Vimos que dos tipos de sinapsis

SISTEMAS INTERACTUANTES

- Fenómenos de sincronización (ejemplo: animal moviéndose, se necesita que las neuronas estén sincronizadas)
- Fenómenos de cambio de tasa de disparo

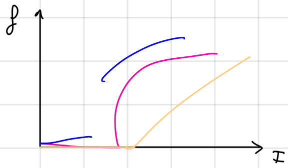
  importan los cambios en las tasas de disparo

  ocurre incluso si no hay una relación precisa entre ellos

Empezamos con los fenómenos de cambio de tasa

MODELO TASA DE DISPARO (firing - rate)

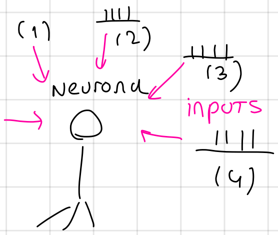
↳ enfoque en como interactúan



(distintos modelos)

Para cada dinámica neural se tiene una curva que resulta de como es la tasa de disparo según el input que la neurona recibe

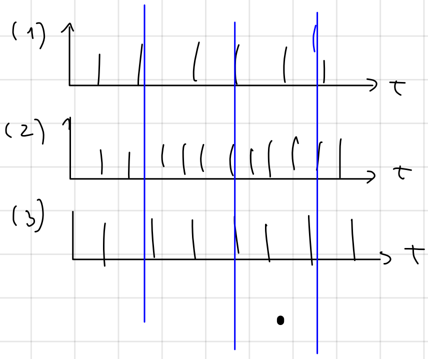
↳ el input puede ser externo o debido al resto de las neuronas



→ tren de spikes → las corrientes inyectadas por cada conexión se suman en el soma

- Se tienen muchas conexiones
- las entradas no están sincronizadas

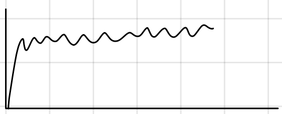
  ⇒ a cada instante de tiempo se tiene la misma cantidad de spikes



N: nº de inputs que recibe una neurona

↓

en el límite de N grande, la corriente que recibe una neurona es ctte

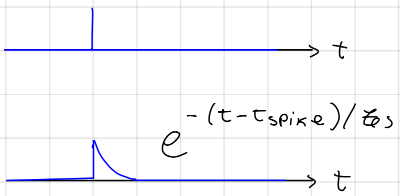


↓

esta neurona será la neurona presináptica para otra neurona

Como es el potencial post-sinoptico tras un spike?

modelamos con



spike de una neurona

$h_i(t)$: potencial post-sinóptico generado por la neurona i a tiempo t si el acoplamiento $=1$
(El potencial post sinóptico depende de la fuerza del acoplamiento entre neuronas)

$$h_i(t) = \sum_{t^i_{spike}} e^{-(t-t^i_{spike})/\tau_s}\,\Theta(t-t^i_{spike}) \qquad \Theta(x)=\begin{cases}1 & x\geq 0\\ 0 & x<0\end{cases}$$

$$\frac{dh_i(t)}{dt} = -\frac{h_i(t)}{\tau_s} + \sum_{t^i_{spikes}} \delta(t-t^i_{spike})$$

Supongamos que $i=1,\dots N$ neuronas hacen de input a la neurona l

dice que tan fuerte es el acoplamiento

$$\Rightarrow \underbrace{h_l(t)}_{\text{potencial post sináptico de } l} = \sum_i g_{li}\, h_i(t)$$

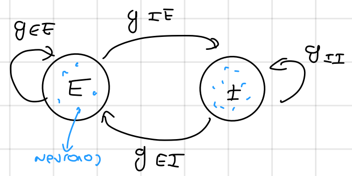
$$\Rightarrow \frac{dh_l(t)}{dt} = \sum_i g_{li}\frac{dh_i(t)}{dt} = \sum_i g_{li}\left(-\frac{h_i(t)}{\tau_s} + \overbrace{\sum_{t^i_{spikes}}\delta(t-t^i_{spike})}^{\text{spikes post-sinópticos de la neurona } i}\right)$$

$$= \frac{h_l(t)}{\tau_s} + \sum_i g_{li}\sum_{t^i_{spikes}}\delta(t-t^i_{spike})$$

Las neuronas vienen en dos clases: exitatorias E → suponemos todos conectados con todos; inhibitorias I

Hay 4 tipos de acoplamientos:

EE	g_{EE}
II	g_{II}
EI	g_{EI}
IE	g_{IE}



$g_{(POST)(PRE)}$

$$\frac{dh_E}{dt} = -\frac{h_E}{\tau_s} + g_{EE}\overbrace{\sum_{i\in E}\delta(t-t^i_{spike})}^{\delta \text{ cada vez que las neuronas exhibitorias, generan un spike}}$$
$$+\, g_{EI}\sum_{i\in EI}\delta(t-t^i_{spike})$$
$$= -\frac{h_E}{\tau_s} + g_{EE}(N_E f_E) + \underbrace{g_{EI}}_{\text{E conectada con los I}}(N_I f_I)$$

neurona E

$$\frac{dh_I}{d\tau} = -\frac{h_I}{\tau_s} + g_{IE}\sum_{i\in E}\delta(\tau-\tau_{spike}) + g_{II}\sum_{i\in II}\delta(\tau-\tau_{spike})$$

$$= -\frac{h_I}{\tau_s} + g_{IE}\, N_E f_E + g_{II}\, N_I f_I$$

neurona I

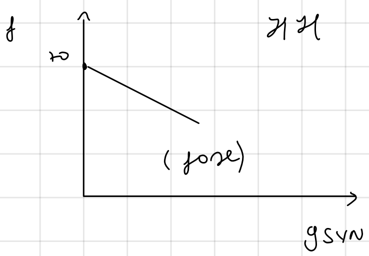
ahora incluyendo inputs externos (que son los responsables de los spikes)

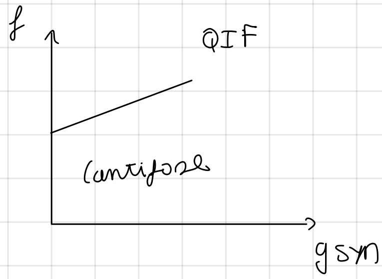
$$\frac{dh_E}{d\tau} = -\frac{h_E}{\tau_s} + g_{EE} f_E + g_{EI} f_I + I_E$$

$$\frac{dh_I}{d\tau} = -\frac{h_I}{\tau_s} + g_{II} f_I + g_{IE} f_E + I_I$$

$$f_I = F(h_I) \qquad f_E = F(h_E)$$

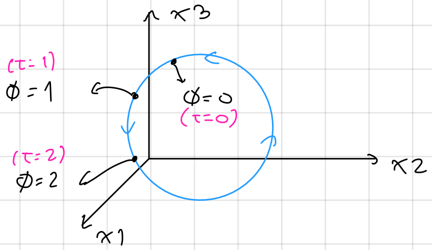
— ejercicio —





método de reducción de fase
(para sistemas que oscilan y se acoplan)

$$\frac{d\vec{x}}{d\tau} = F(\vec{x}) \qquad \vec{x}(\tau) = \vec{x}(\tau+T)$$ → solución periódica y estable

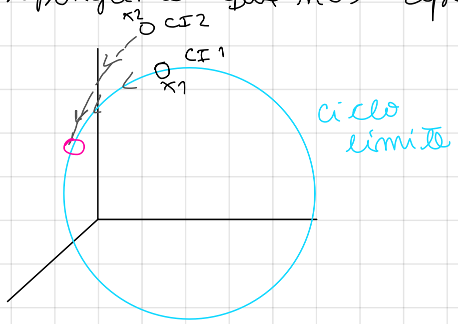


a cada pto del ciclo límite se le asigna una fase (equiespaciado en tiempo, no necesariamente en distancia)

Por definición $\boxed{\frac{d\phi}{dt} = 1}$

¿se puede definir una fase fuera del ciclo límite? (solución periódica y estable)

Supongamos que nos apartamos el pto ligeramente del ciclo límite



Para aquel x_1 / $x_1 = x_2$ cuando x_2 llegue al ciclo límite, se define
$\phi_{x_2} = \phi_{x_1}$

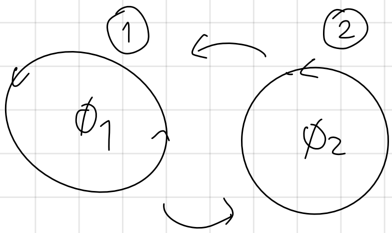
$$\frac{d\vec{x}}{d\tau} = \vec{F}(\vec{x}) + \varepsilon \vec{P}(\vec{x})$$

$$\frac{d\phi}{d\tau} = \frac{d\phi}{d\vec{x}} \frac{d\vec{x}}{dt} = \frac{d\phi}{d\vec{x}} \overbrace{\left[F(\vec{x}) + \varepsilon \vec{P}(\vec{x}) \right]}^{\frac{d\vec{x}}{dt}}$$

$$= 1 + \varepsilon \underbrace{\frac{\partial \phi}{\partial \vec{x}}}_{Z(\vec{x})} P(\vec{x})$$

$$\simeq 1 + \varepsilon \vec{Z}(\phi) \vec{P}(\phi)$$

evaluado en el ϕ que corresponde al x



$$\frac{d\phi_1}{d\tau} = 1 + \varepsilon \vec{Z}(\phi_1) \vec{P}(\phi_1, \phi_2)$$

$$\frac{d\phi_2}{d\tau} = 1 + \varepsilon \vec{Z}(\phi_2) \vec{P}(\phi_2, \phi_1)$$

$$\Rightarrow \frac{d(\phi_1 - \phi_2)}{dt} = \varepsilon \left[\vec{Z}(\phi_1) \vec{P}(\phi_1, \phi_2) - \vec{Z}(\phi_2) \vec{P}(\vec{\phi}_1, \phi_2) \right]$$

$$\psi = \phi_1 - \phi_2$$

$$\Rightarrow \frac{d\psi}{dt} \sim \varepsilon$$

aproximación adiabática

$$\frac{d\phi_1}{dt} = 1 + \varepsilon \vec{Z}(\phi_1) \cdot \vec{P}(\phi_1, \phi_1 + \psi)$$

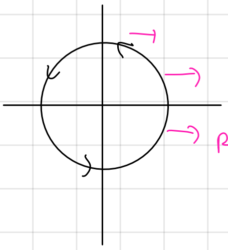
$$\simeq 1 + \underbrace{\frac{\varepsilon}{T} \int_0^T d\phi_1 \; \vec{Z}(\phi_1) \vec{P}(\phi_1, \phi_1 + \psi)}_{\Gamma(\psi)}$$

$$\frac{d\phi_2}{d\tau} = 1 + \Gamma(-\psi)$$

$$\frac{d\psi}{dt} = \Gamma(-\psi) - \Gamma(\psi)$$

$\Gamma'(0) > 0$ solución

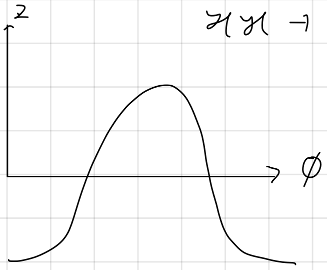
$\Gamma'(0) < 0$ solución



perturbación

a veces atrasa, otras adelanta (o no da)

HH → Hopf



QIF → SN