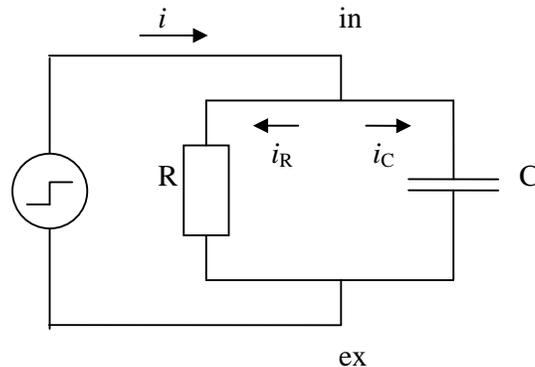


11. La célula como un circuito RC

Ej. 1 - Equivalente eléctrico de la membrana celular



El circuito de la figura reproduce el comportamiento eléctrico de la membrana celular (dejando de lado la generación de potencial de acción). El capacitor, que representa la capacidad de la membrana lipídica, se encuentra en paralelo con una resistencia que representa a los canales iónicos. El dispositivo de la izquierda es una fuente de corriente y permite fijar la corriente total (i) que circula entre el interior (in) y el exterior (ex) de la célula.

Si en $t = t_0$ se aplica un valor constante de i "i", puede deducirse aplicando las leyes de Kirchhoff la siguiente ecuación diferencial para el potencial de membrana ($V = V_{in} - V_{out}$):

$$V + RC \frac{dV}{dt} - i_1 R = 0$$

- a) Muestre que si $V(t_0) = V_0$ el potencial de membrana cambia en el tiempo según:

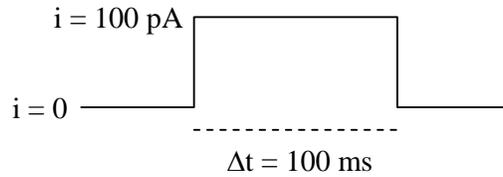
$$V(t) = i_1 R - (i_1 R - V_0) e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \quad (t > t_0)$$

Donde $\tau = R.C$ es la constante de tiempo de la membrana.

- b) ¿Cuál es el valor de $V(t)$ cuando $t = t_0$? ¿y cuándo $t \rightarrow \infty$ ("V_{final}")?
- c) Si $t_0 = 0$ y $V_0 = 0$, ¿cuánto vale $V(t)/V_{final}$ cuando $t = \tau$? ¿Depende este valor de i_1 ?
- d) ¿Cómo se relaciona i con i_R e i_C ? Encuentre como dependen i_R e i_C con el tiempo.
- e) Grafique en el mismo gráfico $V(t)$, $i_R(t)$ e $i_C(t)$ para $t_0 = 0$, $V_0 = 0$.

Ej. 2 - Filtrado

Se aplica el siguiente "escalón de corriente" a una célula de capacidad 50.pF y resistencia de membrana $500 \cdot 10^6 \Omega$ que se encontraba a $V_0 = 0$ mV.¹

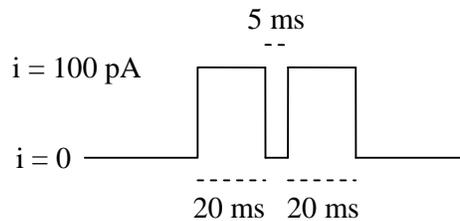


- Calcule la constante de tiempo de la membrana. ¿Cuánto valdría si la capacidad fuera 4 veces más grande?
- ¿Cuál es el máximo valor que alcanza el potencial de membrana $V(t)$? ¿Cuál sería si la capacidad fuera 4 veces más grande?
- Grafique $V(t)$ en respuesta a la corriente (incluya en el gráfico lo que pasa antes y después del escalón).

¹ El escalón de corriente simula lo que ocurre cuando se activa una sinapsis sobre una neurona. Si la corriente sináptica es suficientemente fuerte, el potencial supera un valor crítico (el umbral) y la neurona dispara un potencial de acción).

Ej. 3 – Sumación temporal

A una célula de capacidad 20 pF y resistencia de membrana $100 \cdot 10^6 \Omega$ que se encontraba a $V_0 = 0 \text{ mV}$ se le aplican los siguientes escalones de corriente:



- Calcule el valor máximo que alcanza $V(t)$ dentro de cada escalón y compárelos. (Pista: averigüe un t_0 y un V_0 para cada vez que cambia el valor de i y vuelva a utilizar la expresión de $V(t)$ para cada condición inicial).
- Repita si la capacidad de la célula es de 20 veces la anterior. ¿Qué pasó?

Algunos resultados:

- a) 25 ms y 100 ms ; b) $49,1 \text{ mV}$ y $31,6 \text{ mV}$
- a) 10 mV y 10 mV ; b) $3,9 \text{ mV}$ y 6 mV