

Redes Neuronales: Práctico 2

María Florencia Molina

Noviembre 2021

1. Introducción

En este informe se aplicará el modelo de Izhikevich, que consiste en una simplificación del modelo de Hodgkin-Huxley y está determinado por dos ecuaciones de la forma

$$\begin{aligned}v' &= 0,04v^2 + 5v + 140 - u + I \\u' &= a(bv - u)\end{aligned}\tag{1}$$

con un reseteo auxiliar post-disparo

$$\begin{aligned}v(t) &\leftarrow c \\u(t) &\leftarrow u + d\end{aligned}\tag{2}$$

cuando $v(t) > 30 \text{ mV}$. Aquí v y u son variables adimensionales y a, b, c, d son parámetros adimensionales. La variable v representa el potencial de membrana de la neurona y u la recuperación de membrana. Las corrientes sinápticas están representadas por la variable I . Para los parámetros tenemos:

- El parámetro a describe la escala temporal de recuperación de u . Cuanto más pequeño sea a , más lenta será la recuperación.
- El parámetro b describe la sensibilidad de u ante fluctuaciones de v que estén por debajo del valor de umbral.
- El parámetro c da el valor de reseteo de v luego del disparo
- El parámetro d describe el valor de reseteo de la variable de recuperación u luego del disparo.

Distintas elecciones para estos parámetros resultan en distintos patrones de disparo, que incluyen los exhibidos por neuronas neocorticales y talámicas.

2. Distintos tipos de dinámicas

Las neuronas neocorticales del cerebro de los mamíferos se dividen en excitatorias e inhibitorias, dentro de las cuales se identifican varios tipos de acuerdo a los patrones de disparo y excitación.

En todas las representaciones que siguen se resolvió (1) utilizando el método de Runge-Kutta de cuarto orden con intervalos de 0.1 ms de integración.

2.1. Neuronas corticales excitatorias

- RS (regular spiking). Son las más comunes del cortex. Cuando se les da un estímulo prolongado, disparan algunas espigas con período corto y luego la frecuencia de disparo incrementa, lo que se llama adaptación de la frecuencia de disparo. Cuanto más fuerte sea el estímulo, mayor será la frecuencia de disparo. Los valores de los parámetros son $a = 0,02$, $b = 0,2$, $c = -65$, $d = 8$ con valores iniciales $v_0 = -70$ y $u = b.v_0$

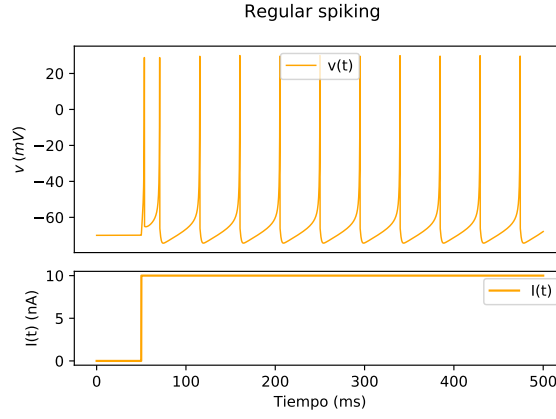


Figura 1: Voltaje y corriente para RS

- IB (intrinsically bursting). Disparan una explosión de espigas seguidas de una seguidilla de espigas separadas y repetitivas. Los valores de los parámetros son $a = 0,02$, $b = 0,2$, $c = -55$, $d = 4$ con valores iniciales $v_0 = -70$ y $u = b.v_0$

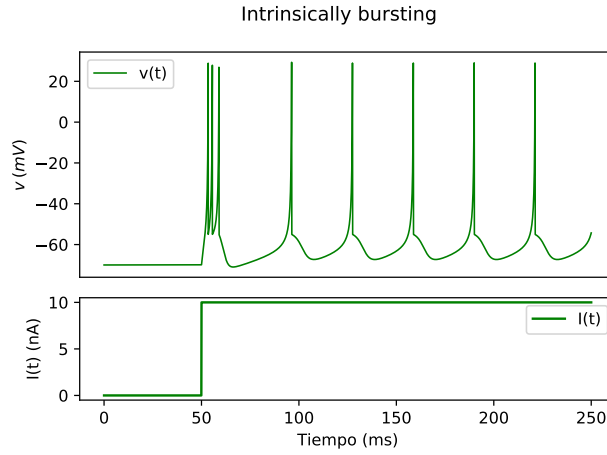


Figura 2: Voltaje y corriente para IB

- CH (chattering). La neurona dispara seguidillas de espigas con frecuencia de disparo muy alta. Los valores de los parámetros son $a = 0,02$, $b = 0,2$, $c = -50$, $d = 2$ con valores iniciales $v_0 = -70$ y $u = b.v_0$.

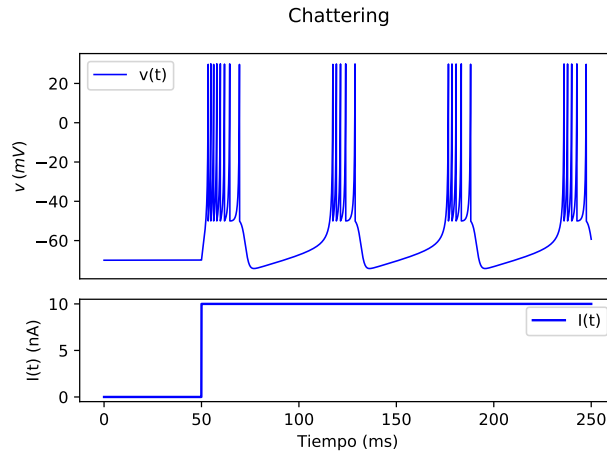


Figura 3: Voltaje y corriente para CH

2.2. Neuronas corticales inhibitorias

- FS (fast spiking). Disparan trenes de potenciales de acón con frecuencias extremadamente altas casi sin ninguna adaptación. Los valores de los parámetros son $a = 0,1$, $b = 0,2$, $c = -65$, $d = 2$ con valores iniciales $v_0 = -70$ y $u = b.v_0$

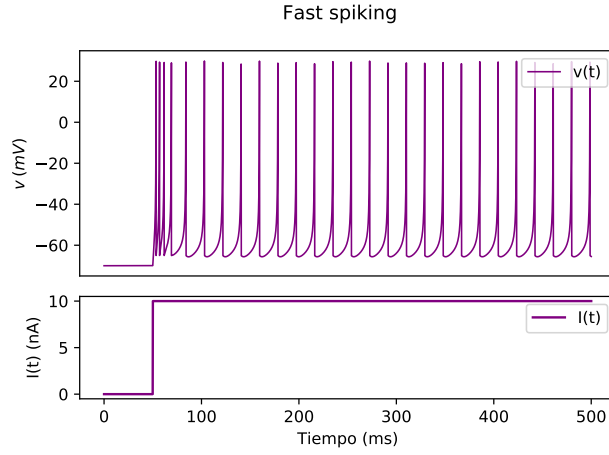


Figura 4: Voltaje y corriente para FS

- LTS (low-threshold spiking). También disparan un "burst" de espigas pero con una frecuencia de adaptación más notable que en las FS. Los valores de los parámetros son $a = 0,02$, $b = 0,25$, $c = -65$, $d = 2$ con valores iniciales $v_0 = c$ y $u = b.v_0$

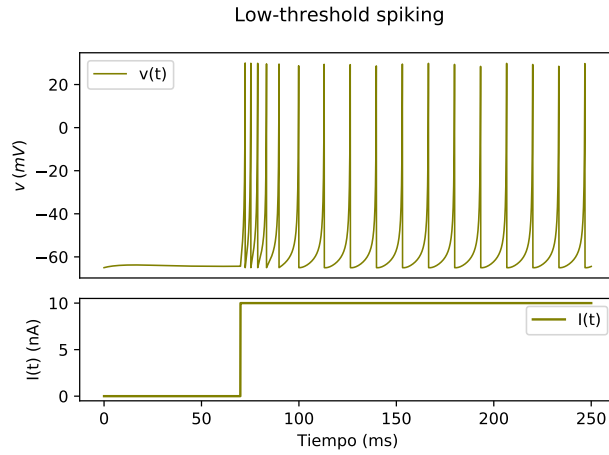


Figura 5: Voltaje y corriente para LTS

2.3. Neuronas tálamo-corticales

- TC (thalamo-cortical), primer régimen. Al estar en un reposo de $v = -60mV$ y luego ser depolarizadas exhiben "tonic firing". Los valores de los parámetros son $a = 0,02$, $b = 0,25$, $c = -63$, $d = 0,05$ con valores iniciales $v_0 = c$ y $u = b.v_0$

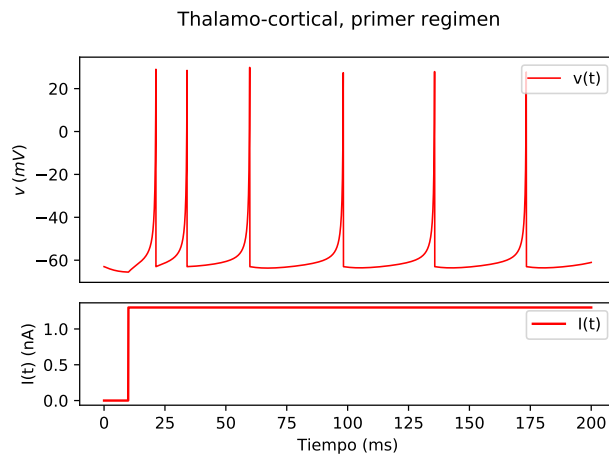


Figura 6: Voltaje y corriente para TC, primer régimen

- TC (thalamo-cortical), segundo régimen. Se genera cuando se le da un salto negativo de corriente a la

neurona de forma que el potencial de membrana este hiperpolarizado. La neurona entonces dispara un tren de potenciales de acción. Los valores de los parámetros utilizados son $a = 0,02$, $b = 0,2577$, $c = -63,0$, $d = 0,75$, con valores iniciales $v_0 = -87$ y $u = b.v_0$

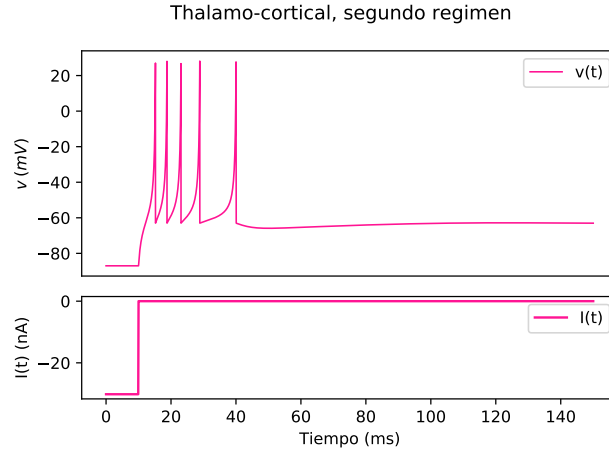


Figura 7: Voltaje y corriente para TC, segundo régimen

2.4. Resonador

Las neuronas RZ (resonador) tienen oscilaciones amortiguadas por debajo del umbral para saltos de corriente pequeños (en el grafico siguiente se uso un salto de 0.015 nA) y disparan ante impulsos ritmicos de frecuencia adecuada y de duracion breve. Los valores de los parametros utilizados son $a = 0,1$, $b = 0,2577$, $c = -65,0$, $d = 2$, con valores iniciales $v_0 = c$ y $u = b.v_0$

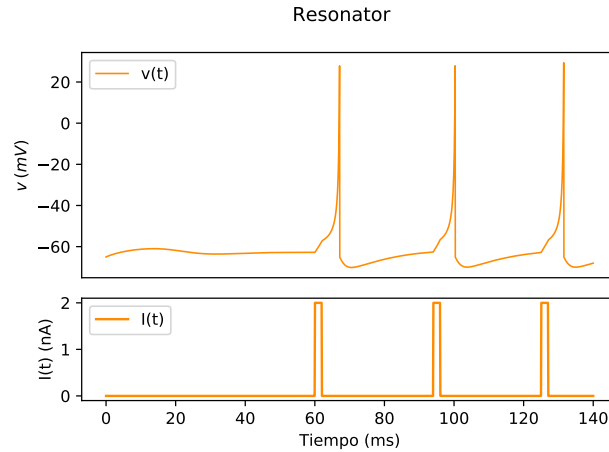


Figura 8: Voltaje y corriente para RZ

3. Conclusión

El modelo de Izchikevich es un modelo simple, que logra replicar una variedad amplia de comportamientos neuronales correspondientes a distintos tipos de neuronas. En este informe se han reproducido los comportamientos neuronales presentados en el artículo *Simple model of spiking neurons*[1] cuyo autor es Izchikevich, sin embargo, como en el mismo artículo se indica, es posible reproducir las dinámicas de comportamiento de muchos otros tipos de neuronas con este modelo.

Referencias

- [1] Eugene M Izchikevich. Simple model of spiking neurons. IEEE Transactions on neural networks, 14(6):1569–1572, 2003