

Subject:

Date:

Leaky Integrate and Fire

: 1-1

→ Constant I

در این حالت تابع امپی ما E ورودی دارد.

Starting-time : زمان شروع جریان

amper : مقدار جریان

Resistance : مقدار مقاومت

Capacity : ظرفیت خازن

$$\tau = R \cdot C$$

مقادیر ثابت به شرح زیر است.

u-rest : -70

پتانسیل پائین

threshold : -55

پتانسیل Living

time-delta : 0.001

یعنی هر ثانیه را در 1000 مرحله بررسی می کنیم

finish-time : 200

یعنی ما برای پیدا کردن مقدار پتانسیل در این 200 ثانیه که به صورت پیوسته است از

$$200 \times 0.001 = 0.2 \text{ ثانیه}$$

پتانسیل در هر یک از این نقاط و وصل کردن آن ها به یکدیگر به مقدار پتانسیل به حسب زمان را به دست می آوریم.

برای به دست آوردن مقدار u باید از معادله دیفرانسیل زیر استفاده کنیم

$$\tau \frac{du}{dt} = -(u - u_{rest}) + R \cdot I(t) \quad (1)$$

if firing $\Rightarrow u = u_{rest}$

به فرض گسسته بودن نقاط و کوچک بودن time-delta می توانیم به جای معادله 1، 2 استفاده از تقریب مشتق به معادله زیر برسیم.

$$u(t + \delta t) = \frac{\delta t}{\tau} (-(u - u_{rest}) + R \cdot I(t)) + u(t) \quad (2)$$

در ابتدا مقدار $u-t$ را $u-rest$ در نظر می‌گیریم و سپس مقدار $u-t-plus-theta$ را از روی فرمول (۲) محاسبه می‌کنیم و مقدار آن را در $u-data$ ذخیره می‌کنیم و در هر مرحله پس از این $u-t$ را دقیقاً آخذین عضو $u-data$ در نظر می‌گیریم که دقیقاً در کدام قبلی محاسبه شده است و سپس مقدار $u-t-plus-theta$ جدید را محاسبه می‌کنیم.

برای اضافه کردن شرط دوم در فرمول (۱) این شرط را به حلقه $while$ اضافه می‌کنیم که در هر مرحله پس از محاسبه $u-t-plus-theta$ اگر مقدار بدست آمده بیشتر از $threshold$ بود به جای مقدار بدست آمده $u-rest$ را در $u-data$ ذخیره کند به این ترتیب \rightarrow می‌توانیم حالت $Spike$ زدن را نیز به مدلمان اضافه کنیم.

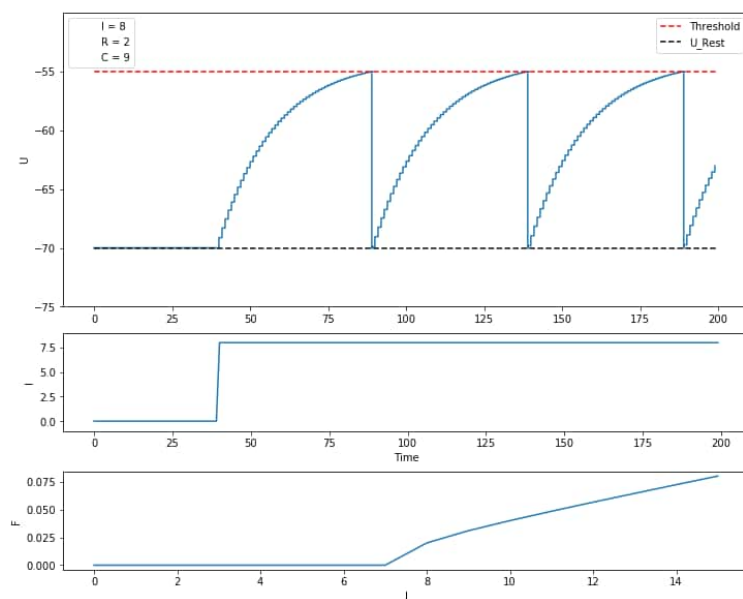
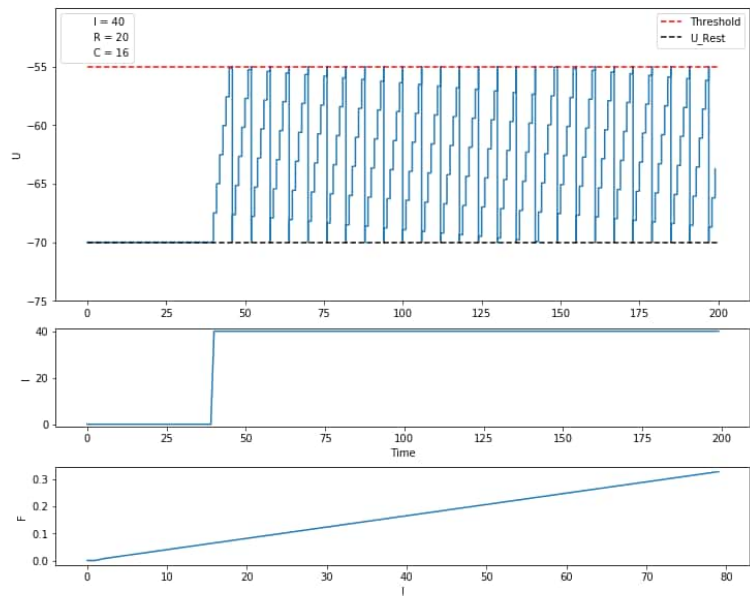
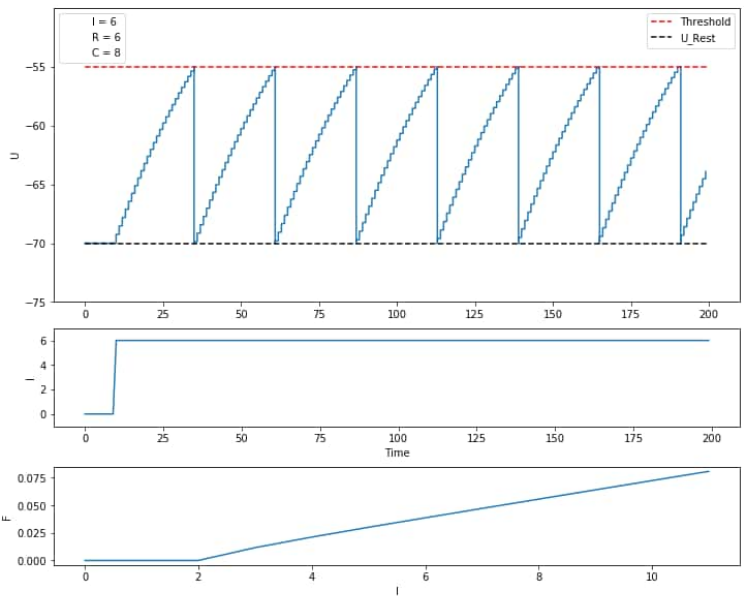
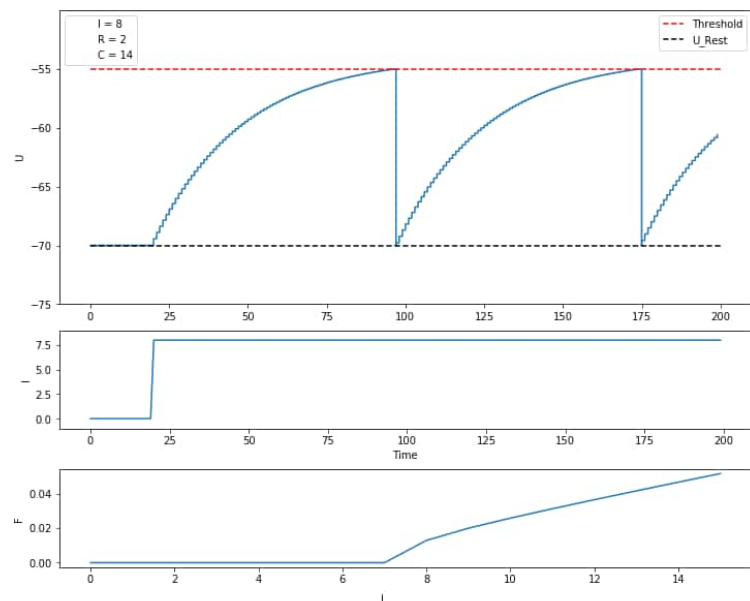
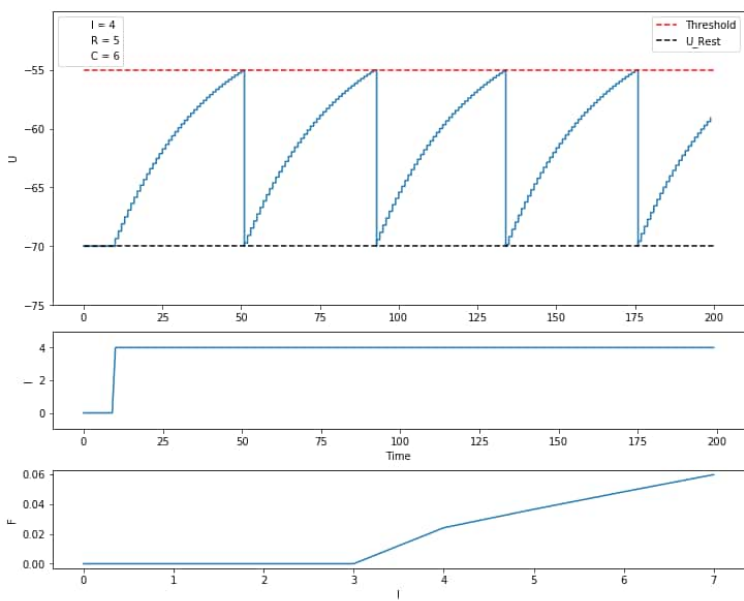
این پروژه شامل ۲ تابع جدا برای تولید جریان ثابت و جریان متغیر می‌باشد که به توضیح مختصر این دو تابع می‌پردازیم.

۱- $Constan$: این تابع ۲ ورودی دارد، یکی زمان شروع جریان و دیگری مقدار جریان و خروجی آن نتیجه لست از مقدار جریان برای تمام لحظات می‌باشد برای لحظات قبل از شروع جریان مقدار برابر ۰ و برای لحظاتی پس از آن برابر ۱ است.

۲- $Random$: این تابع ۱ ورودی دارد که مقدار آن max می‌باشد و برای تمام لحظات مقداری $Random$ بین ۰ و max در نظر می‌گیرد و آن را به صورت یک لست خروجی $Return$ می‌کند.

مقدار θ نیز باید بست آوردن مقدار T باید یکدن فاصله اولی $Spike$ از زمان شروع جریان و حساب کردن $\frac{1}{T}$ بدست می‌آید.

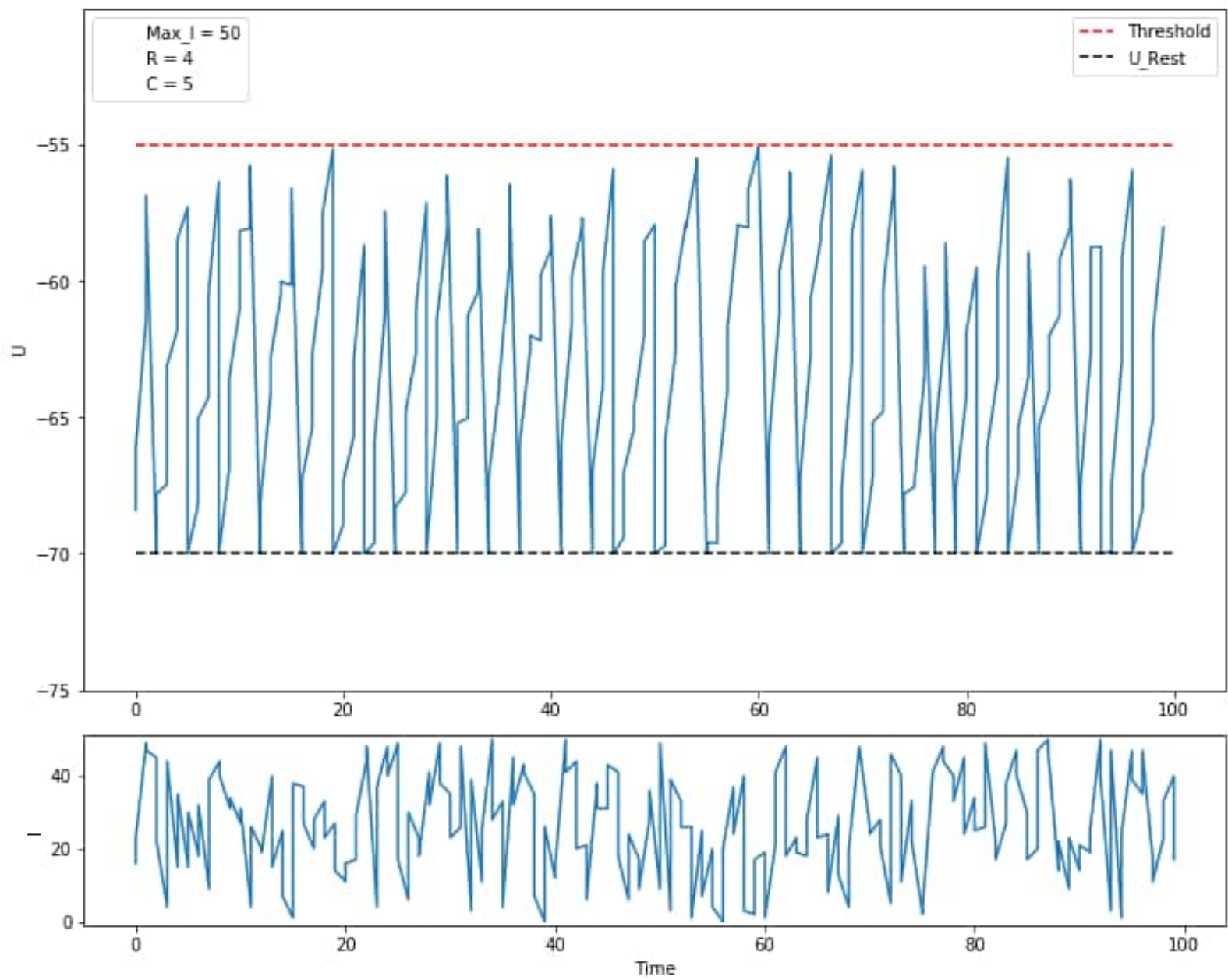
در زیر برای ۳ حالت مختلف نمودار $u-T$ و $I-T$ و بررسی تغییرات R بر حسب u نمایش داده شده است.



1-2 : Leaky Integrate and Fire
 \Rightarrow Random I

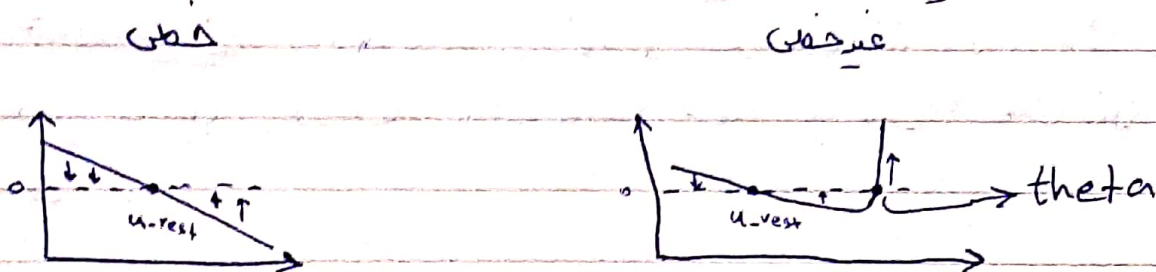
در این بخش تمام توصیفات مانند بخش 1-1 می باشد تنها با این تفاوت که مقدار α -max نیز در تابع Spike ورودی که فته می شود و در توله I از آن استفاده می شود.

در زیر یک نمونه از نمودارهای $U-T$ و $I-T$ نمایش داده شده است.



2-1 : Exponential Leaky Integrate and Fire → Constant I

در این بخش برای استفاده از یک معادله خطی برای $I(u)$ از یک معادله غیر خطی استفاده می‌کنیم



theta : این مقدار نشان دهنده threshold دومی است که اضافه کردیم که مقدار آن باید کمتر از threshold اصلی باشد و مثلاً آن را 60- در نظر می‌گیریم.

در $I(u)$ ساده هرگاه تقابلی ما بیشتر از $u-rest$ و کمتر از threshold بود نیروی آن را به صفت $u-rest$ می‌کشاند اما در این جا اگر u بیشتر از theta باشد به صفت threshold تقابلی پیدا می‌کند نه به صفت $u-rest$.

Subject:

Date:

$L(u)$ در LiF ساده به شکل زیر بود

$$L(u) = -(u - u_{rest}) \quad (3)$$

اما $L(u)$ در LiF به این شکل است

$$L(u) = -(u - u_{rest}) + \Delta_T \cdot \exp\left(\frac{u - u_{theta}}{\Delta_T}\right) \quad (4)$$

با جایگذاری معادله $L(u)$ جدید به جای قبلی به معادله زیر می‌رسیم

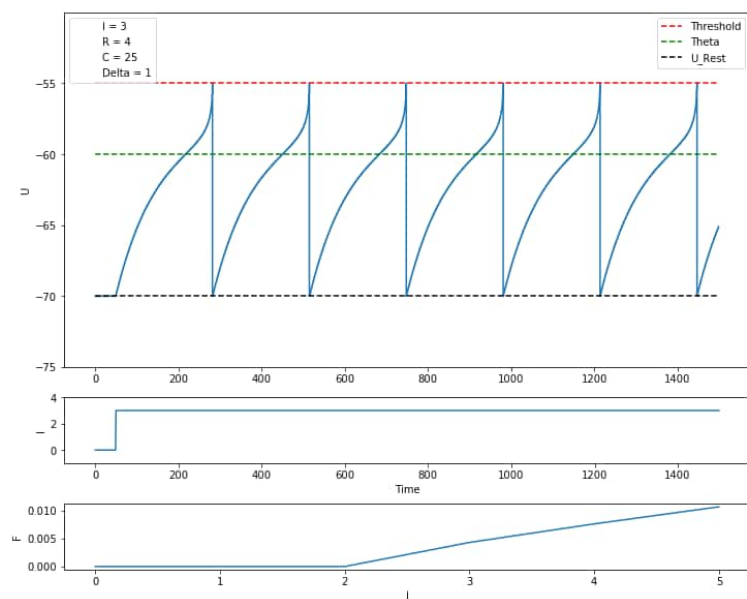
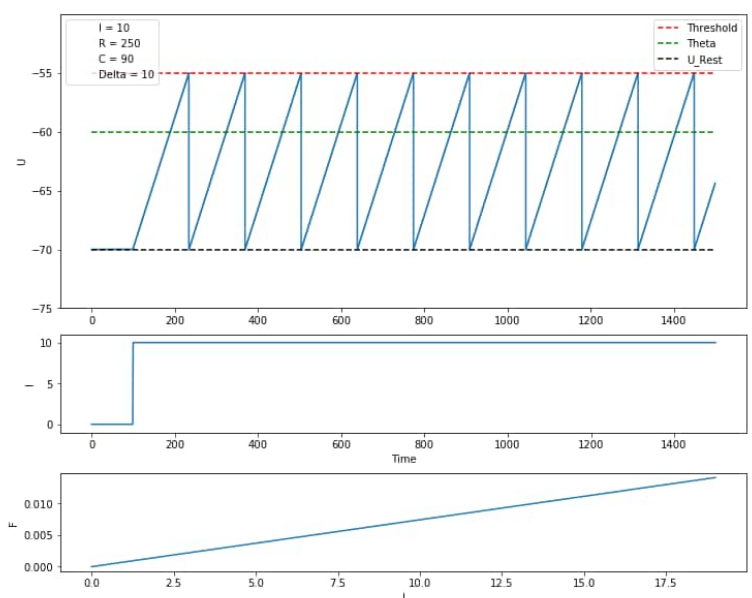
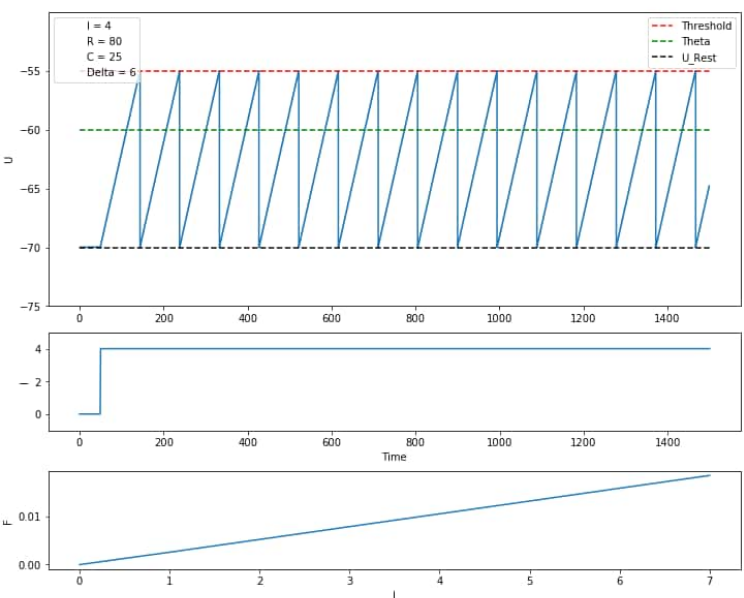
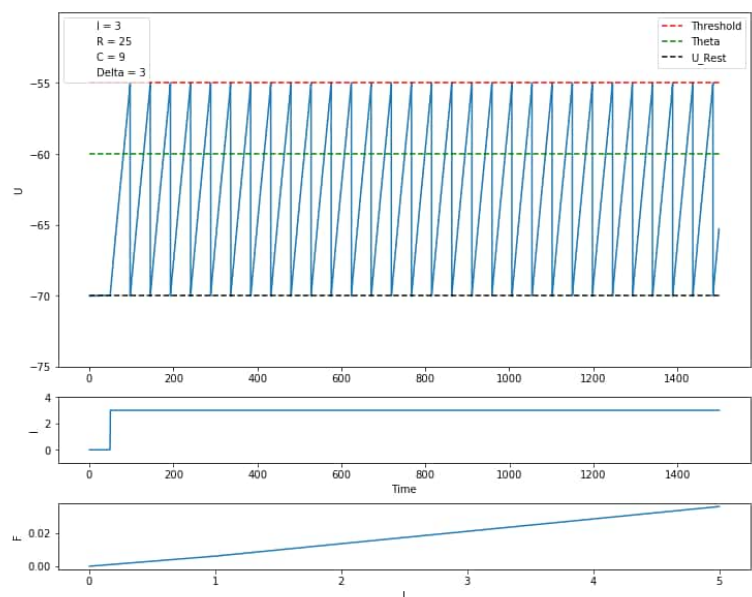
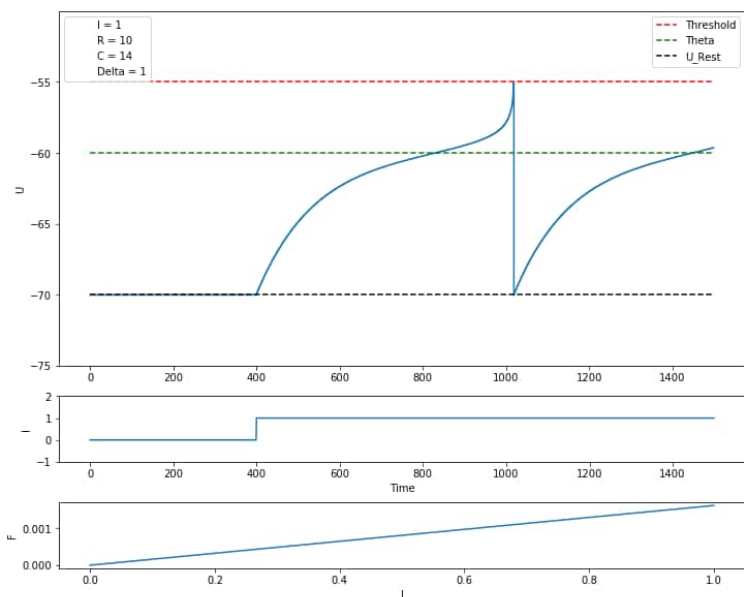
$$u(t + \delta t) = \frac{\delta t}{\tau} (L(u) + R \cdot I(t)) + u(t)$$

$$= \frac{\delta t}{\tau} \left(-(u - u_{rest}) + \Delta_T \cdot \exp\left(\frac{u - u_{theta}}{\Delta_T}\right) + R \cdot I(t) \right) + u(t) \quad (5)$$

در این معادله Δ_T ثابت جدیدی است که تأثیر بیش‌تری بر معادله را تعیین می‌دهد.

در این بخش از سوال نیز ابتدا با استفاده از تابع Constant مقادیر τ برای لحظات مختلف ~~تعیین می‌شود~~ در نظر گرفته می‌شود و سپس همان‌گونه که در بخش ۱-۱ مطرح شد مقادیر u_{theta} و u_{rest} در هر لحظه با استفاده از مقدار u پس از لحظه قبل و معادله (۵) محاسبه می‌شود.

در زیر ۵ نمونه از نمودارهای $u-T$ و $I-T$ و بررسی تغییرات L به حسب u نمایش داده شده است.



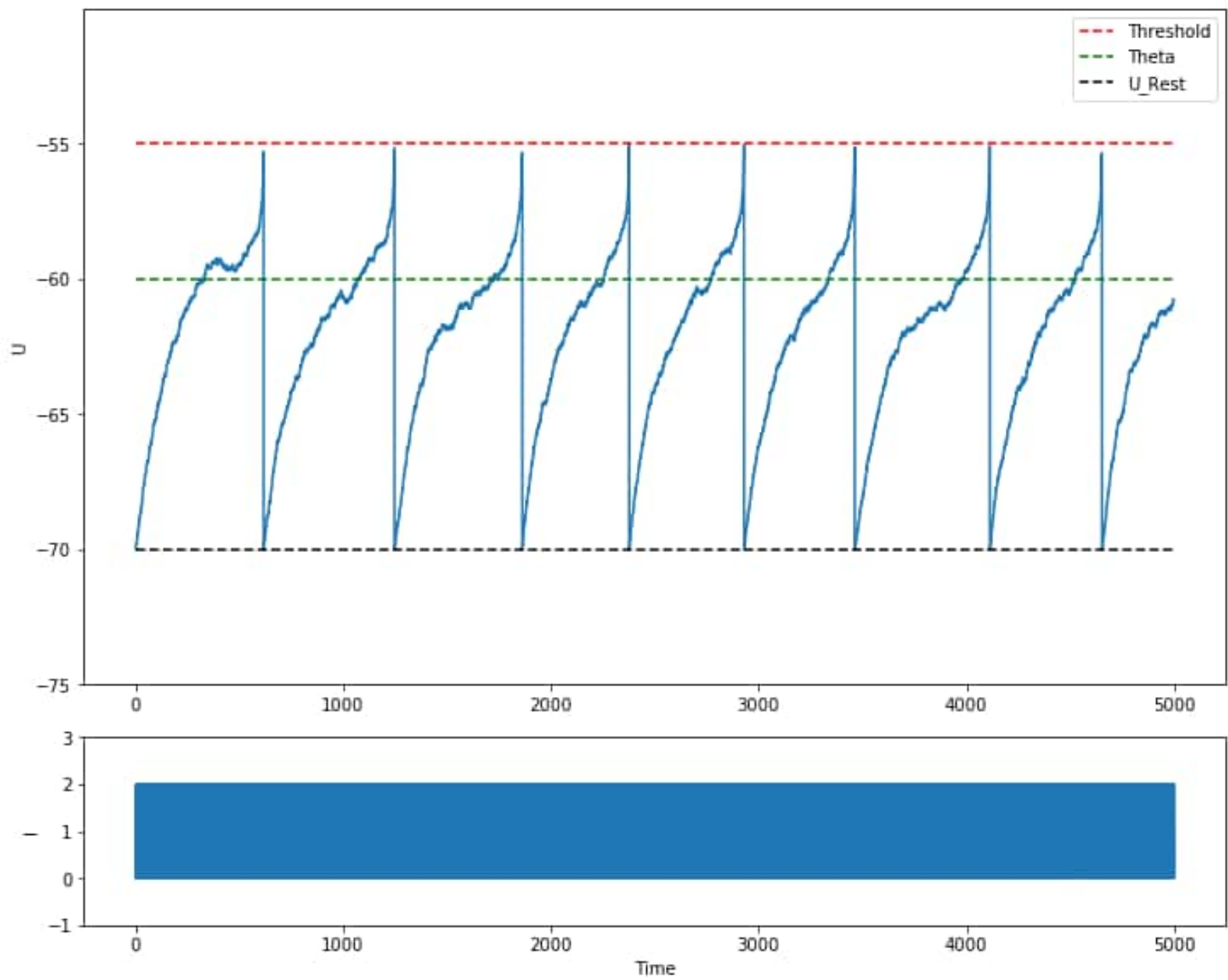
Subject:

Date:

2-2 : Exponential Leaky Integrate and Fire ⇒ Random I

در این بخش تمام توصیفات ما به شکل 2-1 می باشد تنها با این تفاوت که مقدار α max نیز در تابع Spike ورودی گنجه می شود و در تولید I از آن استفاده می شود.

در زیر یک نمونه از نمودارهای U-T و I-T نمایش داده شده است.



3-1 : Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire \Rightarrow Constant I

حالت Adaptive برای شبیه شدن هر چه بیشتر مدل به نورون واقعی سعی در سخت تر کردن Spike زدن می کند چون در نورون واقعی نورون ها پس از این که در حدف یک جریان ثابت قرار گرفته و یک Spike صورت گرفت و Spike دوم به راحتی اولی صورت نمی گیرد و اصطلاحاً نورون به جریان Adapt شده است.

برای این که در چنین حالتی نیاز است که یک عبارت «نگه دارنده» به مدل اضافه کنیم (این مقدار این عبارت از عبارت اصلی کم می شود) به این صورت می توانیم بگوییم که در این مقدار در هر گام از $u + t$ اند adaptive را ایند کنیم.

معادله دیفرانسیل این عبارت نگه دارنده به شکل زیر است:

$$\tau_k \frac{dw_k}{dt} = \underbrace{a_k (u - u_{rest})}_{(1)} - \underbrace{w_k}_{(2)} + \underbrace{b_k \tau_k \sum_{t^p} \delta(t - t^p)}_{(3)} \quad (4)$$

هر یک از اجزای این معادله به اختصار در صفحه بعد توضیح داده می شود.

① از آن جا که در نوزون واقعی تمامی به بازگشتن به حالت Rest نیاز است برای شبیه سازی این حالت این بخش از عبارت در نوزده که فته شده است که آن مقدار تپانین از حالت Rest سبب شود اما هنوز Spike نژده بود باز یادشون w_k و در شبیه کام سن u به حالت Rest باز کردیم. ضریب $\alpha = k$ در این بخش شدت تمامی نوزون به بازگشتن به حالت Rest را نشان می دهد.

② این بخش از عبارت w_k باعث می شود که اگر مقدار w_k برای مدتی افزایش یافت حجم تپانین عبارت کته دارنده کاهش یابد و به 0 بدین و از حالت Adapted خارج شود.

③ این بخش از عبارت w_k باز یادشون تعداد Spike های ~~موجود~~ نوزون افزایش می یابد و به این شکل آنکه کاهش روی تپانین نوزون خواهد داشت. ضریب $\beta = k$ در این بخش شدت آنکه کاهش نوزون با هیدر Spike زدن را مشخص می کند و آنکه با در نوزده که فته شود Stable Point نوزون به شدت افت می کند به همین دلیل مقدار آن را معمولاً کوچک در نوزده می کنیم.

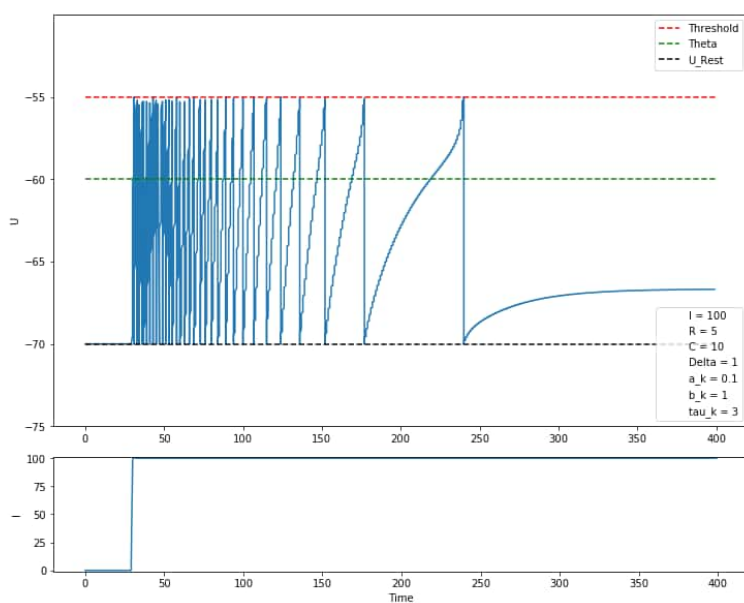
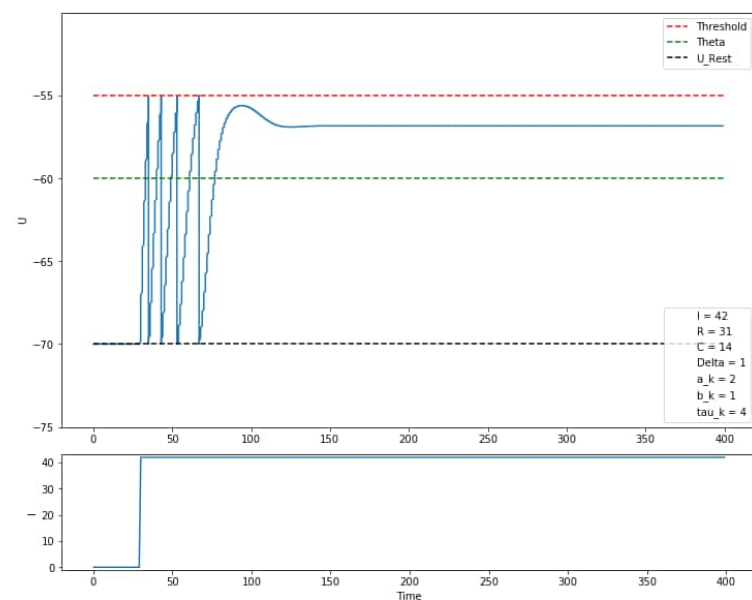
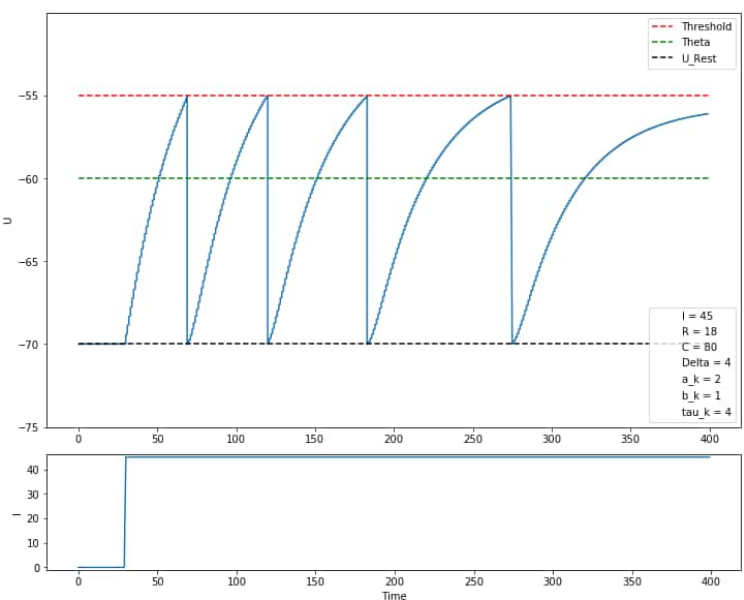
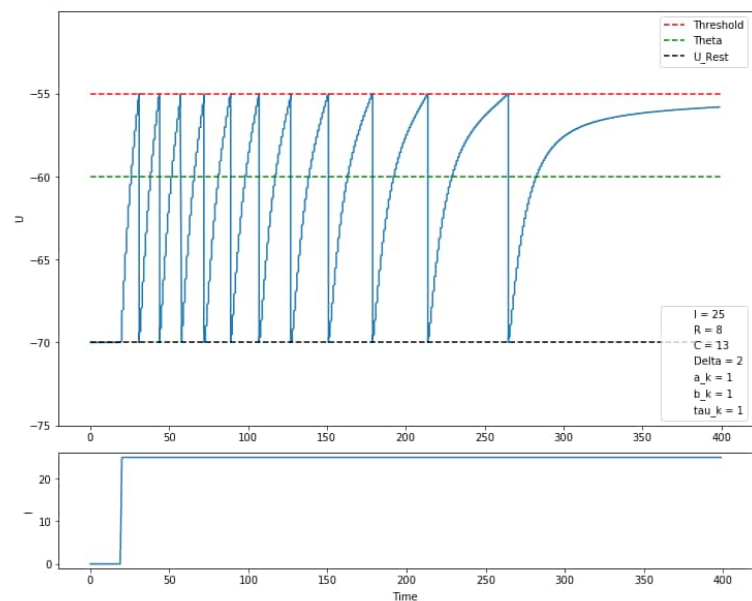
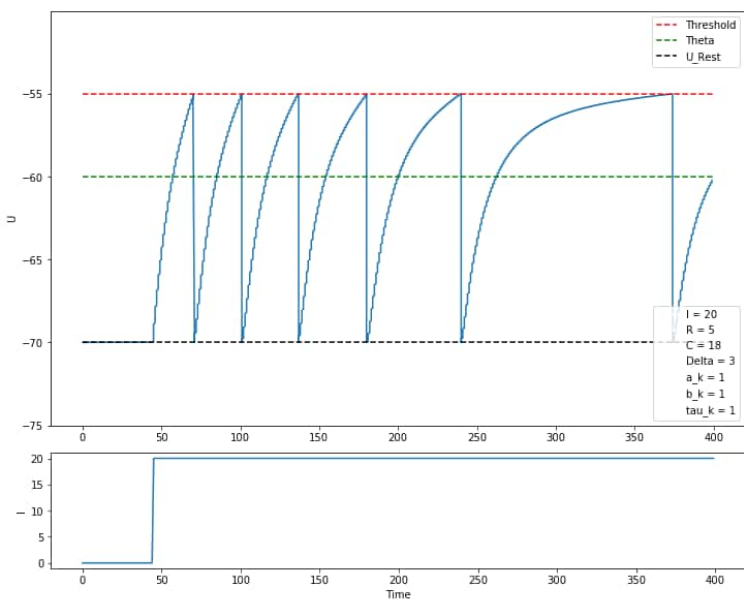
بالنجه در نوزده که فن زمان و استفاده از تعریف مستقیم و استفاده از فرمول (۹) داریم.

$$w(t+\delta t) = \frac{\delta t}{\tau_k} \left(a_k (u - u_{rest}) - w(t) + b_k \tau_w \sum_{+p} \delta(t - t_p) \right) + w(t) \quad (۷)$$

در هر کام برای به اگردن مقدار تپانین اندام مقدار w را در آن نقطه به ای کنیم و سپس با استفاده از فرمول زیر به مقدار $u(t+\delta)$ می رسیم.

$$u(t+\delta) = \frac{\delta t}{\tau} \left(- (u - u_{rest}) + \Delta \tau \cdot \exp \left(\frac{u - \theta}{\Delta \tau} \right) - R \cdot w + R I(t) \right) + u(t)$$

در زیر به نمونه از نمودارهای u - T و I - T را مشاهده می کنید. از آن جا که مقدار I در این نوع توابع متغیر است تابع I - T برای این حالت رسم نشده است.



3-2 : Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire
 \Rightarrow Random I

در این بخش تمام توصیفات ماده بخش 3-1 می باشد تنها با این تفاوت که مقدار \max نیز در تابع Spike ورودی گرفته می شود و در تولید I از آن استفاده می شود.

در زیر یک نمونه از نمودارهای $U-T$ و $I-T$ نمایش داده شده است.

