

Guia 7 FyB - La célula como un circuito RC - Cátedra G.Mindlin

2do Cuatrimestre 2017

1. El circuito de la figura 1 reproduce el comportamiento eléctrico de la membrana celular. El capacitor, que representa la capacidad de la membrana lipídica, se encuentra en paralelo con una resistencia que representa los canales iónicos. El dispositivo de la izquierda es una fuente de corriente y permite fijar la corriente total que circula entre el interior (in) y el exterior (ex) de la célula. Si en $t = t_0$ se aplica una corriente "i" igual " i_1 " constante, 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 $V(t_0) = V_0$, entonces el potencial de membrana cambia en el tiempo según:

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

con ($t > t_0$) y $\tau = RC$ es la constante de tiempo de la membrana

- (b) Cuál es el valor de $V(t)$ cuando $t = t_0$? Y cuanto $t \rightarrow \infty$
(c) Si $t_0 = 0$ y $V_0 = 0$ Cuánto vale $V(t)/V_{final}$ cuando $t = \tau$? Depende de i_1 ese valor?
(d) Cómo se relacionan i_1 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 $t_0 = 0$, $V_0 = 0$.

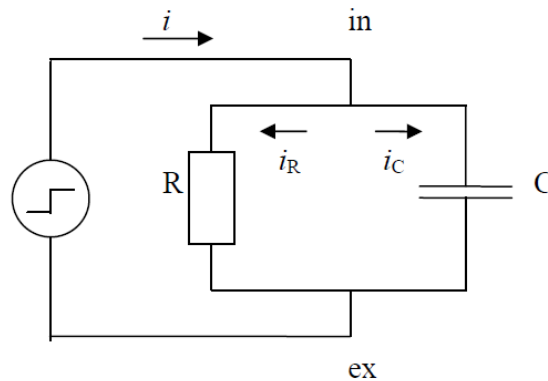


Figure 1: Carga y descarga de capacitores

2. 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 $V_0 = 0 \text{ mV}$.
- (a) Calcule la constante de tiempo de la membrana. Cuánto valdría si la capacidad fuera 4 veces más grande?
- (b) Cuál es el máximo valor que alcanza el potencial de membrana $V(t)$? Cuál sería si la capacidad fuera 4 veces más grande?

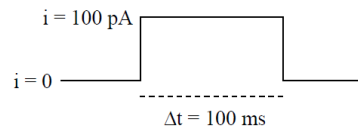


Figure 2: Problema

- (c) Grafique $V(t)$ en respuesta a la corriente (incluya en el gráfico lo que pasa antes y después del escalón)

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

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

- a) 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) b) Repita si la capacidad de la célula es de 20 veces la anterior. Qué pasó?

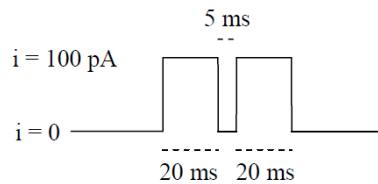


Figure 3: Problema

Aplicación a modelo de membrana

4. El siguiente circuito (4) representa a una neurona. El punto A corresponde al interior celular y el punto B al exterior. Las ramas 1, 2 y 3 representan el movimiento de iones potasio, sodio y cloro respectivamente a través de la membrana. Considere que el circuito se encuentra funcionando hace suficiente tiempo para que el capacitor esté totalmente cargado.

Datos: $E_1 = 80 \text{ mV}$; $E_2 = 50 \text{ mV}$; $E_3 = 50 \text{ mV}$; $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$; $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$; $R_3 = 2 \text{ M}\Omega$; $C = 50 \text{ pF}$. El signo de los “E” está indicado en el circuito.

- (a) Encuentre el valor de las corrientes que circulan por R_1 , R_2 y R_3
 (b) Calcule el potencial de membrana ($V_A - V_B$) y la carga C del capacitor.
 (c) Si luego se produce un cambio en la resistencia asociada al sodio (R_2) y en consecuencia se mide ($V_A - V_B = 40 \text{ mV}$). Calcule el valor que tomó R_2

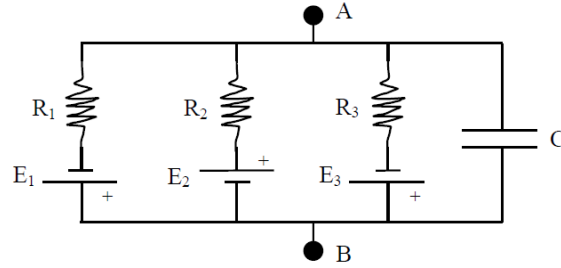


Figure 4: Aplicación a modelo de membrana. Es una simplificación de lo que ocurre al iniciarse un potencial de acción

5. **Space clamp.** El circuito de la izquierda representa la situación descrita en el dibujo de la derecha de la figura 5. Se trata de un modelo simple de una neurona con un cuerpo celular (soma) y una dendrita. Estos dos compartimientos están conectados por una resistencia interna R_i . El investigador aplica una diferencia de potencial E a ambos lados de la membrana del soma. Considere que el circuito se encuentra funcionando hace suficiente tiempo para que el capacitor esté totalmente cargado. Datos: $C_s = 5 \text{ nF}$; $C_d = 1 \text{ nF}$; $R_s = 1 \text{ G}\Omega$; $R_d = 12 \text{ G}\Omega$; $R_i = 1 \text{ G}\Omega$; $E = 100 \text{ mV}$ (negativo en el interior). ($n : 10^{-9}$; $G : 10^6$; $m : 10^{-3}$)

- ¿Qué valor toma el potencial de la dendrita ($V_C - V_D$)? ¿Cómo se compara con el del soma ($V_A - V_B$)? Encuentre la corriente que circula por la membrana del soma (i_s) y la que circula por la membrana de la dendrita (i_d).
- ¿Qué parámetros pueden cambiar para que el potencial de la dendrita se parezca más al impuesto en el soma (E)?

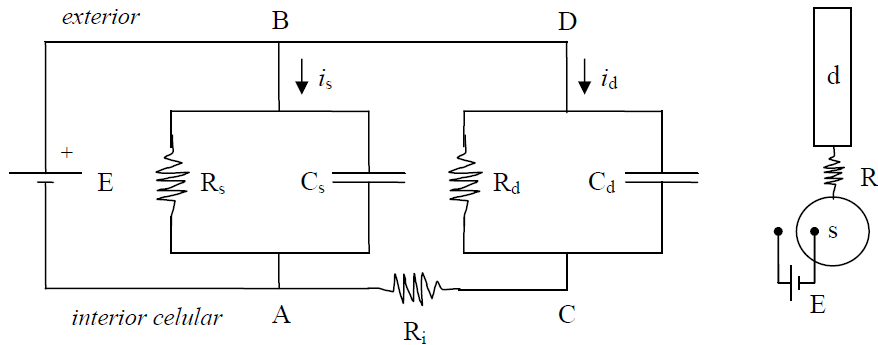


Figure 5: Aplicación a modelo de membrana