

Modelos capacitivos de neurônios

Daniel Penalva

UNESP - Instituto de Física Teórica e USP - Instituto de Física
de São Carlos

14 de maio de 2012

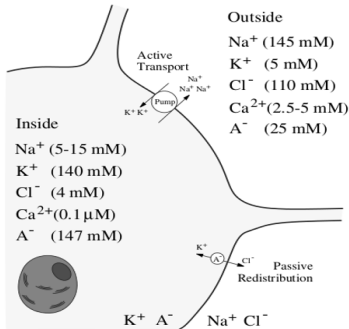
Sumário

- 1 Eletrofisiologia de Membranas Excitáveis
- 2 Modelagem matemática da membrana excitável

- 1 Eletrofisiologia de Membranas Excitáveis
 - Potencial de Nerst
 - Voltage Clamp
- 2 Modelagem matemática da membrana excitável

Difusão de íons e potencial de equilíbrio(reversão)

Potencial de equilíbrio para íons típicos (Izhikevich Cap. 2 pág 26)



Equilibrium Potentials

$$\text{Na}^+ \quad 62 \log \frac{145}{5} = 90 \text{ mV}$$

$$62 \log \frac{145}{15} = 61 \text{ mV}$$

$$\text{K}^+ \quad 62 \log \frac{5}{140} = -90 \text{ mV}$$

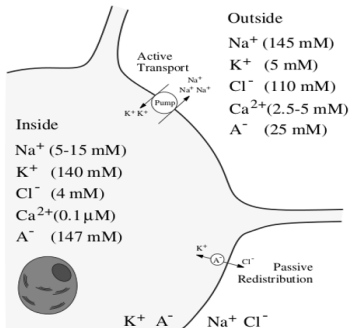
$$\text{Cl}^- \quad -62 \log \frac{110}{4} = -89 \text{ mV}$$

$$\text{Ca}^{2+} \quad 31 \log \frac{2.5}{10^{-4}} = 136 \text{ mV}$$

$$31 \log \frac{5}{10^{-4}} = 146 \text{ mV}$$

Difusão de íons e potencial de equilíbrio(reversão)

Potencial de equilíbrio para íons típicos (Izhikevich Cap. 2 pág 26)



Equilibrium Potentials

$$\text{Na}^+ \quad 62 \log \frac{145}{5} = 90 \text{ mV}$$

$$62 \log \frac{145}{15} = 61 \text{ mV}$$

$$\text{K}^+ \quad 62 \log \frac{5}{140} = -90 \text{ mV}$$

$$\text{Cl}^- \quad -62 \log \frac{110}{4} = -89 \text{ mV}$$

$$\text{Ca}^{2+} \quad 31 \log \frac{2.5}{10^{-4}} = 136 \text{ mV}$$

$$31 \log \frac{5}{10^{-4}} = 146 \text{ mV}$$

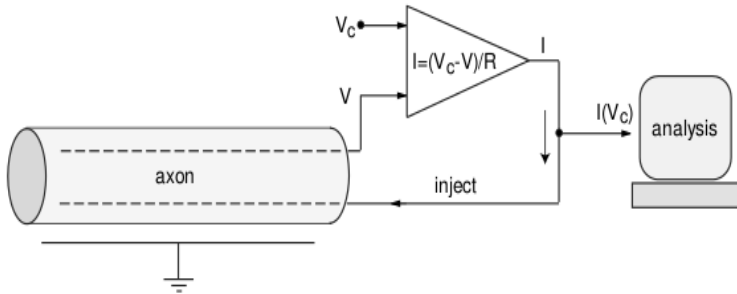
$$E_{\text{Ion}} = \frac{KT}{zF} \ln \frac{[\text{Ion}]_{\text{in}}}{[\text{Ion}]_{\text{out}}}$$

Goldman-Hodgkin-Katz, equilíbrio simultâneo de várias espécies iônicas

$$E_{Ion} = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_A[IonA]_{in} + P_B[IonB]_{in}}{P_A[IonA]_{out} + P_B[IonB]_{out}}$$

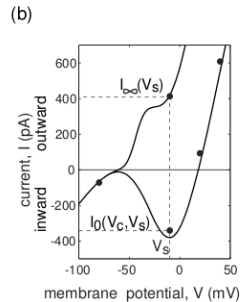
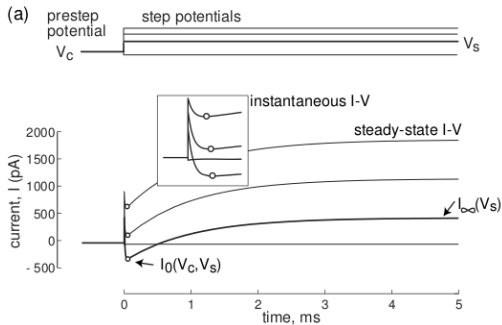
Medindo corrente iônica através do engate de voltagem

Esquema de aparato para engate de voltagem (Izhikevich Cap. 2 pág 31)



Obtenção das relações I-V

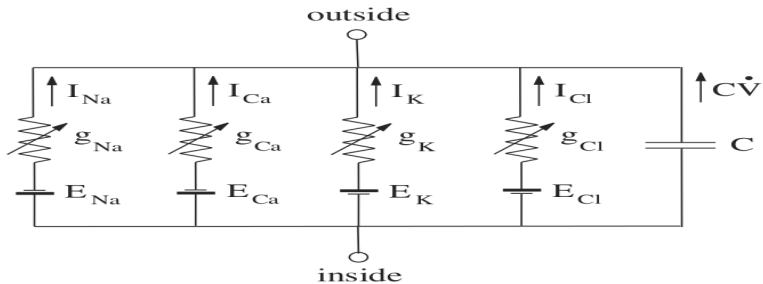
Exemplo de fitting para dados de V-Clamp (Izhikevich Cap. 2 pág 31)



- 1 Eletrofisiologia de Membranas Excitáveis
- 2 Modelagem matemática da membrana excitável
 - Circuitos capacitivos
 - Capacitâncias
 - Multi-modularidade

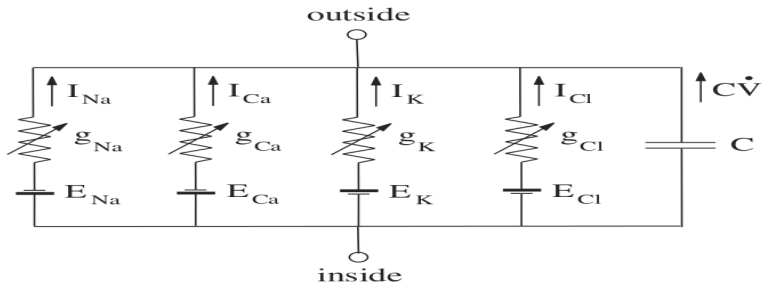
Modelagem da membrana como circuito capacitivo

Canais e membrana como circuitos (Izhikevich Cap. 2 pág 28)



Modelagem da membrana como circuito capacitivo

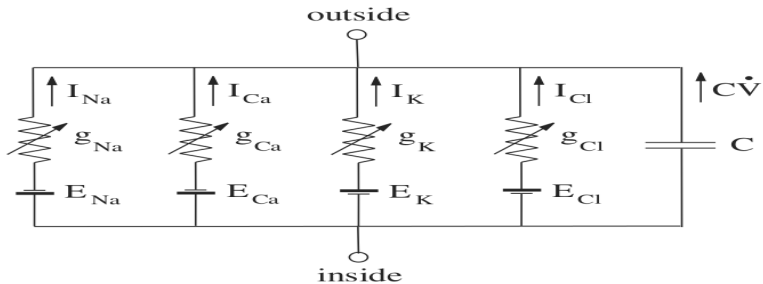
Canais e membrana como circuitos (Izhikevich Cap. 2 pág 28)



$$I_{total} = C_m \dot{V} + I_{Na} + I_K + I_{Ca} + I_{Cl}$$

Modelagem da membrana como circuito capacitivo

Canais e membrana como circuitos (Izhikevich Cap. 2 pág 28)



$$I_{total} = C_m \dot{V} + I_{Na} + I_K + I_{Ca} + I_{Cl}$$

$$I_{Ion} = g_{Ion}(V)(V - E_{Ion})$$

Taxa de canais no estado aberto e gates ativadores/desativadores

$$g_{Ion} = \bar{g}_{Ion} p, \text{ e } p = m^a h^b$$

m é a probabilidade de gate de ativação estar agindo.

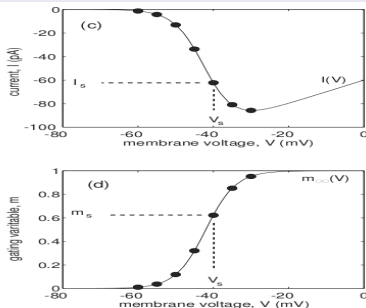
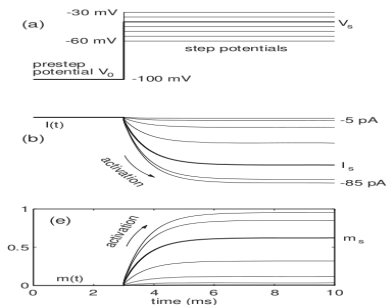
h é a probabilidade de gate de desativação não estar agindo.

$$\dot{m} = \frac{m_{\infty}(V) - m}{\tau_m(V)} \text{ e } \dot{h} = \frac{h_{\infty}(V) - h}{\tau_h(V)}$$

Modelagem de gates através de dados experimentais de V-Clamp

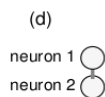
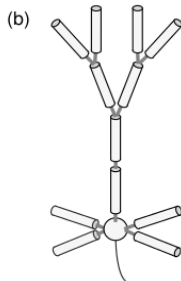
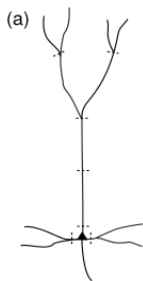
Com a membrana no estado de voltage clamp, $\dot{V} = 0$, temos:
 $I(V_s) = \bar{g}m_\infty(V_s)(V_s - E)$, canais com apenas ativação.

Determinação de $m_\infty(V)$ (Izhikevich Cap. 2 pág 35)



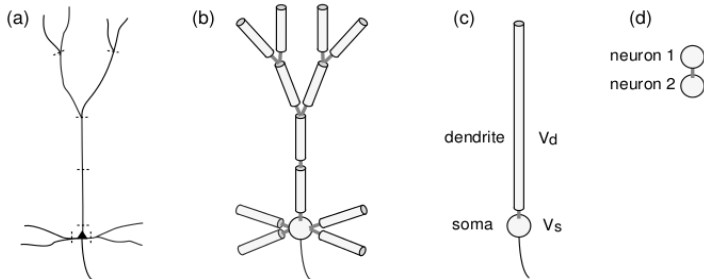
Modelagem multimodular de morfologia e de redes neurais

Neurônio morfológico multi-modular (Izhikevich Cap. 2 pág 44)



Modelagem multimodular de morfologia e de redes neurais

Neurônio morfológico multi-modular (Izhikevich Cap. 2 pág 44)



$$C_s \dot{V}_s = -I(V_s, t) + g_s(V_s - V_d)$$

$$C_d \dot{V}_d = -I(V_d, t) + g_d(V_d - V_s)$$