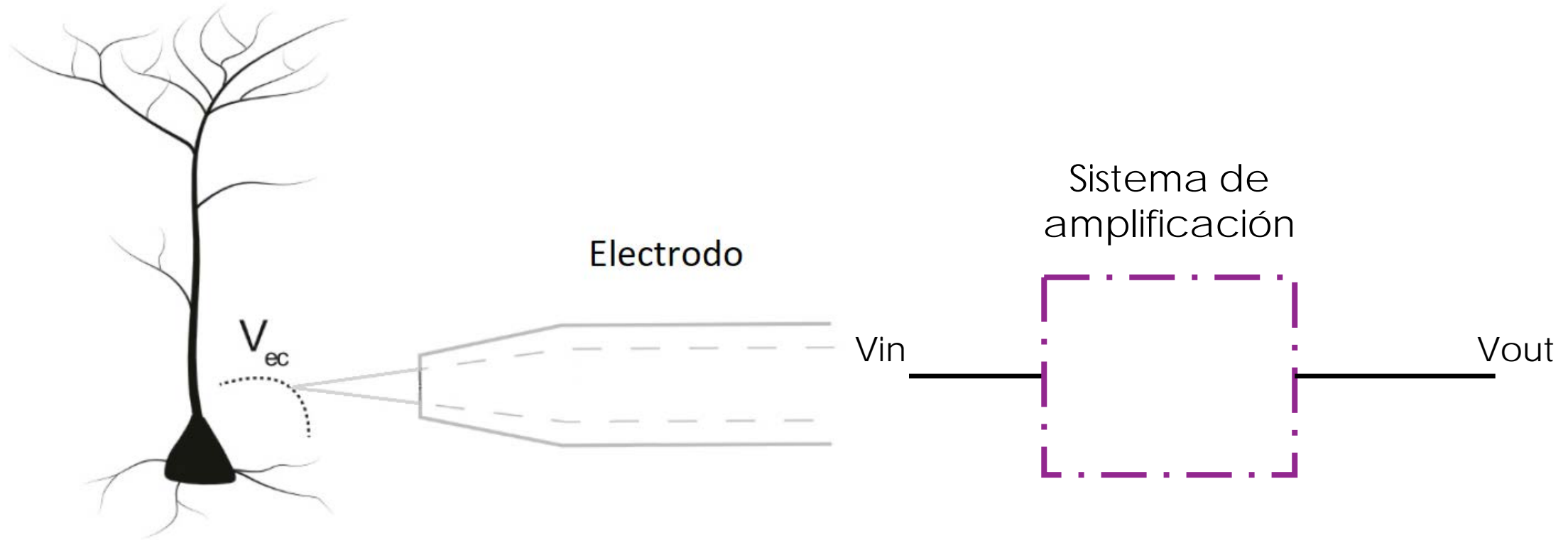
El sistema de adquisición debe poder:

1. Detectar una diferencia de potencial eléctrico.
2. Amplificar la pequeña señal detectada.
3. Filtrar las frecuencias que no son de interés
4. Digitalizar la señal para su visualización, almacenamiento y procesamiento

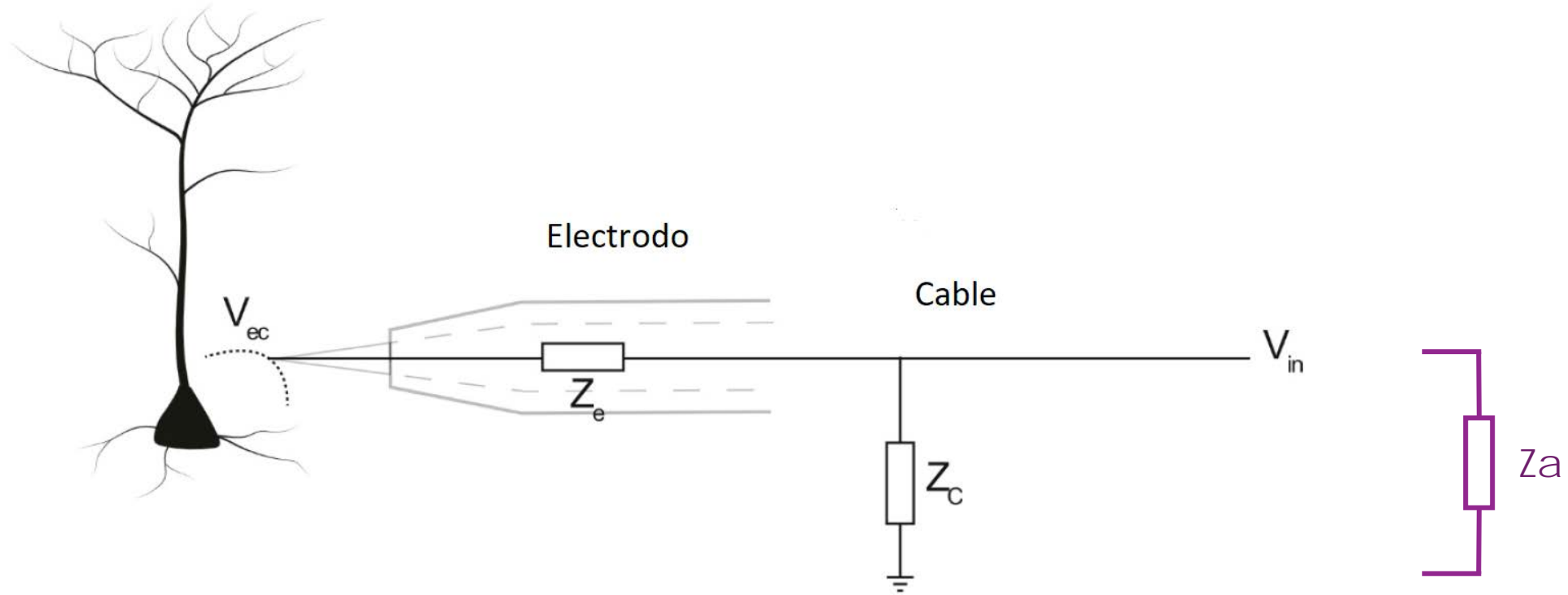
Sistemas de registros experimentales



El setup experimental – simplificación

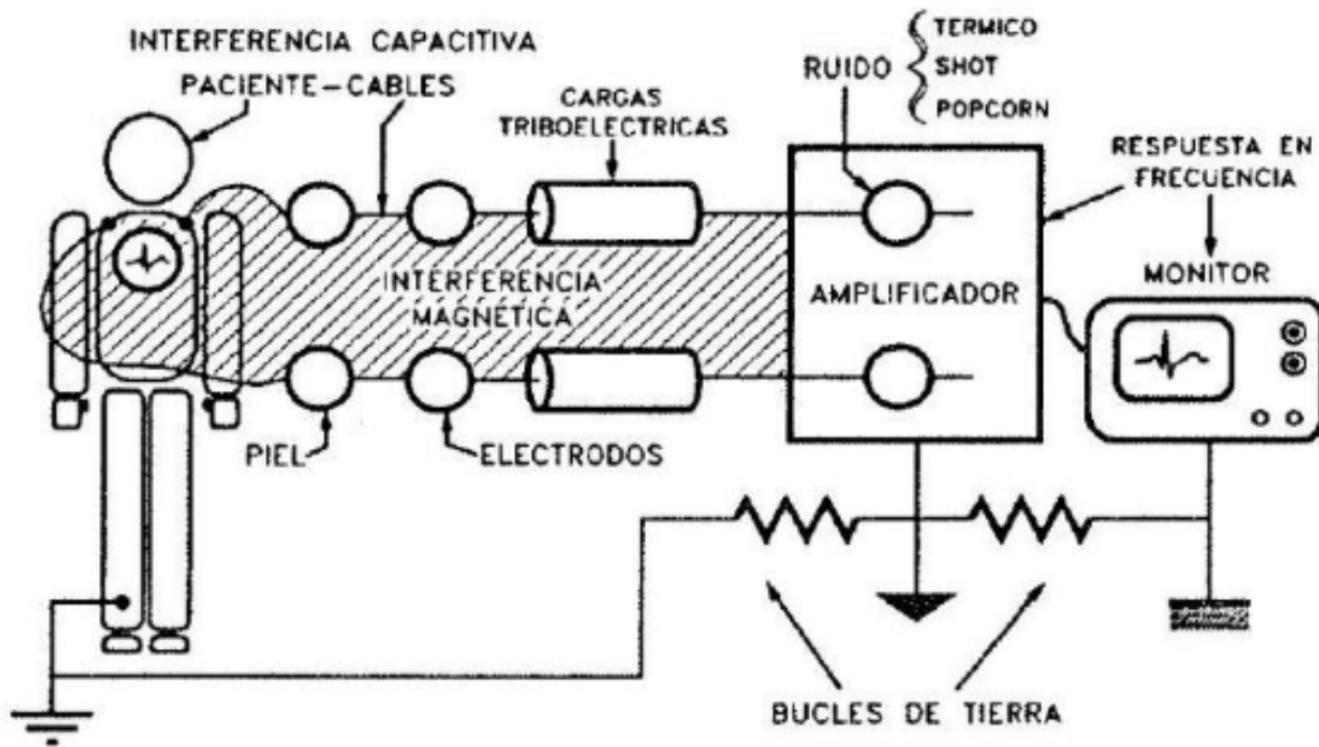


Circuito equivalente del electrodo



$$V_{in} = V_{ec} * \frac{Z_c}{Z_c + Z_e}$$

Fuentes de ruido en los registros



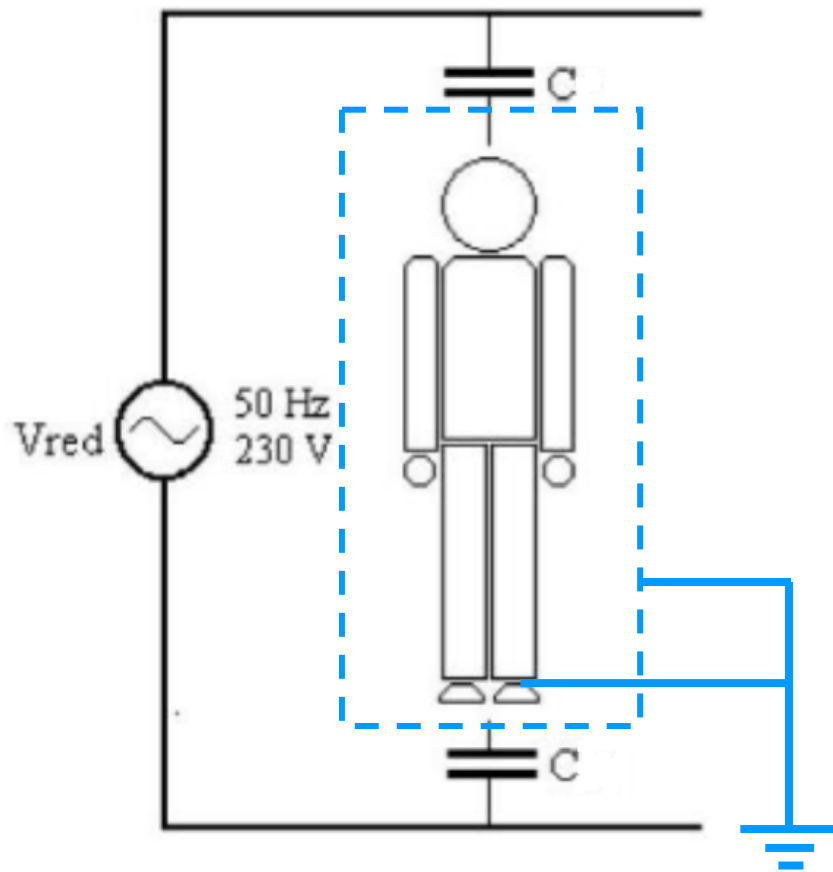
Causas de ruido

- **Capacitivos**
 - Acoplamiento capacitivo con el paciente/animal
 - Acoplamiento capacitivo con los conductores
- **Inductivo:** bucles en los cables
- **Originado por la interfaz electrodo/electrolito**
- **Cargas electrostáticas**
- **Interferencias internas en el equipo de medida:** Fuente de alimentación

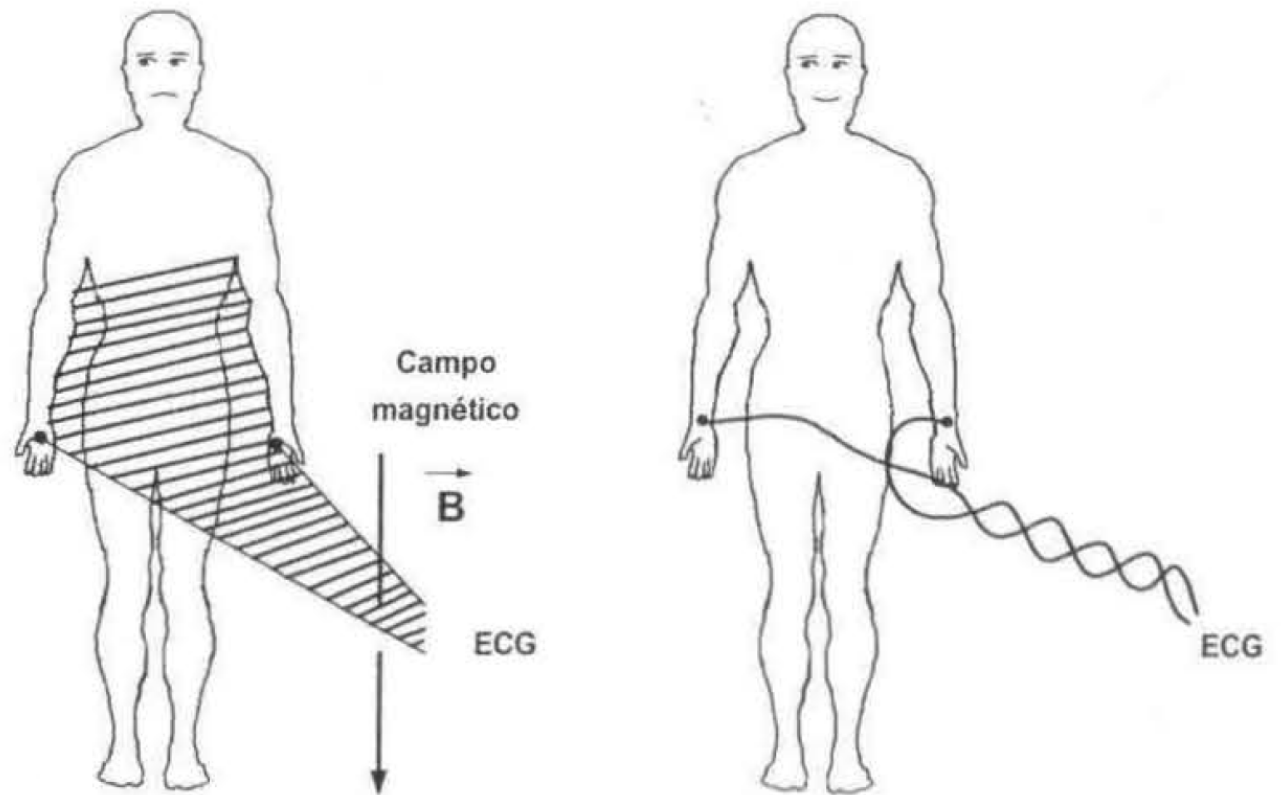
Fuentes de ruido en los registros

Soluciones

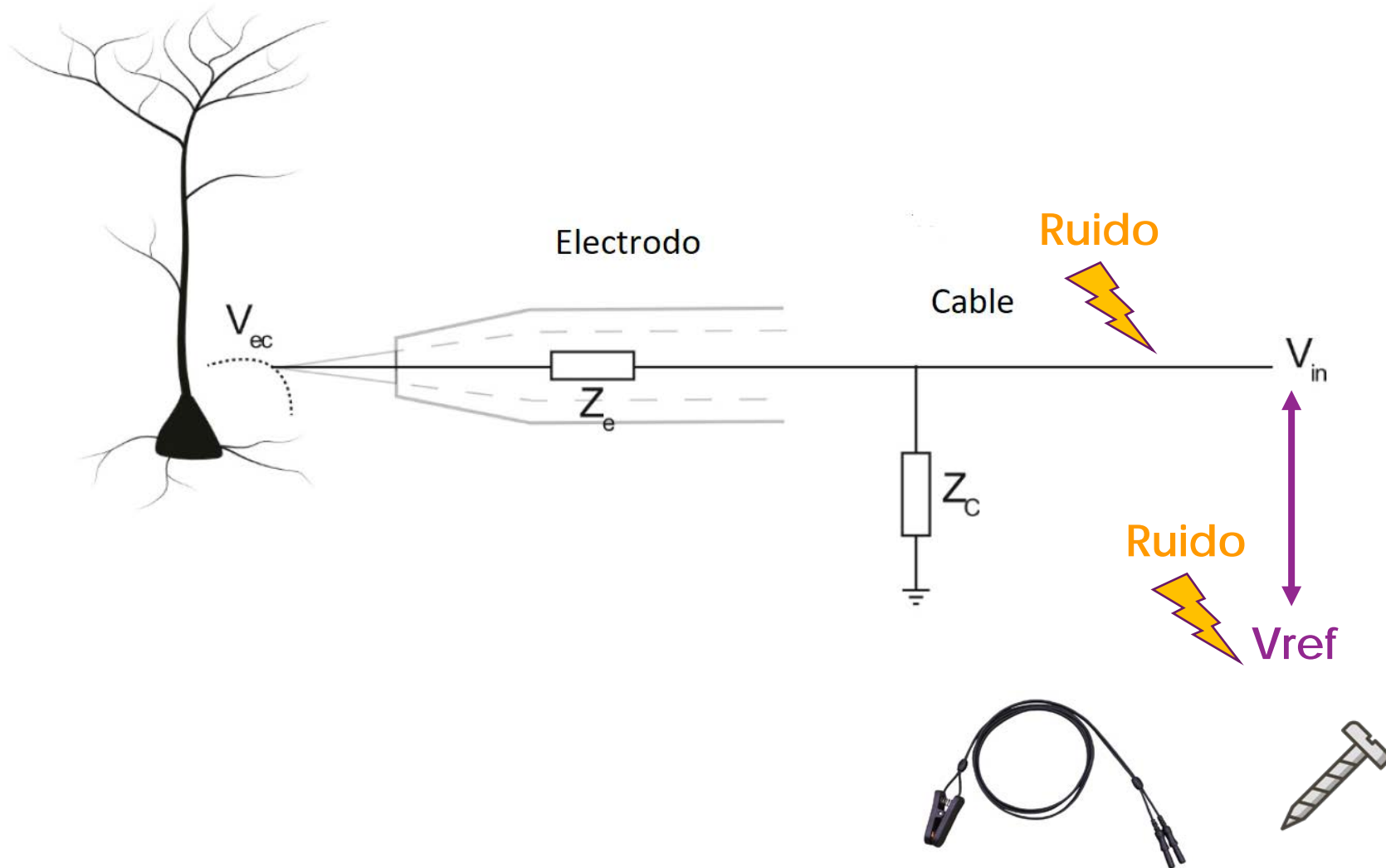
Acoplamiento Capacitivo



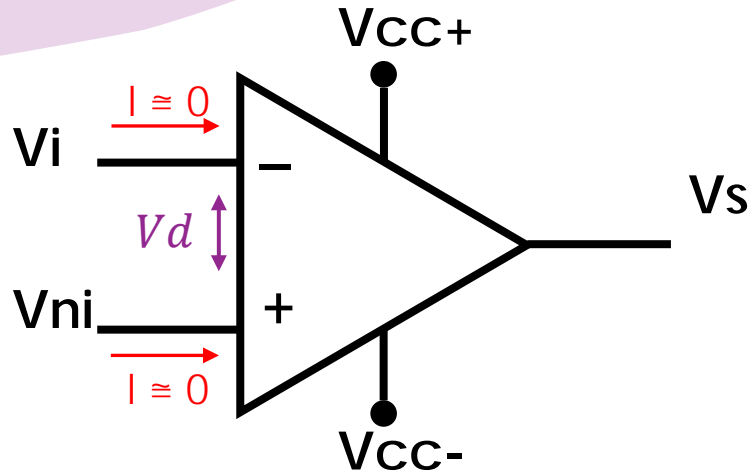
Acoplamiento Inductivo



Electrodo de referencia



Amplificador Operacional



$$V_s = A_d * (V_{ni} - V_i) = A_d * V_d$$

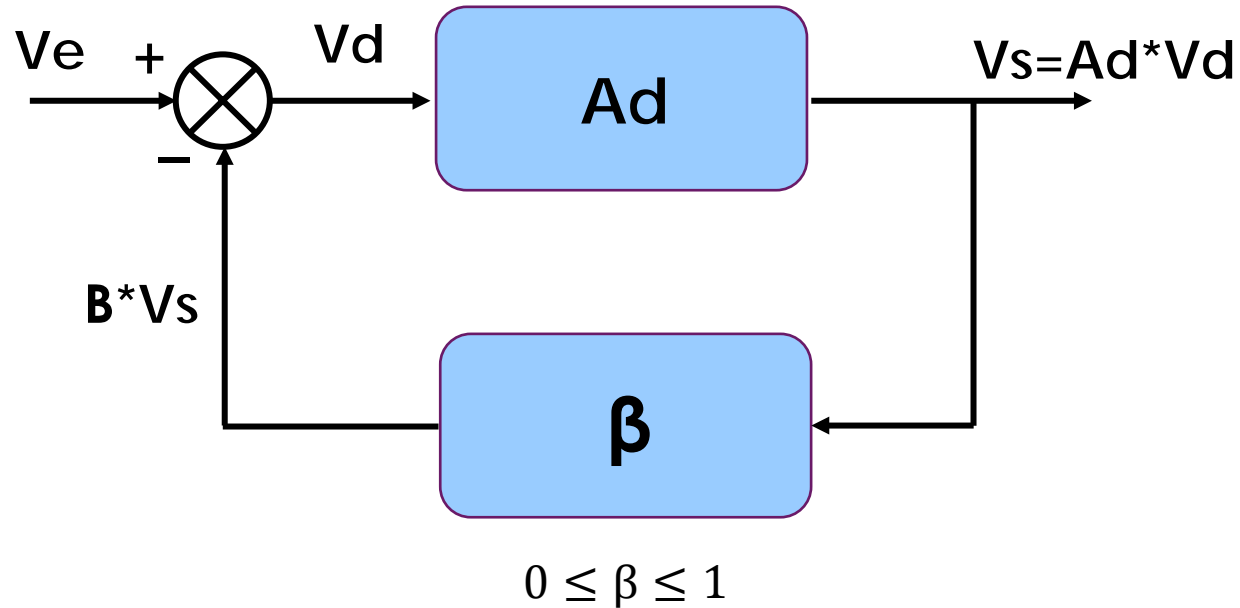
Características del Op-Amp ideal

- Impedancia de entrada (Z_i) infinita
- Impedancia de salida (Z_o) nula
- Ganancia en lazo abierto (A_d) infinita



Amplificador Operacional

Retroalimentación negativa



$$\begin{cases} V_s = A_d * V_d \\ V_d = V_e - \beta * V_s \end{cases}$$

Reemplazando y operando

$$V_s = A_d * (V_e - \beta * V_s)$$

$$V_s = A_d * V_e - A_d * \beta * V_s$$

$$V_s + A_d * \beta * V_s = A_d * V_e$$

$$V_s(1 + A_d * \beta) = A_d * V_e$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{A_d}{(1 + A_d * \beta)}$$

Pero $A_d \gg 1 \rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{A_d}{(A_d * \beta)}$

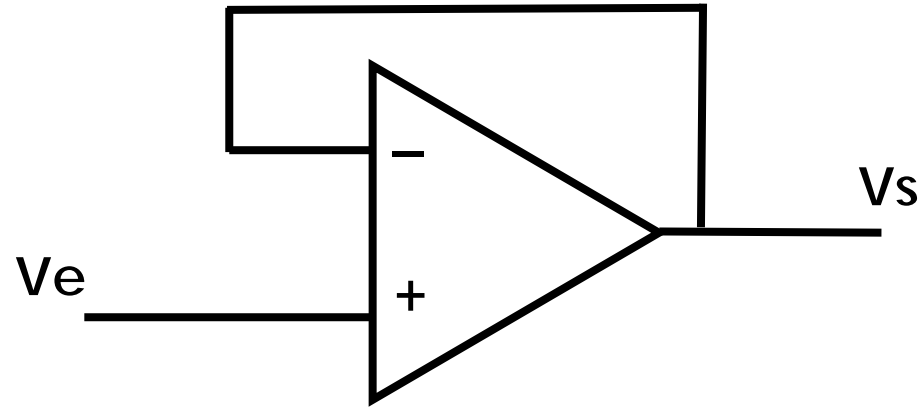
$$A = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\beta}$$

Ganancia
retroalimentada

La ganancia del Op-Amp va a depender de la fracción de la tensión de salida con la que lo retroalimente

Amplificador Operacional

Buffer – seguidor de tensión



$$V_s = V_d$$

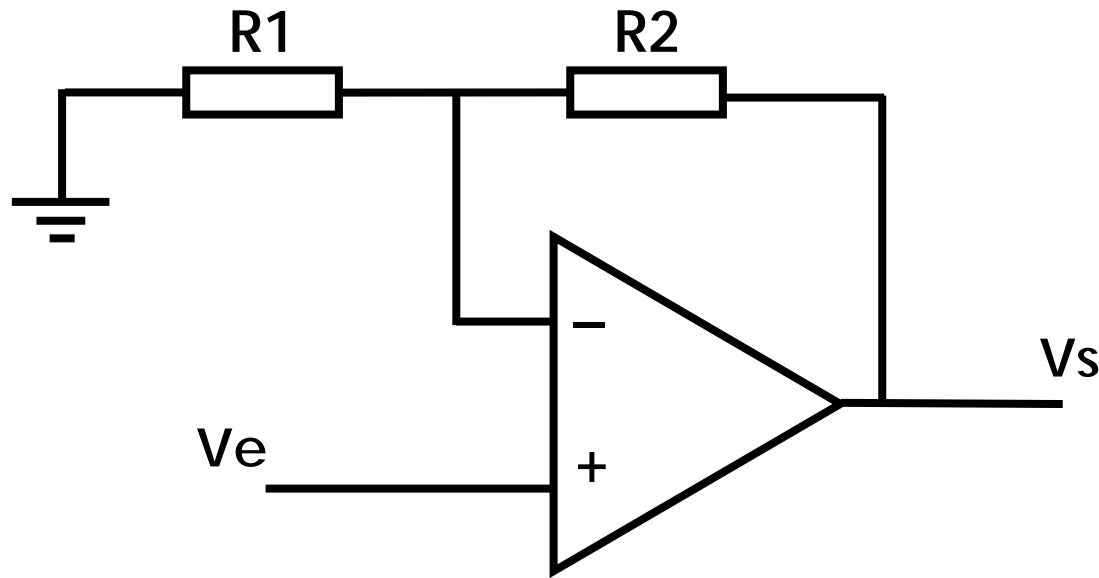
$$A = 1$$

Puedo medir señales muy débiles.

No se consume corriente de la fuente que genera la señal.

Amplificador Operacional

No Inversor



$$V_s = V_e * \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

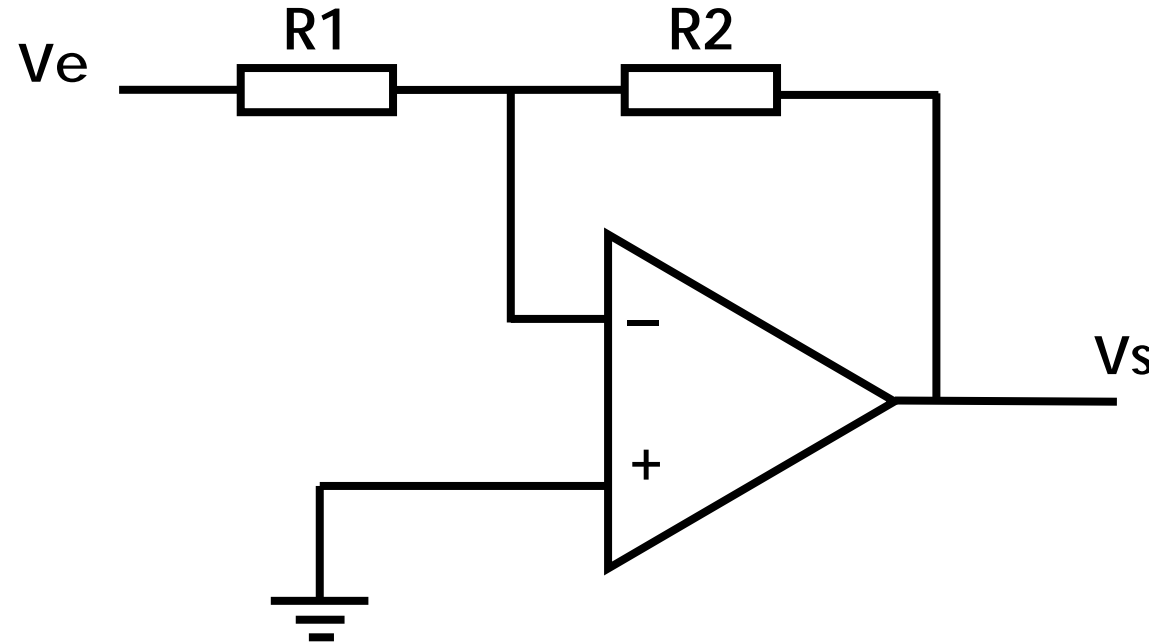
Puedo medir señales muy débiles.

No se consume corriente de la fuente que genera la señal.

Ganancia ≥ 1

Amplificador Operacional

Inversor



$$V_s = -V_e * \frac{R2}{R1}$$

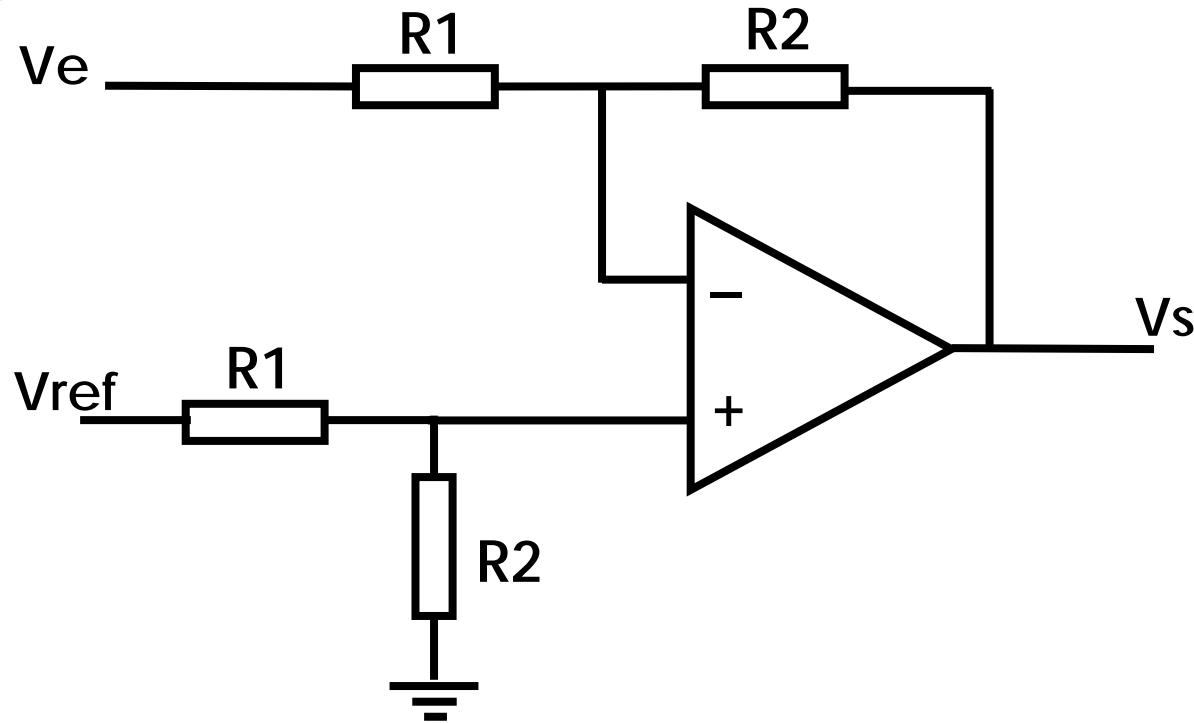
$$A = -\frac{R2}{R1}$$

La salida es invertida

La impedancia de entrada no es tan grande

Amplificador Operacional

Diferencial



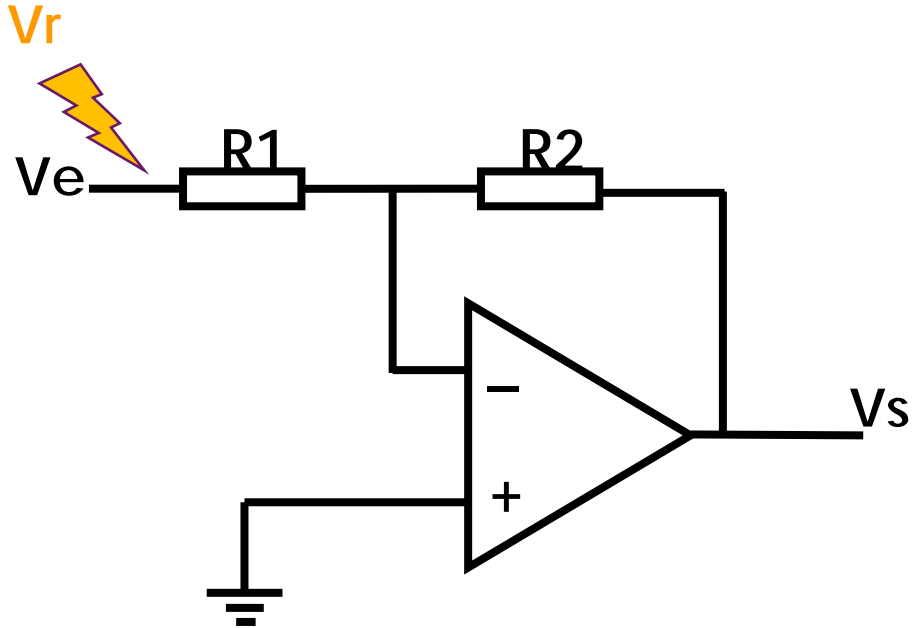
$$V_s = (V_{ref} - V_e) * \frac{R_2}{R_1}$$

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

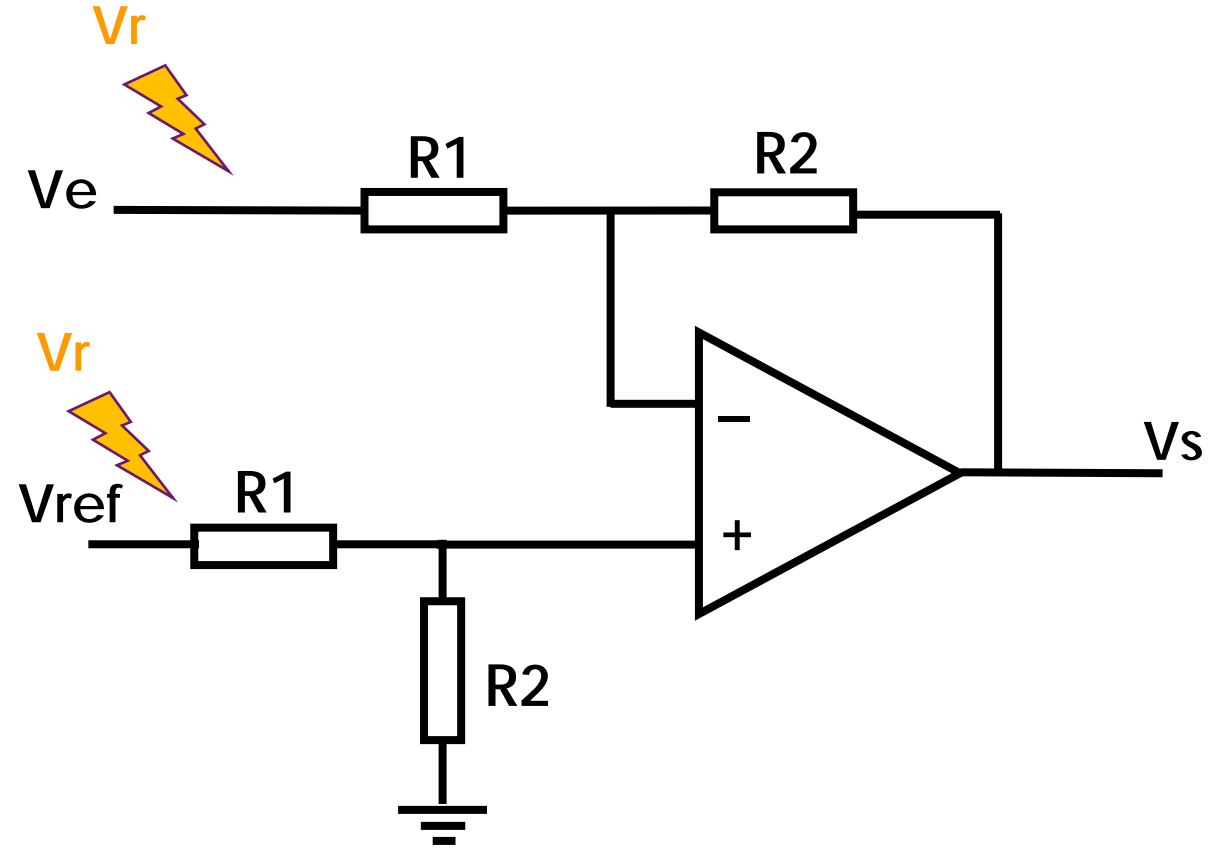
La salida es la diferencia de las entradas por una ganancia
La impedancia de entrada no es tan grande

Amplificador Operacional

¿y el ruido?



$$V_s = -(V_e + V_r) * \frac{R_2}{R_1}$$



$$V_s = [(V_{ref} + V_r) - (V_e + V_r)] * \frac{R_2}{R_1}$$
$$V_s = (V_{ref} - V_e) * \frac{R_2}{R_1}$$