

Leaky Integrate-and-Fire Model

هدف تمرین اول:

در تمرین اول ما به کمک Leaky Integrate-and-Fire Model یک نورون را شبیه سازی می کنیم و سپس با رسم انواع نمودارها رفتار آن را مورد مطالعه قرار می دهیم.

توضیحات کلی تمرین اول:

در ژوپیتر نوت بوک این تمرین به نام Exc_1 در ابتدا توابع مورد نظر با آرگومان ها قرار داده شده اند که با صدا کردن هریک از آن ها می توانیم به ایجاد مدل و رسم نمودار بپردازیم که در اینجا آن ها را معرفی می کنیم:

`lif_model (time, t_rest, Rm, Cm, tau_ref, Vth, V_spike, I, Alternative, startRange, endRange)`

برای ایجاد مدل LIF

`plot_lif(model)`

برای رسم نمودار U - T در مدل LIF

`plot_i_t(model)`

برای رسم نمودار I - T در مدل LIF

`draw_f_i(time, t_rest, Rm, Cm, tau_ref, Vth, V_spike, I)`

برای رسم نمودار F - I در مدل LIF

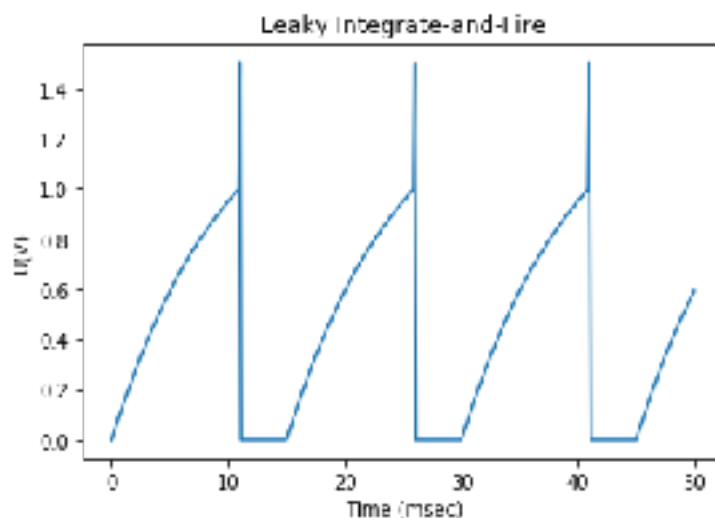
مرحله اول: ایجاد مدل

در ابتدای کار برای رسم نمودارها نیاز است که مدل مورد نظر خود را ایجاد کنیم که با پارامترهای زیر این کار را انجام خواهیم داد:

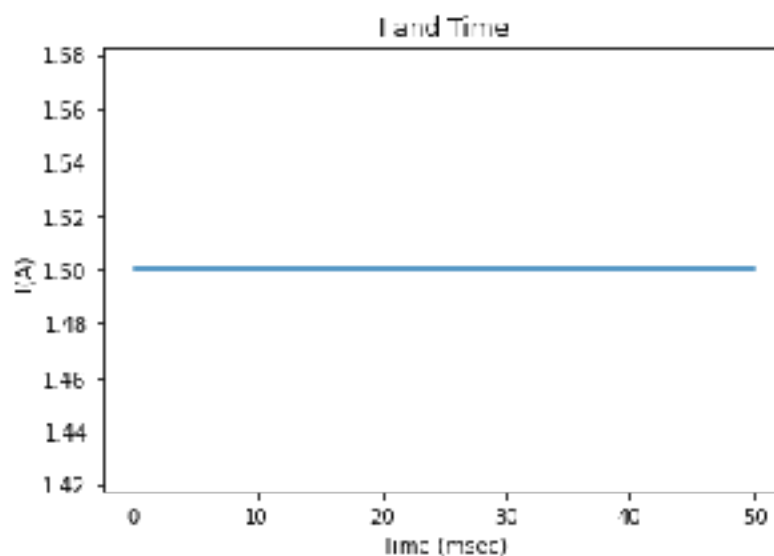
```
1. T = 50 # total time to simulate (msec)
2. dt = 0.125 # simulation time step (msec)
3. time = np.arange(0, T+dt, dt) # time array
4. t_rest = 0 # initial refractory time
5. Rm = 1 # resistance (kOhm)
6. Cm = 10 # capacitance (uF)
7. tau_ref = 4 # refractory period (msec)
8. Vth = 1 # spike threshold (V)
9. V_spike = 0.5 # spike delta (V)
10. I = 1.5 # input current (A)
```

مرحله دوم: رسم نمودارها

اولین نموداری که برای بررسی مدل شبیه سازی شده رسم می کنیم نمودار تغییرات پتانسیل برحسب زمان است که در شکل زیر آن را برای پارامترهای فوق مشاهده می کنید:

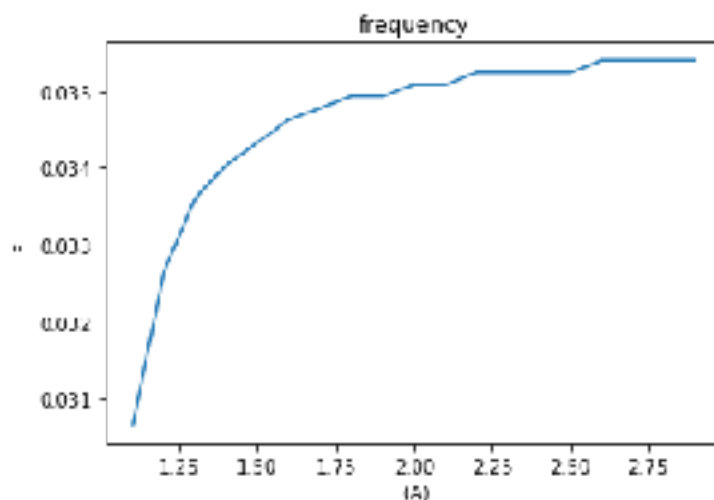


همانطور که در نمودار مشاهده می کنید تغییرات پتانسیل در صورتی که جریان ورودی ثابت باشد به صورت پریودیک تغییر می کنند و پس از هر اسپایک که می زنند دوباره به سطح پتانسیل ابتدایی باز می گردند.



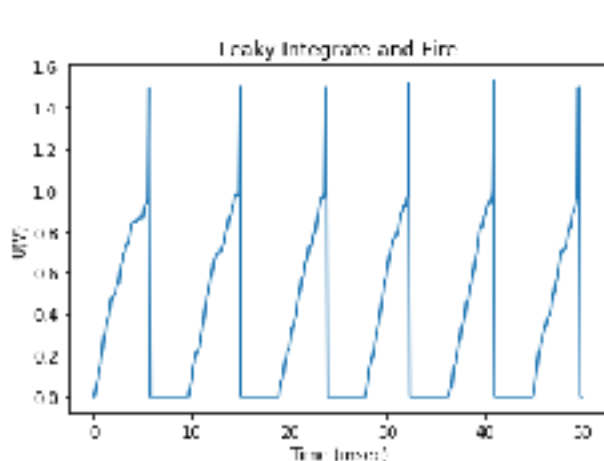
در نمودار جریان برحسب زمان نیز ما قادر به بررسی ولتاژهای مختلف می توانیم باشیم که در این حالت ما ولتاژ یک و نیم ولت را مورد بررسی قرار داده ایم.

نمودار بعدی که به توضیح آن می‌پردازیم نمودار تغییرات فرکانس برحسب جریان است که می‌بینیم به شکل زیر ایجاد شده است:

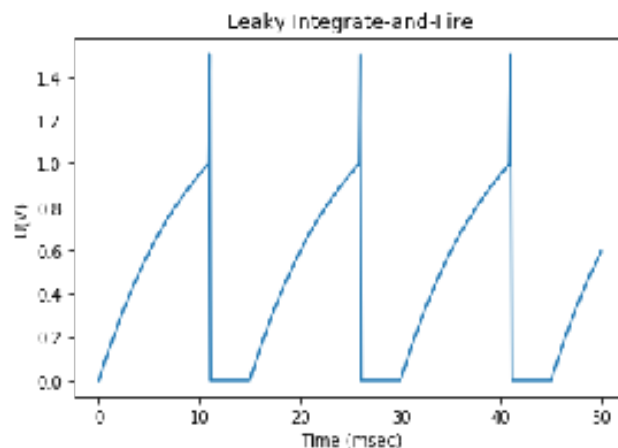


برای رسم این نمودار جریان‌های مختلفی بین ۱ تا ۳ آمپر را با رشد هر بار ۰.۱ آمپر بررسی کرده ایم که به نمودار فوق دست یافتیم، به این صورت که هربار du/dt بیشتر از threshold مورد نظر می‌شد و قرار به اسپایک زدن بود یک بار معکوس زمان و همچنین جریانی که در آن قرار داشتیم را ذخیره کرده و در نهایت نمودار آن‌ها را رسم کردیم که به شکل فوق رسیدیم.

اما در تمرین دوم این سری تمارین قرار بود جریان متناوب را بررسی کنیم و نمودارهای مرتبط با آن را رسم کنیم، برای این موضوع من به کمک تابعی که در ابتدای فایل نوشته شده بود مدل جدیدی به نام model_alt ایجاد کردم که در آن به صورت رندوم بین ۱ تا ۵ جریانه‌های متنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد و نمودارهای آن رسم می‌شود که داریم:

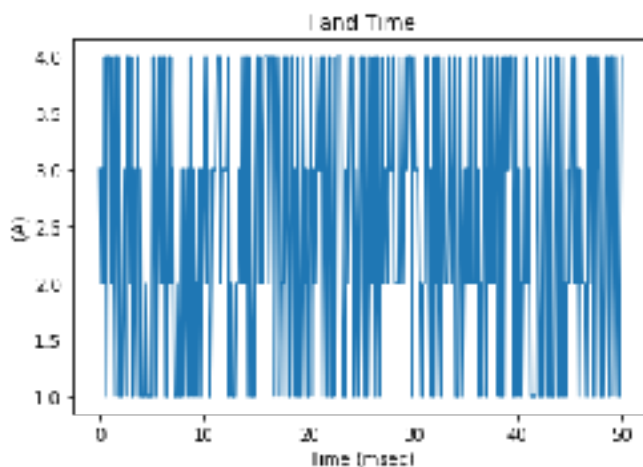


(نمودار با جریان رندوم)

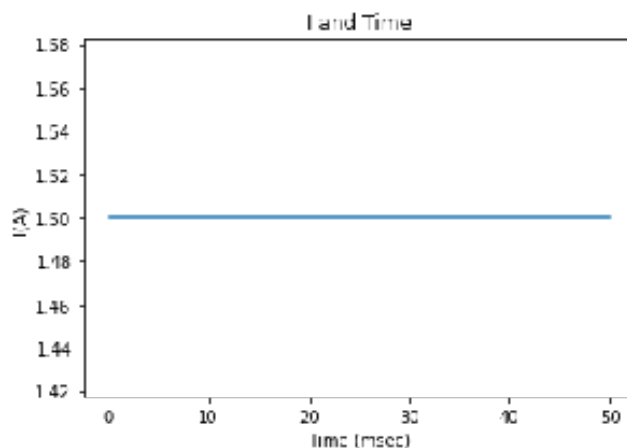


(نمودار با جریان ثابت)

نمودار تغییرات پتانسیل بر حسب زمان که می‌بینیم به چه شکل و متفاوت با نمودار اول رسم شده است!



(نمودار با جریان رندوم)



(نمودار با جریان ثابت)

همینطور این دو نمودار را برای جریان در آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهیم که در نمودار جریان رندوم می‌توانیم به میزان رندوم بودن این جریان پی ببریم!

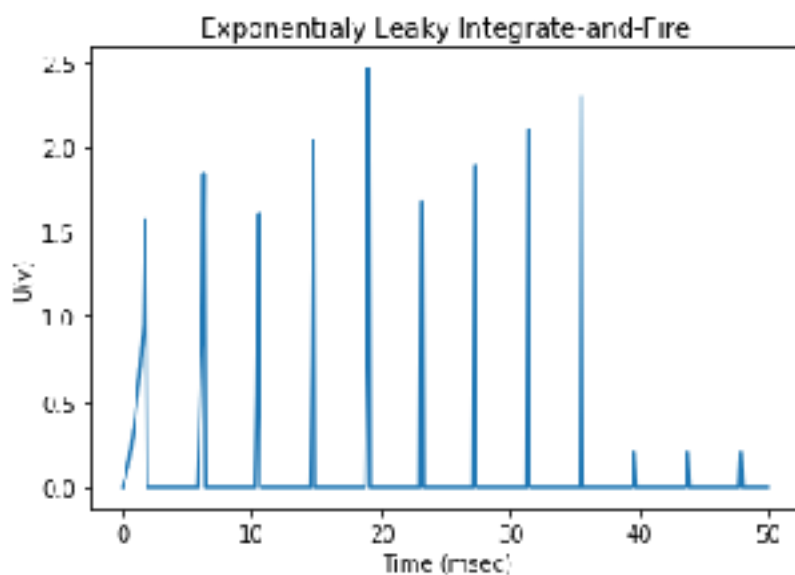
Exponential Leaky Integrate-and-Fire Model

برای تمرین دوم نیز هم همین مراحل را طی خواهیم کرد و مرحله اول و دوم همانند تمرین قبل صورت می‌گیرد و تصاویر آن در نوت‌بوک مربوطه قرار دارد.

نکته مهمی که متفاوت با حالت LIF ظاهر شد زمانی بود که من به جریان هر باز مقداری اضافه می‌کردم و به نمودار اسپایک زدن آن با پارامترهای زیر را خواهیم دید.

```
1. T = 50
2. dt = 0.125
3. time = np.arange(0, T+dt, dt)
4. t_rest = 0
5. Rm = 1
6. Cm = 10
7. tau_ref = 4
8. Vth = 1
9. firing_threshold = 2
10. V_spike = 0.5
11. I = 1.5
12. V_rest = 0.2
13. deltaT = 0.001
14. tau_m = Rm*Cm
```

همانطور که در تصویر دینامیک نورون را مشاهده می‌کنیم، وقتی پتانسیل نورون از threshold اول عبور می‌کند به صورت خیلی سریعی رشد می‌کند و تا به threshold دوم می‌رسد به سرعت به U_{reset} باز می‌گردد! و سپس دوباره شروع به رشد می‌کند.



(می‌توانیم در این نمودار شیوه برخورد با هر دو thresholdی که برای مثالمان تعریف شده است را به خوبی مشاهده کنیم)