به نام خدا

دانشگاه شهید بهشتی

درس علوم اعصاب محاسباتی

گزارش assignment 1

استاد : دکتر سعید رضا خرد پیشه

حسن رکن آبادی – 99222042

فهرست

-بررسی کلی نمودار های lif , aelif , elif , alif و بررسی پارامتر های مختلف با نوع دوم

1) الگوریتم 1

1.1) توضیح کد و نحوه عملکرد الگوریتم 1

1.2) بررسی مدل نورونی LIF

1.3) بررسی مدل نورونی AELIF

1.4)بررسی مدل نورونی ALIF

1.5)بررسی مدل نورونی ELIF

2) الگوریتم 2

2.1)توضیح کد و نحوه عملکرد الگوریتم 2

2.2) بررسی مدل نورونی LIF

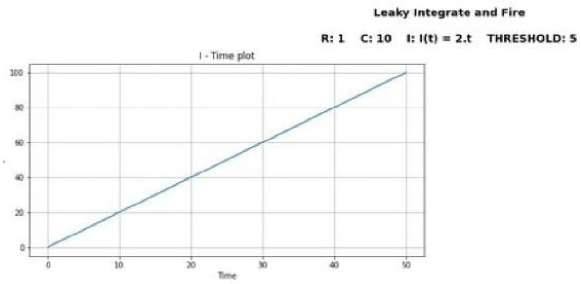
2.3)بررسی مدل نورونی AELIF

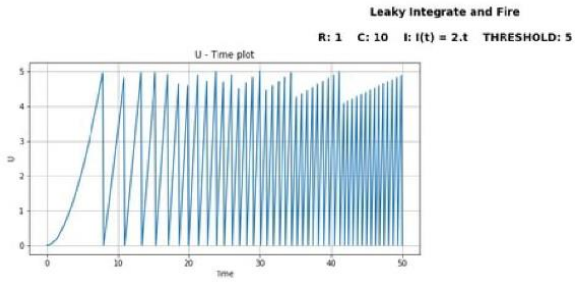
2.4)بررسی مدل نورونی ALIF

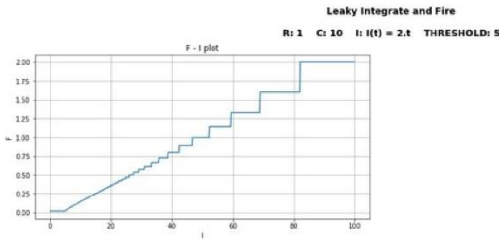
2.5)بررسی مدل نورونی ELIF

بررسی نمودار ها و ارتباط پارامتر ها با یکدیگر :

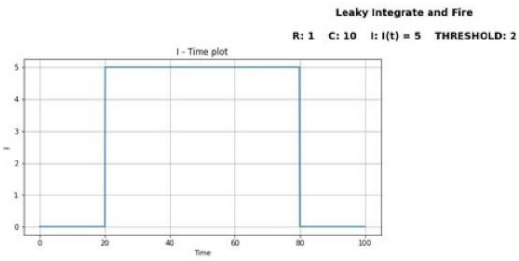
LIF:

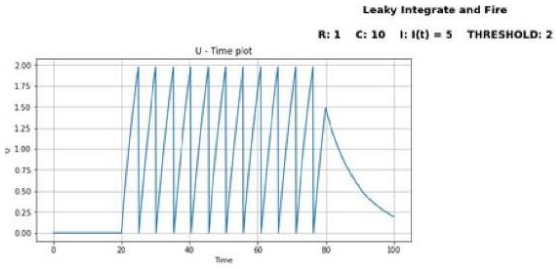


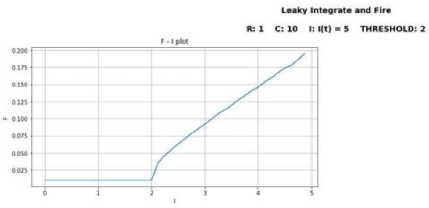




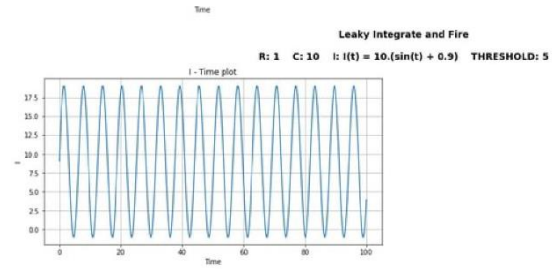
در اینجا شاهد این هستیم که جریان خطی وارد نورون شده در ابتدا پتانسیل در حالت رست قرار دارد ولی در نهایت با افزایش جریان و پیوسته افزایش یافتن آن پتانسیل نیز به همان نسبت افزایش میابد زمانی که به پتانسیل میرسیم مدل اسپایک را تجربه کرده و مجدد ریست میشود و به مرور نیز شاهد این هستیم که فاصله بین اسپایک ها کاهش یافته و فرکانس بالاتر میرود .

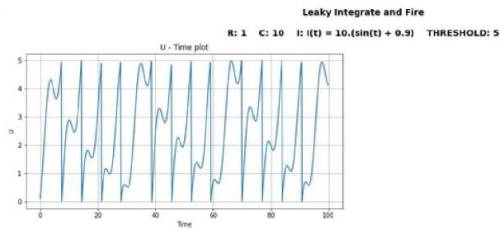


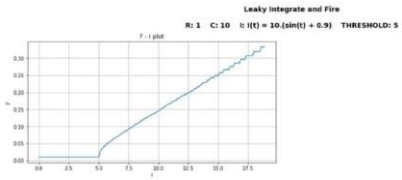




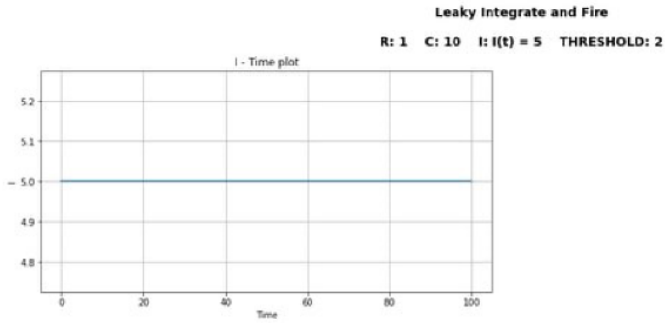
در اینجا شاهد این هستیم که بعد از ثانیه بیستم که جریان وارد مدار میشود پتانسیل نیز به صورت کاملا صعودی افزایش یافته با شدت بالا و همچنین پس رسیدن به حالت آستانه رسیده رسیت شده و مجدد همین اتفاق تا بازه ثانیه هشتاد اتفاق میفتد و قبل از ثانیه بیست به دلیل عدم وجود جریان در حالات رست قرار دارد نورون و همچنین فرکانس نیز از لحظه ورود جریان افزایش میابد .

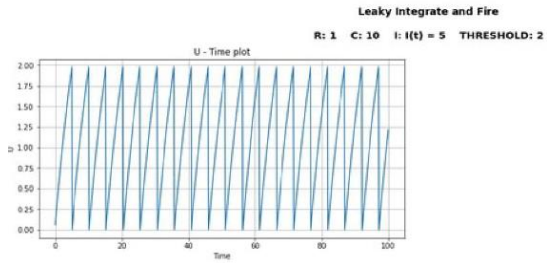


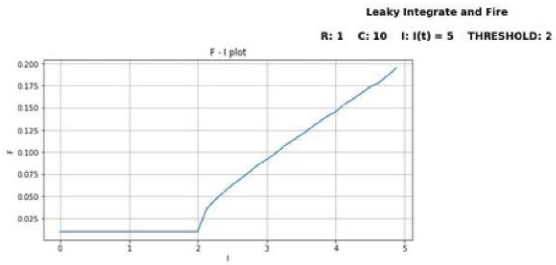




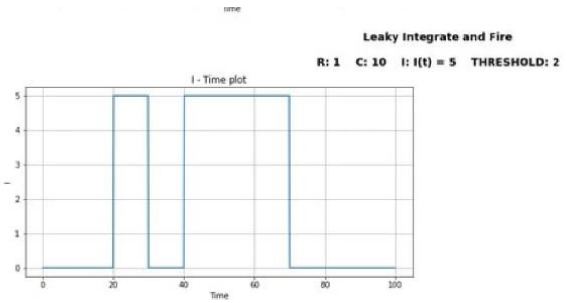
در اینجا جریان سینوسی را وارد مدل نورونی خود کرده ایم و شاهد این هستیم که هر جا جریان مثبت و صعودیست پتانسیل افزایش و در عکس آن کاهش میابد.

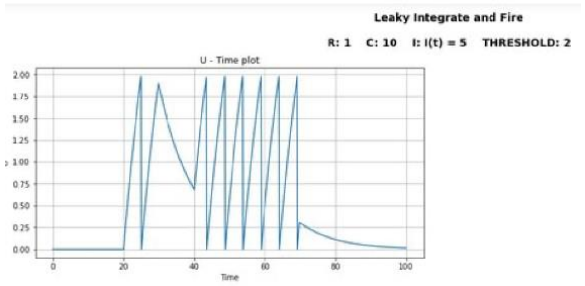


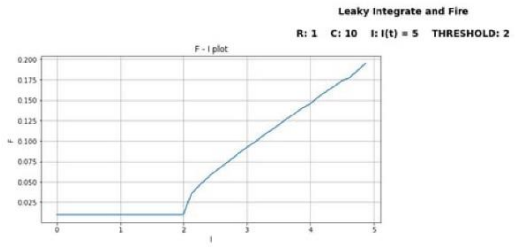




در این جا شاهد جریان ثابت هستیم و مشاهده میشود که عینا در حال افزایش پتانسیل و ریست شدن نورون هستیم

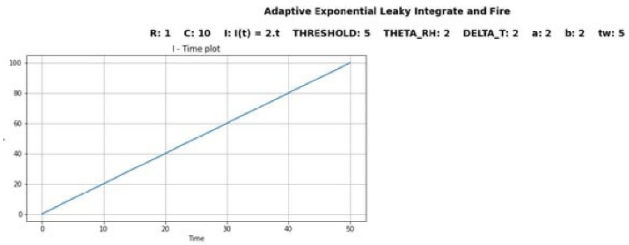


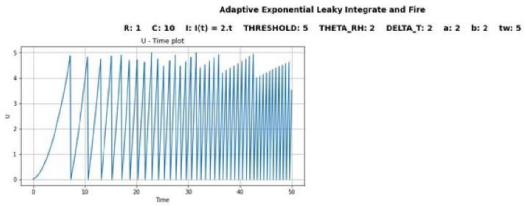


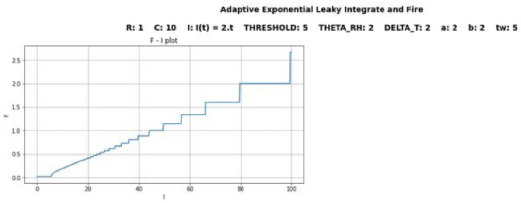


در اینجا شاهد این هستیم دو بار جریان به صورت ثابت به مدار متصل میشود و در زمان وصل جریان همان شرایط برقرار است و در زمان وجود جریان اولیه شاهد افزایش زیاد فرکانس هستیم

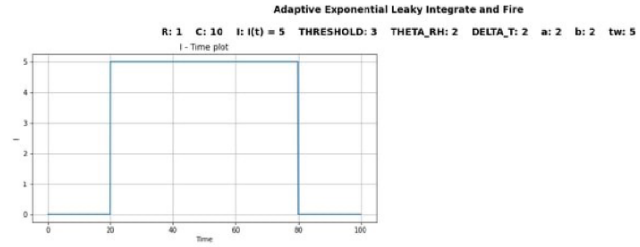
AELIF:

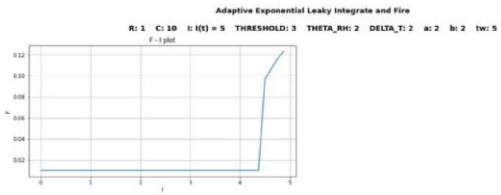


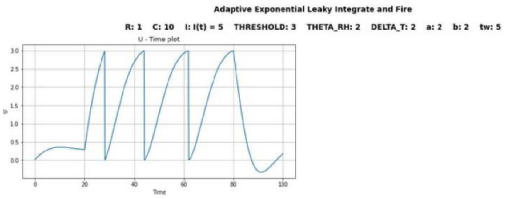




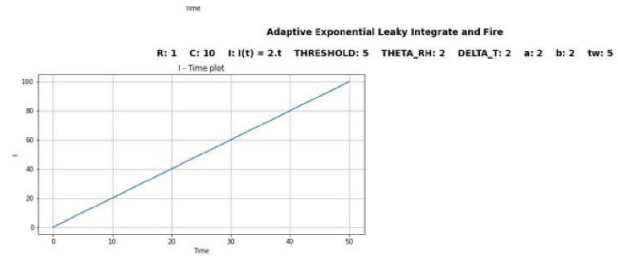
در اینجا هر چه جلو میرویم به دلیل افزایش جریان خطی فاصله اسپایک ها کاهش میابد .

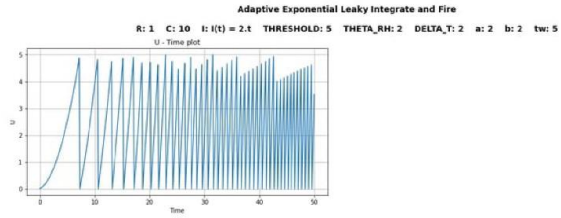


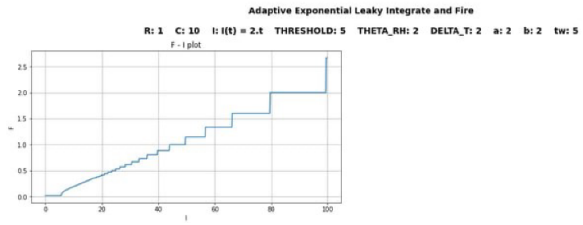




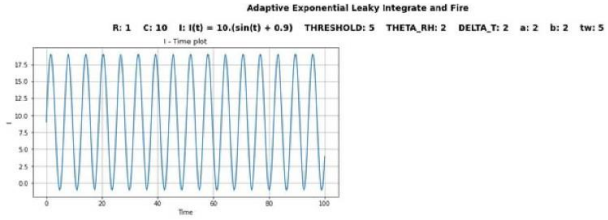
در اینجا بعد از زده شدن اولین اسپایک به دلیل وجود اداپیتوشن در مدار پتاسیل با تاخیر شروع به افزایش پیدا میکند در ادامه نیز این روند ادامه دارد و وقتی که جریان را قطع میکنیم به دلیل وجود ضریب سازگاری در فرمول مدل شاهد افت پتانسیل شدید هستیم.

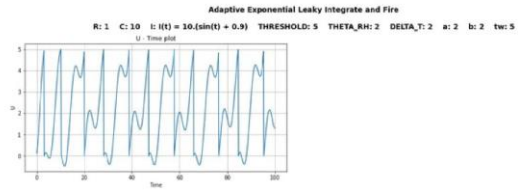


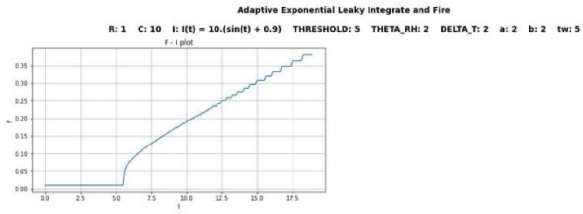




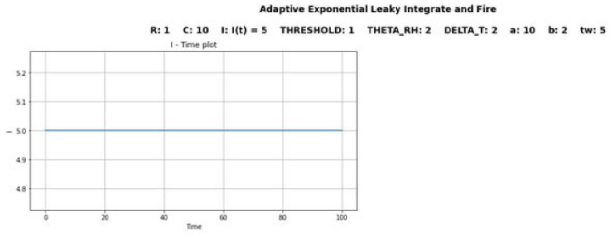
در اینجا نیز به دلیل جریان خطی با گذر زمان کاهش فاصله بین اسپایک ها مشهود هست .

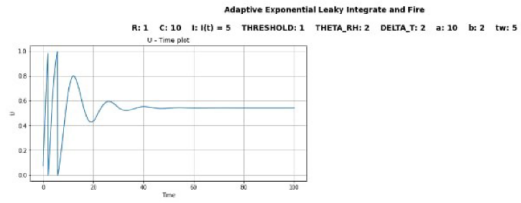


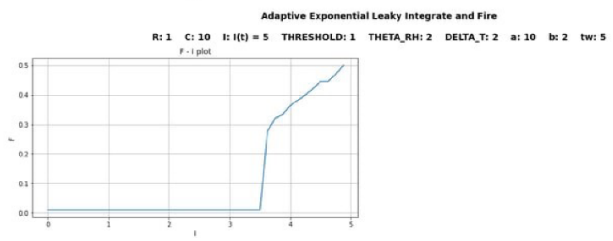




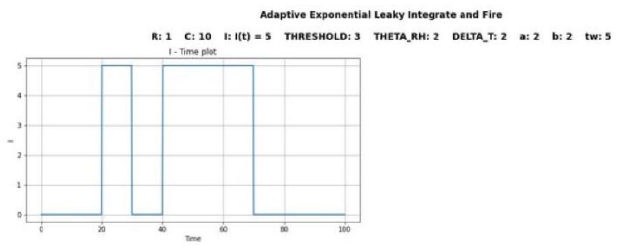
در حالتی که جریان سینوسی وارد مدل نورونی مورد نظر میشود مانند قبل است مدل های قبل با این تفاوت که به دلیل وجود ضریب سازگاری در زمان هایی که جریان نزولی است با وجود مثبت بودن ان کاهش پتانسیل را نیز شاهد هستیم .

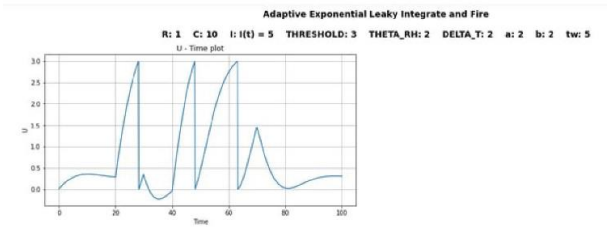


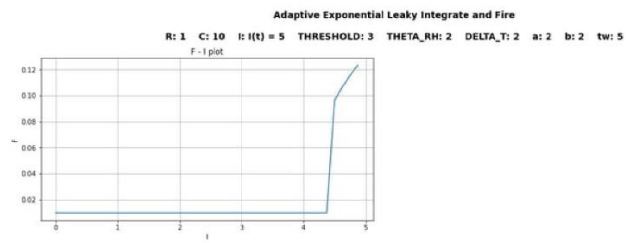




در اینجا جریان ثابت را شاهدیم و از نمودار ها این برداشت میشود که در اول پتانسیل افزایش میابد اسپایک و ریست و مجدد همین اتفاق می افتد ولی در ادامه به دلیل وجود ضریب سازگاری پتانسیل مجدد رشد نخواهد داشت و ثابت میماند و زمانی که جریان قطع شود کاهش پیدا میکند و رست میرسد

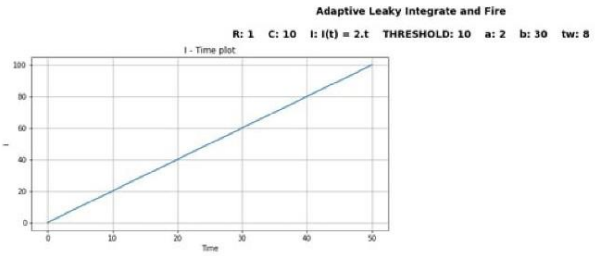


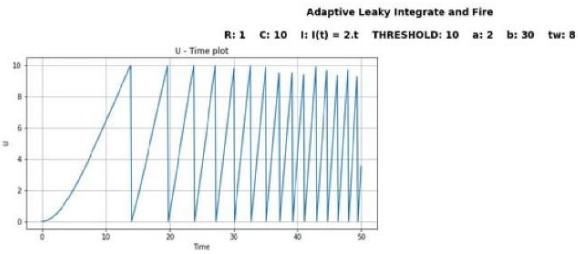


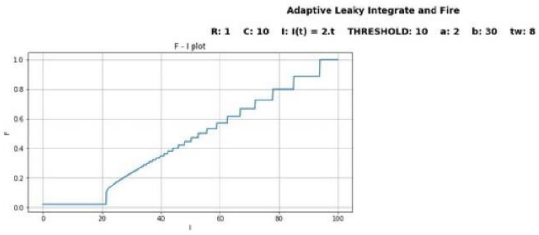


در اینجا جریان در زمان های متفاوت وارد میشود و در لحظه های مختلف شاهد افزایش پتانسیل اسپایک و ریست هستیم .

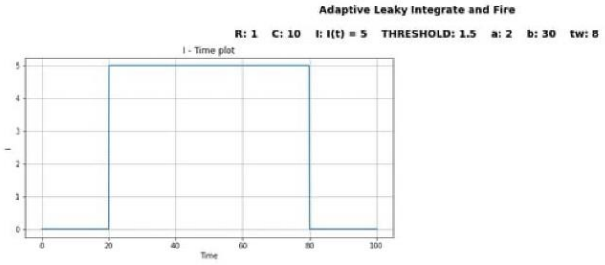
ALIF:

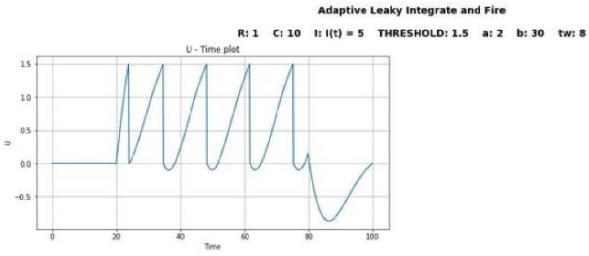


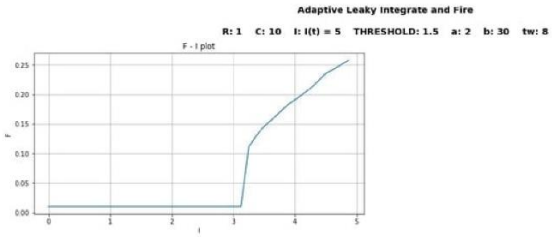




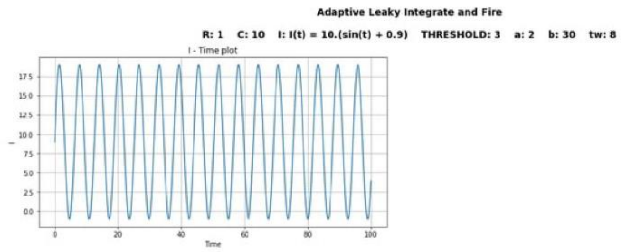
در مدل جریان خطی در این مدل نورونی شاهد این خواهیم بود که با افزایش زمان فاصله بین اسپایک ها به دلیل زیاد شدن مقدار جریان کاهش میابد.

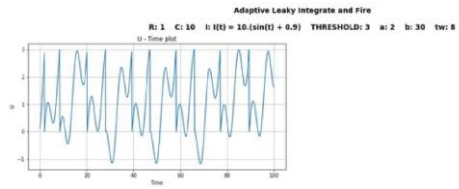


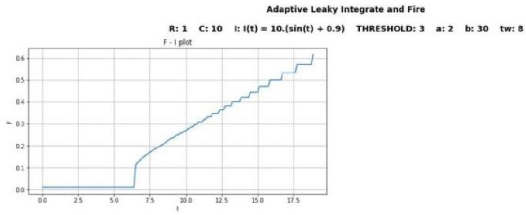




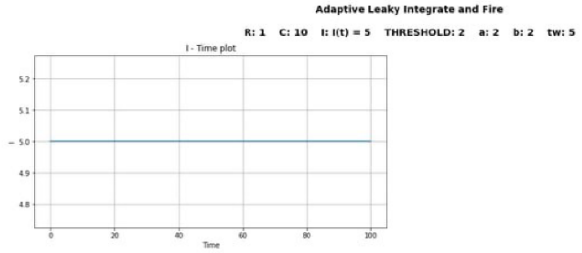
در این مثال جریان بین بازه زمان مشخصی وارد مدار میشود تا زمان مشخصی ادامه دارد مشاهده میشود ابتدا در پتانسیل استراحت هستیم و با افزایش جریان پتانسیل نیز افزایش یافته و شاهد این هستیم پس از زده شدن اسپایک به دلیل وجود اداپیتوشن پتانسیل با تاخیر شروع به افزایش و پس قطع جریان به دلیل وجود ضریب سازگاری افت پتاسیل شدید است.

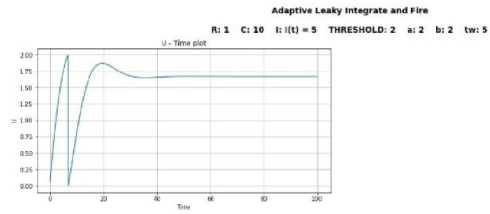


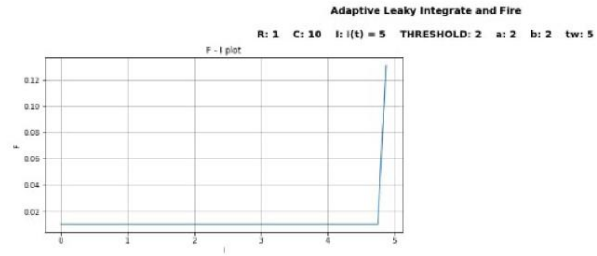




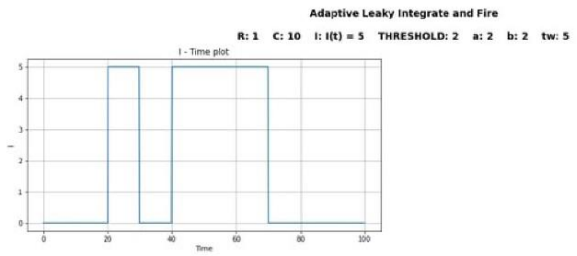
در اینجا جریان سینوسی را داریم همه چی مشابه است با این تفاوت که زمانی که جریان نزولی و مثبت است به دلیل اداپتیو بودن مدل ممکن است پتانسیل کاهش یابد.

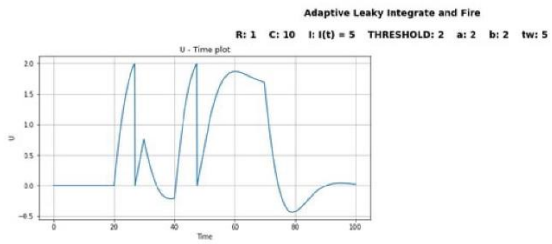


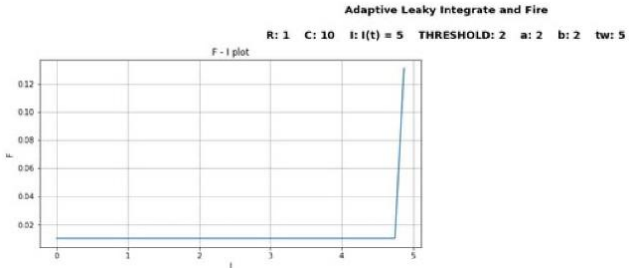




در اینجا جریان ثابت را مشاهده میکنیم افزایش پتانسیل اسپایک و ریست را شاهد هستیم در ابتدا ولی در ادامه مشاهده میشود که به دلیل اداپتیو بودن مدل و تمایل برای بازگشت به حالت رست پتانسیل مانند ابتدا رشد ندارد و بعد از یک مدت ثابت میشود.







در این جا جریان به صورت متوالی وصل و قطع میشود در بازه های زمانی مشخص شده در بالا چیزی که مشاهده میشود این است که در ابتدا اسپایک و ریست را شاهد هستیم در ادامه افزایش پتانسیل تا زمانی ادامه دارد که جریان توالی وصل اول قطع شود و روبه کاهش میرود و به رست میرسد و همین روند با توجه به وجود و عدم وجود و مقدار آن به طور متناوب تکرار میشود.

الگوریتم 1

1.1) بررسی و توضیح کد :

در این الگوریتم چهار کلاس مختلف تحت عنوان های LIF, ALIF, ELIF, AELIF وجود دارد که هرکدام از دیگری ارث بری میکنند و پتانسیل ریست نیز در نظر گرفته شده است.

در الگوریتم 1 سعی شده است مدل های خواسته شده با ارث بری از یک دیگر پیاده سازی شوند ولی در الگوریتم دوم هر کدام به صورت مستقل پیاده سازی شده اند.

کلاس LIF :

این کلاس شامل متد du است که تغییرات پتانسیل را محاسبه میکند به گونه ای که در زمان فایرینگ نورون استفاده میشود و متد simulating برای بروزرسانی نورون استفاده میشود باید به این اشاره کرد که پتاسیل در لحظه ها و استپ های مختلف اندازه گیری شده با استفاده از فرمول این مدل نورونی و در نهایت با متغیرهای مختلف خواسته شده پلات میشود.

کلاس ELIF :

این کلاس نیز شامل متد du است با این تفاوت که نحوه بدست امدن آن با توجه به فرمول و لحاظ شدن نمایی کاملا متفاوت است و از کلاس LIF ارث بری میکند.

کلاس ALIF :

این کلاس نیز شامل متد du است با این تفاوت که نحوه بدست امدن آن با توجه به فرمول و لحاظ شدن adaptive بودن کاملا متفاوت است و از کلاس LIF ارث بری میکند.

کلاس AELIF :

این کلاس نیز شامل متد du است با این تفاوت که نحوه بدست امدن آن با توجه به فرمول و لحاظ شدن نمایی کاملا متفاوت است و از کلاس ELIF ارث بری میکند.

در این جا ما با پنج اینپوت مختلف که در تصویر زیر مشاهده میکنید مدل های نورونی مختلف را مورد بررسی قرار داده ایم.

ورودی جریان نوع 1 :

```
constant_current = lambda x: int(10 <= x) * 3000
```

ورودی جریان نوع 2 :

```
random_current = rand_array(time_steps)  # Total Time Frame / dt
```

ورودی جریان نوع 3 :

```
step_func = lambda x: (int(10 <= x <= 20) * 2000 + int(30 <= x <= 40) * 5000 + int(50 <= x <= 60) * 7000)
```

ورودی جریان نوع 4 :

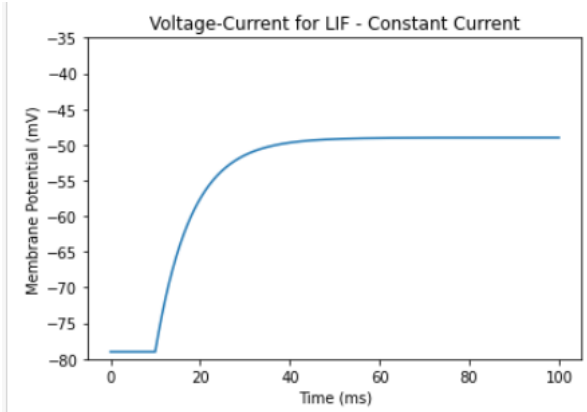
```
sin_I_wave = lambda x: 4000 * (sin(x) + 0.9)
```

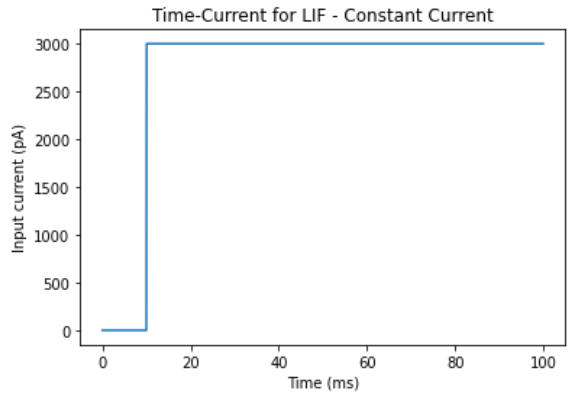
ورودی جریان نوع 5 :

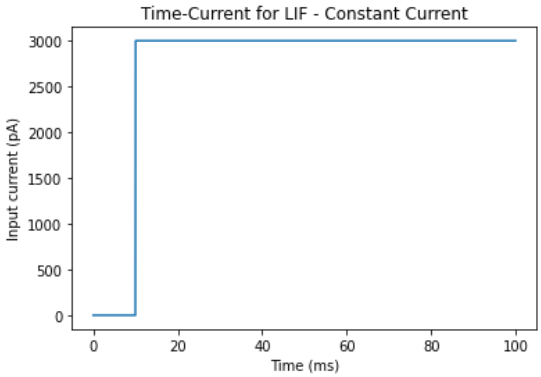
```
fifth_func = lambda x:( 2500 - (50 - x) ** (2) ) * 3
```

LIF PLOTS :

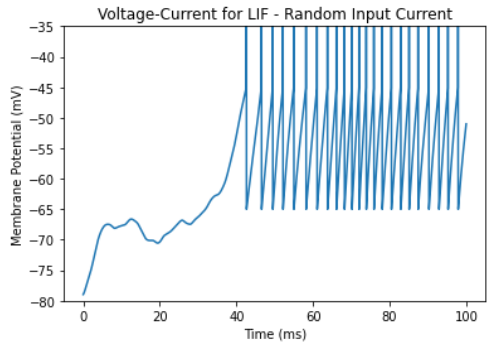
Constant current for LIF:

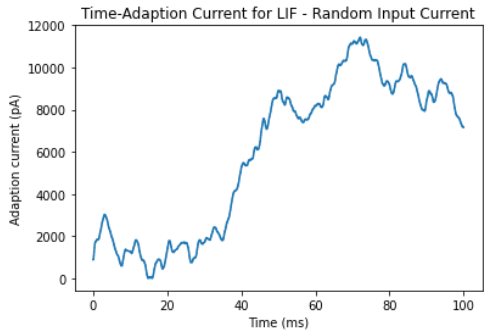


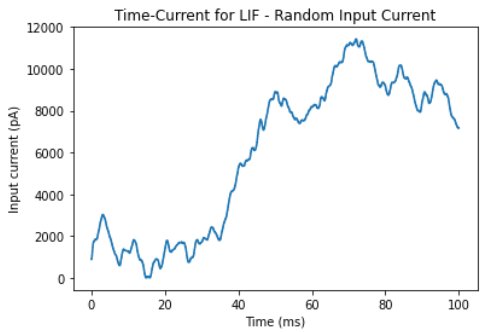




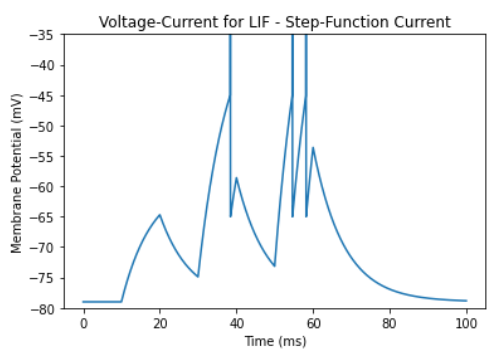
Random input current for LIF:

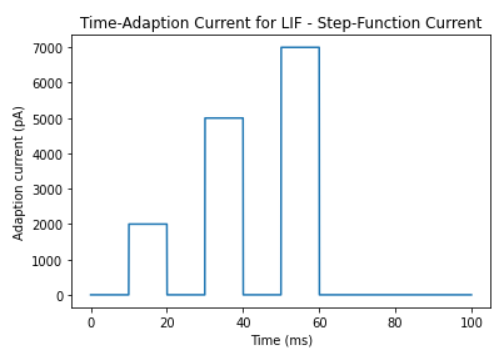


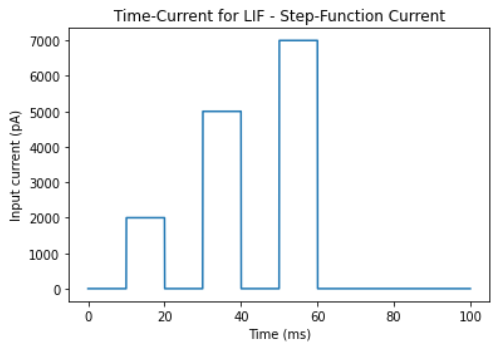




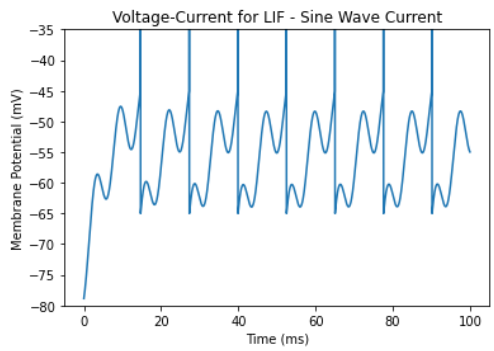
Step function current for LIF:

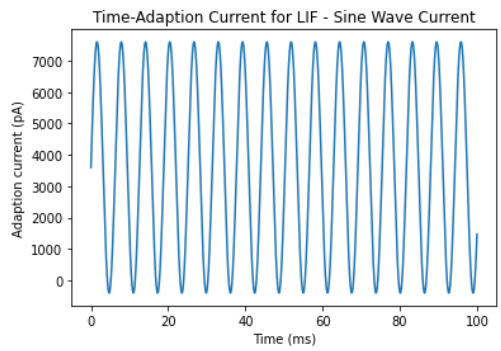


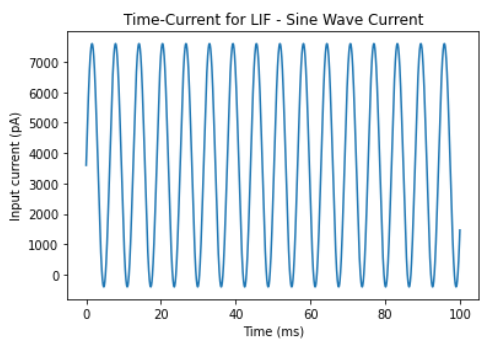




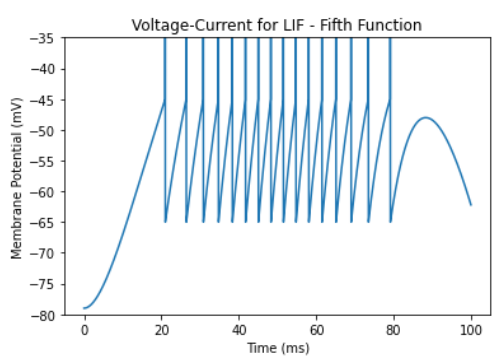
Sine Wave current for LIF:

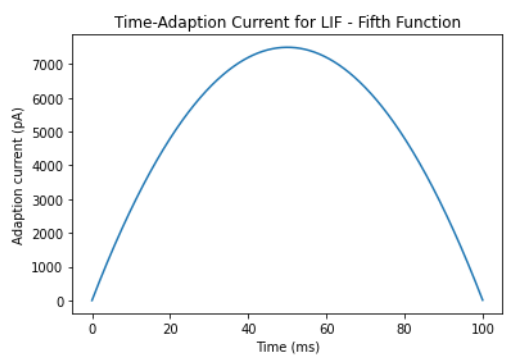


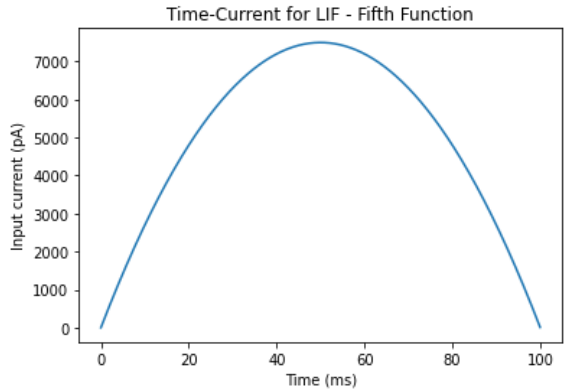




Fifth function for LIF:

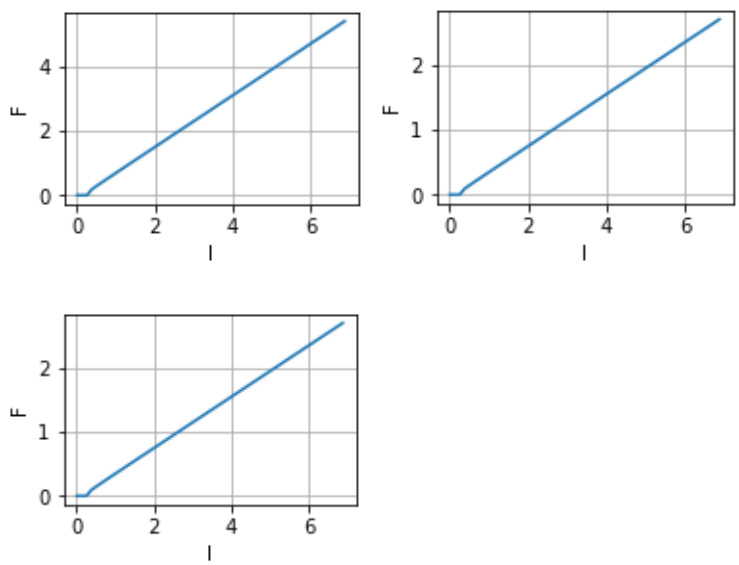


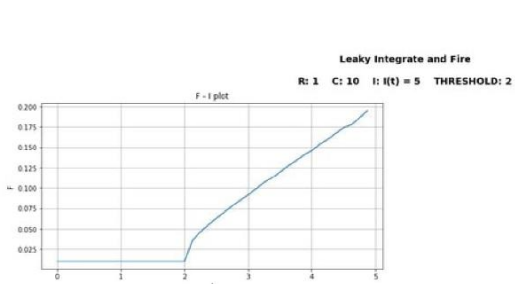


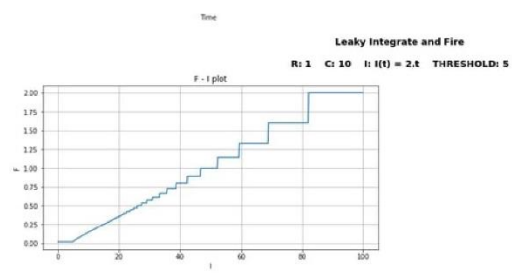


Frequency current plot for LIF:

خط نمایی

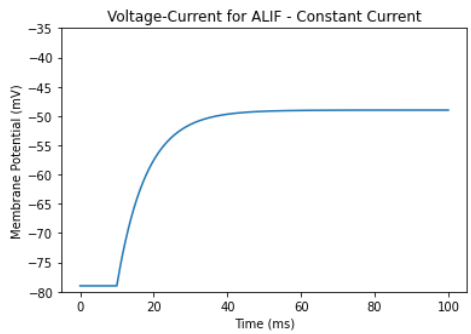


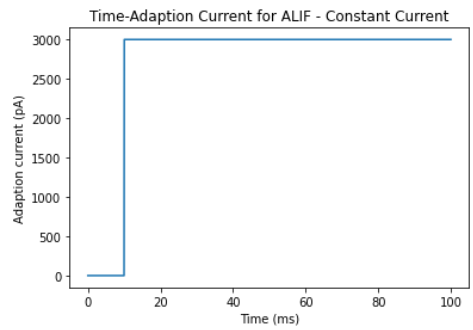


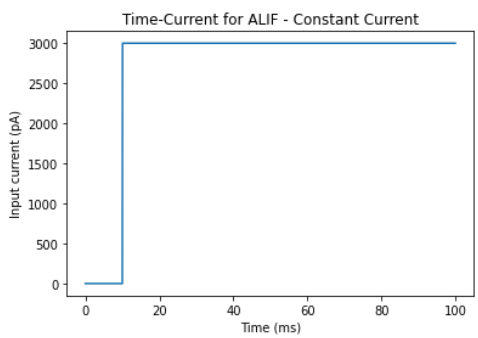


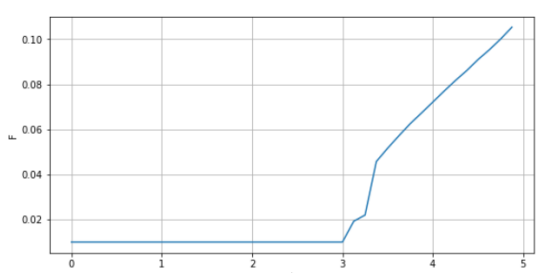
ALIF PLOTS:

Constant current for ALIF:

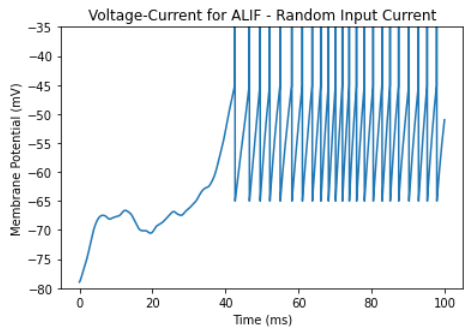


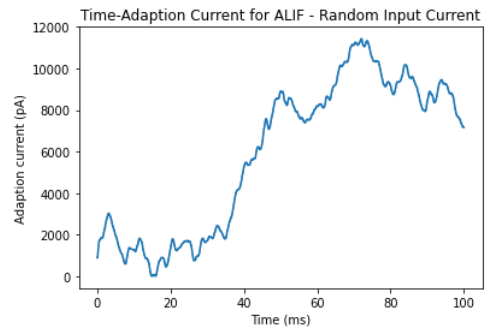


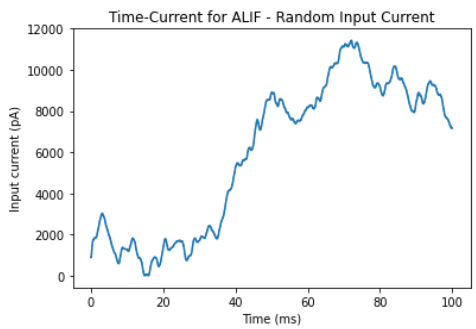




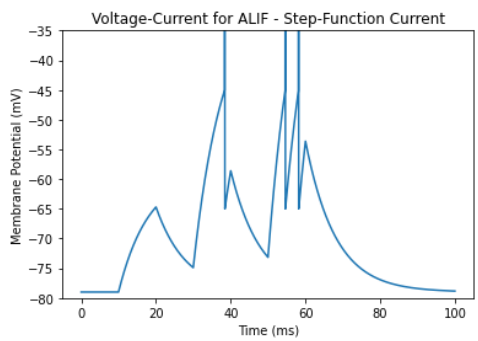
Random input current for ALIF:

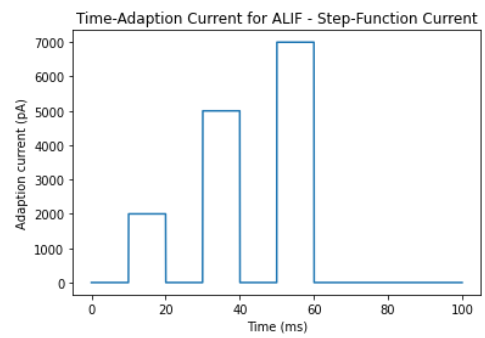


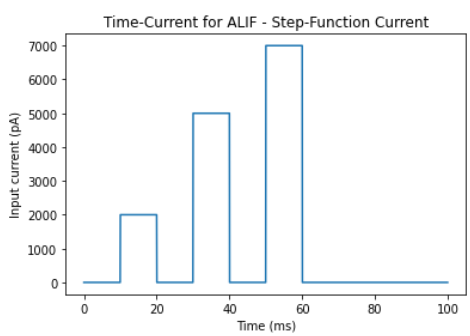




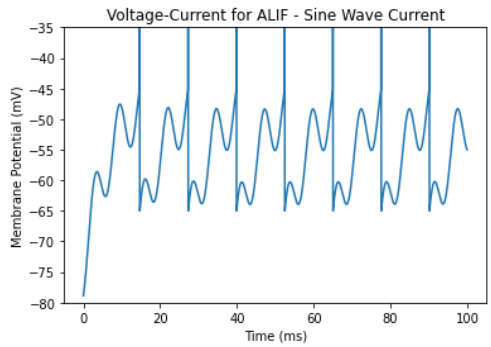
Step function current for ALIF:

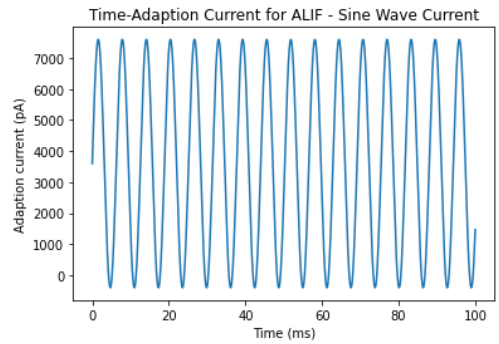


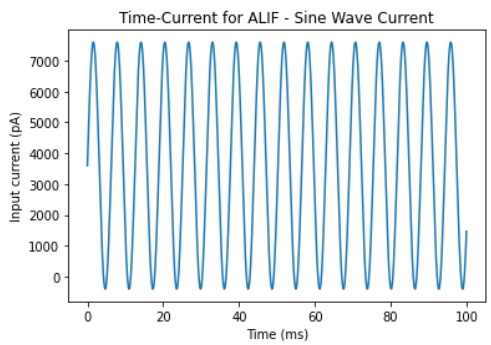




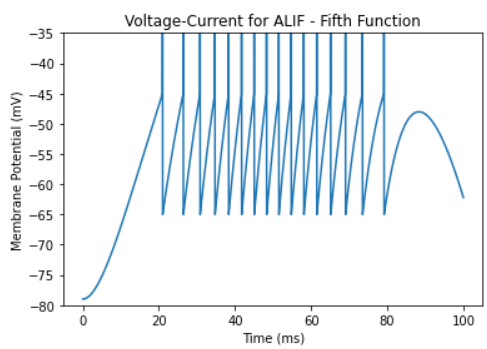
Sine Wave current for ALIF:

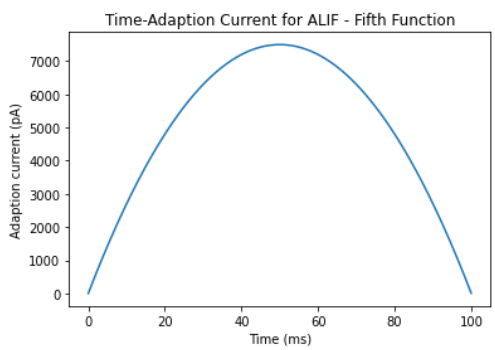


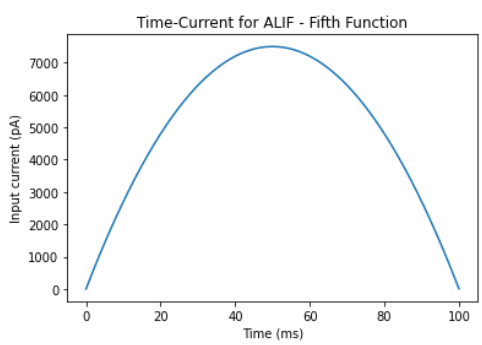




Fifth function for ALIF:



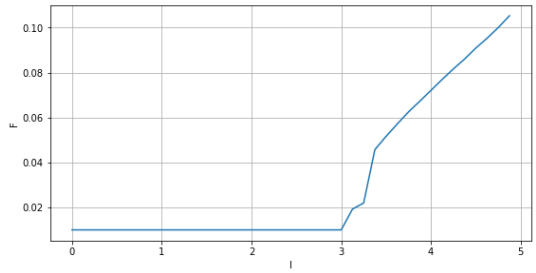




Frequency current plot for ALIF:

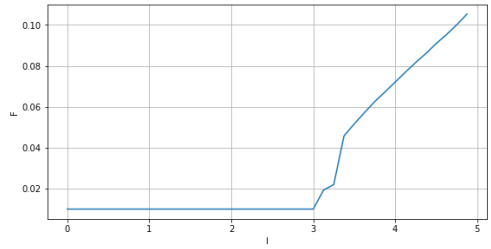
Adaptive Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



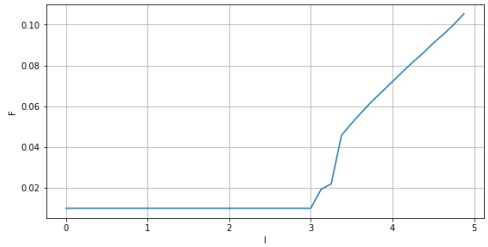
Adaptive Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 4 Tw: 4

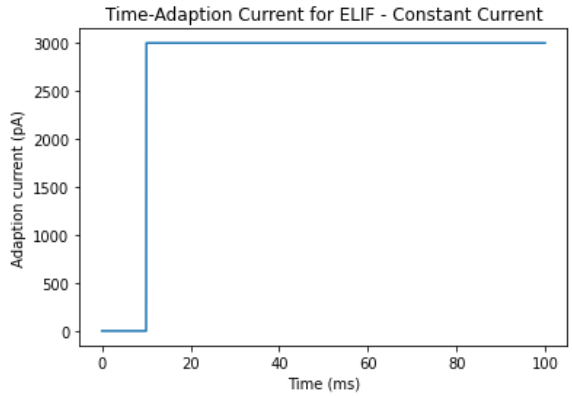


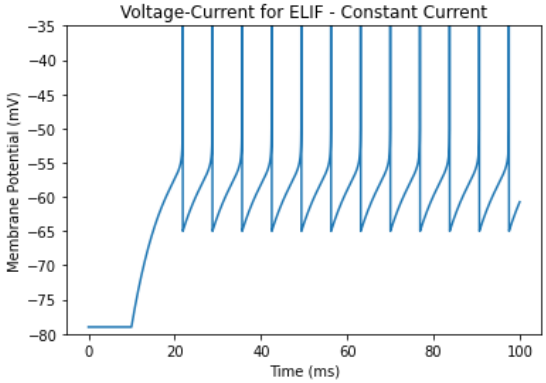
Adaptive Integrate-and-Fire

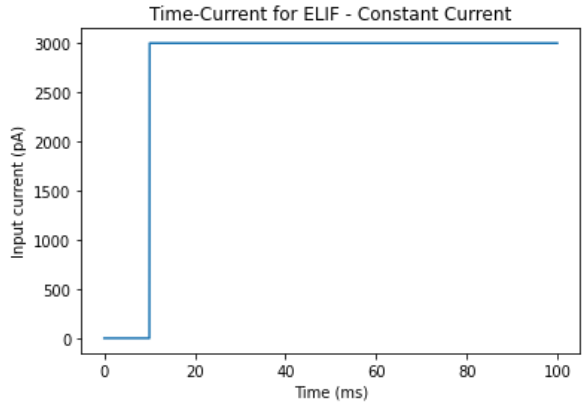
R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 10 b: 1 Tw: 4

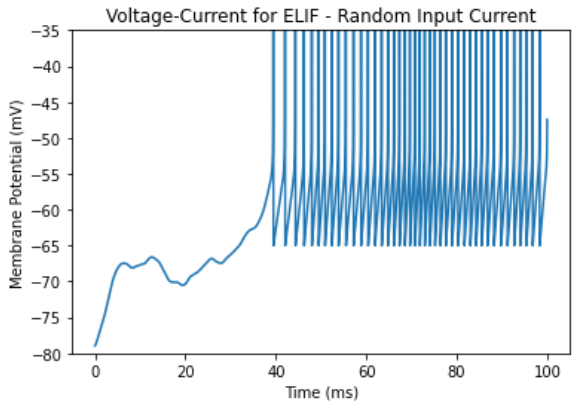


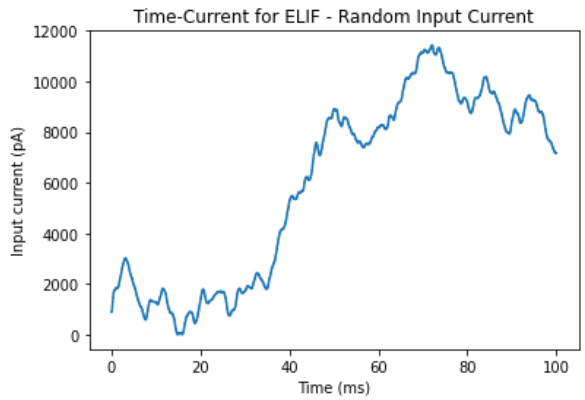
ELIF PLOTS: **(In addition to exercise)**

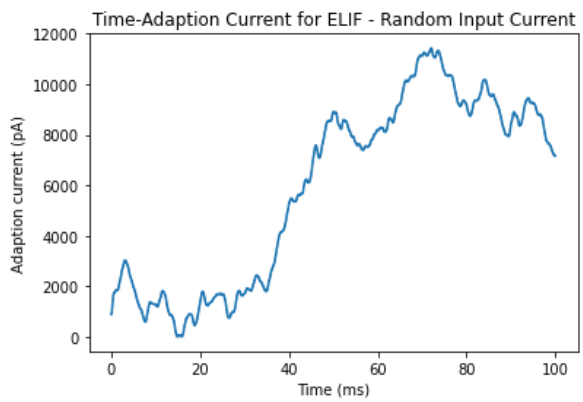


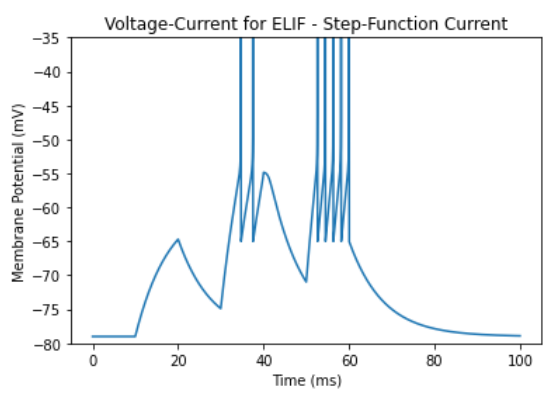


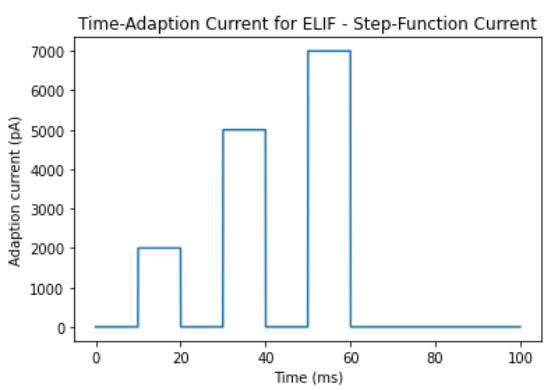

Time-Current for ELIF - Constant Current
Input current (pA)
Time (ms)

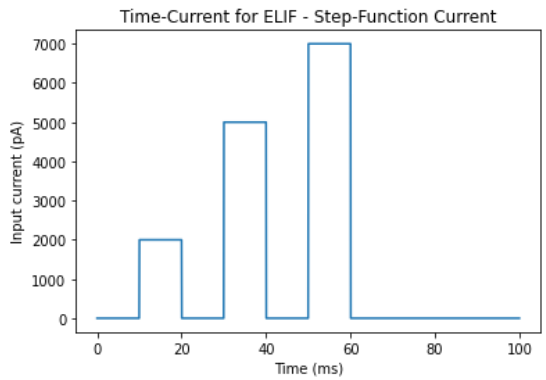

Voltage-Current for ELIF - Random Input Current
Membrane Potential (mV)
Time (ms)

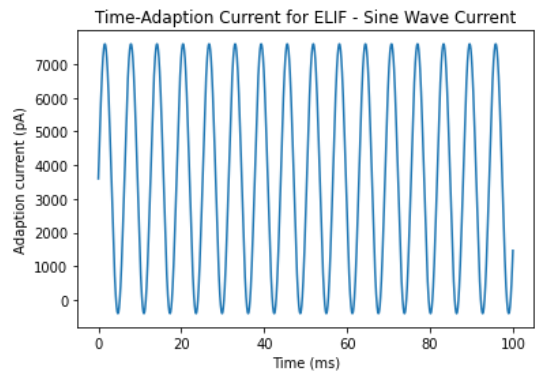

Time-Current for ELIF - Random Input Current
Input current (pA)
Time (ms)

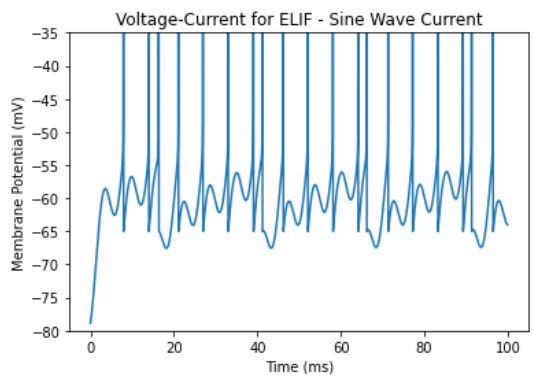

Time-Adaption Current for ELIF - Random Input Current
Adaption current (pA)
Time (ms)

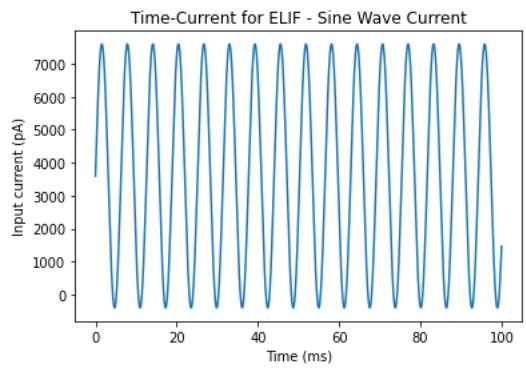

Voltage-Current for ELIF - Step-Function Current
Membrane Potential (mV)
Time (ms)

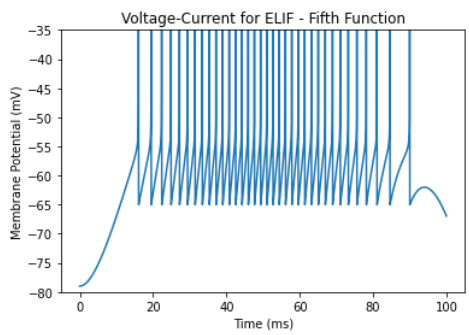

Time-Adaption Current for ELIF - Step-Function Current
Adaption current (pA)
Time (ms)

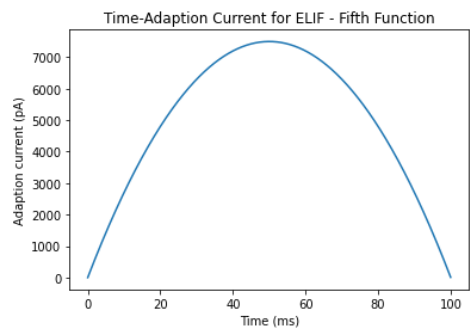


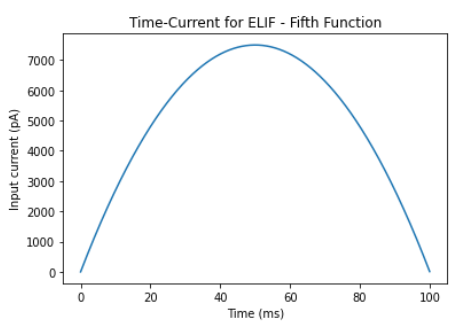






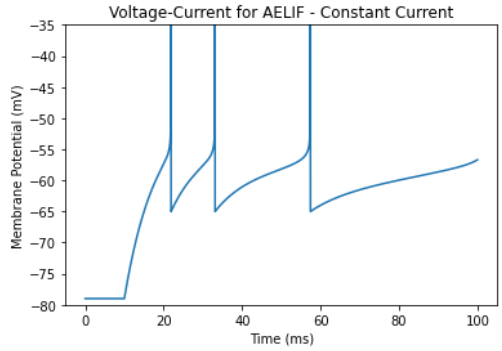


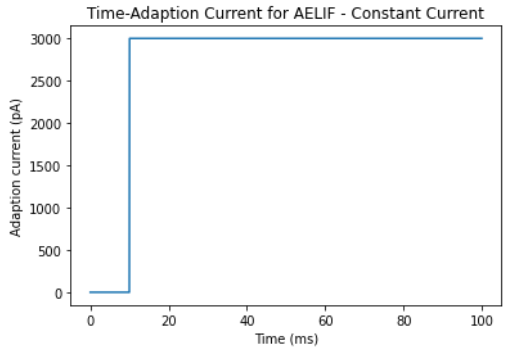


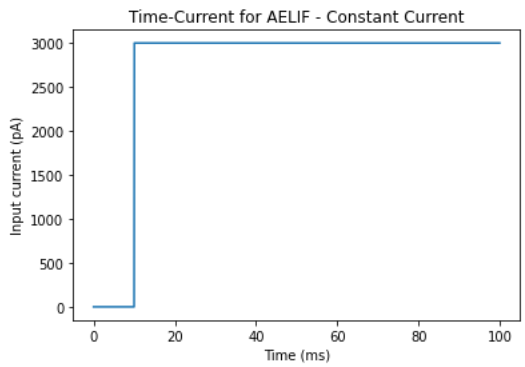


AELIF PLOTS:

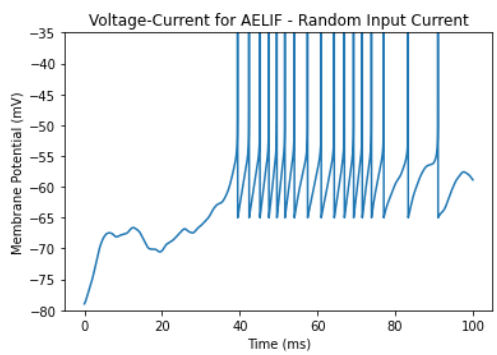
Constant current for AELIF:

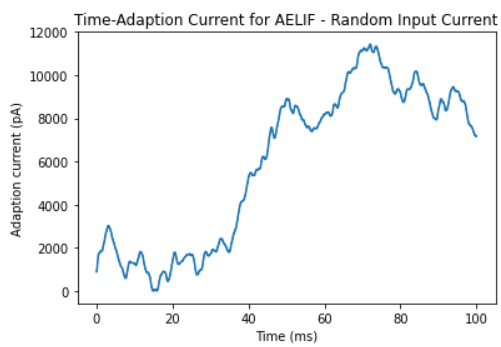


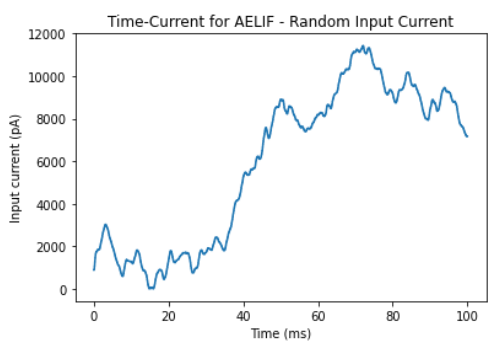




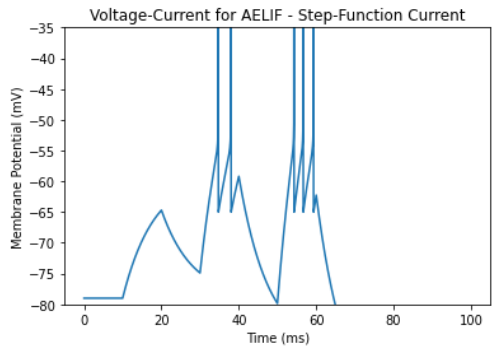
Random input current for AELIF:

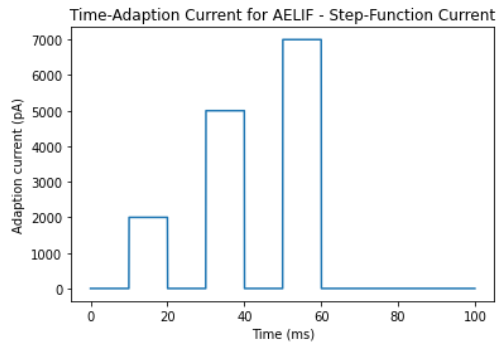


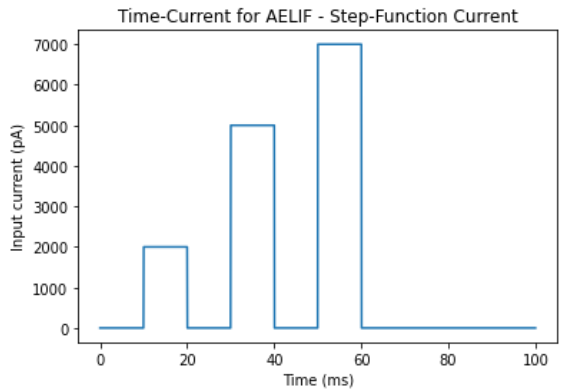




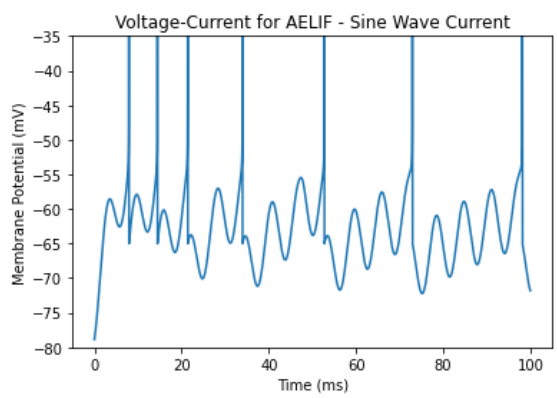
Step function current for AELIF:

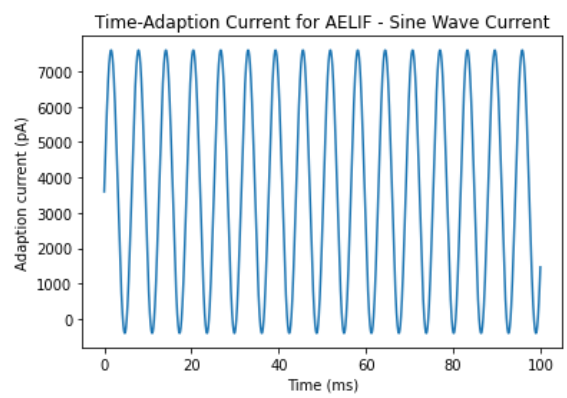


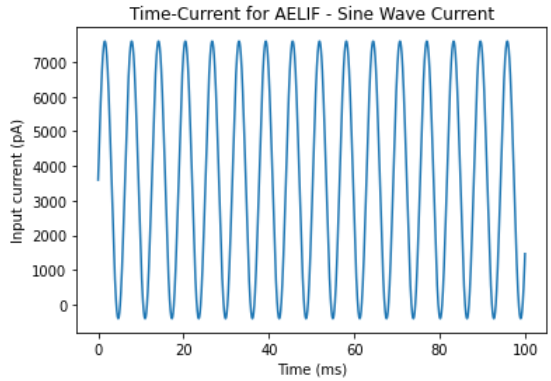




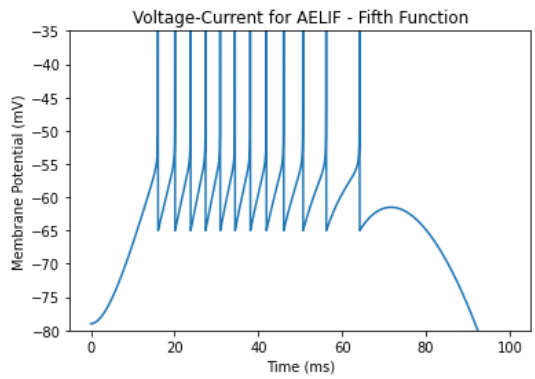
Sine Wave current for AELIF:

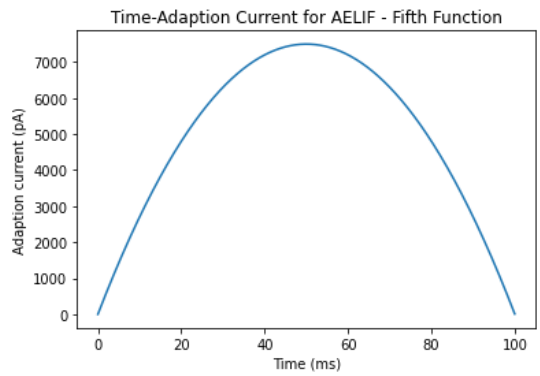


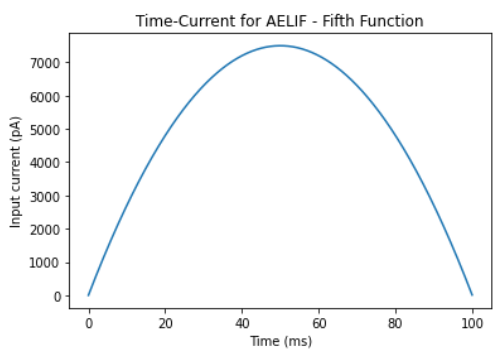




Fifth function for AELIF:



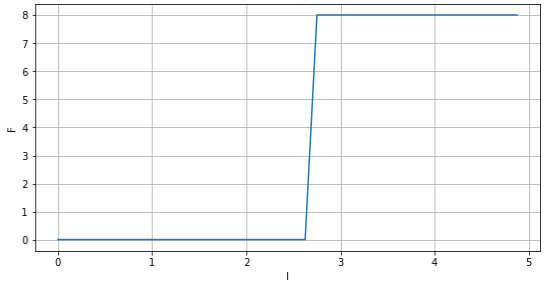




Frequency current plot for AELIF:

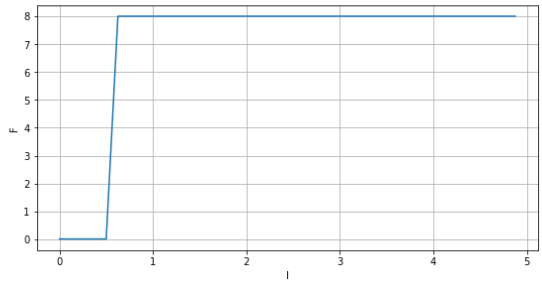
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



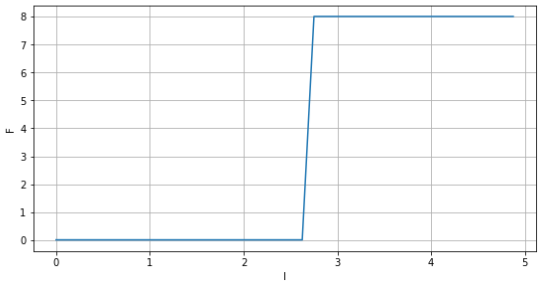
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 10 b: 1 Tw: 4



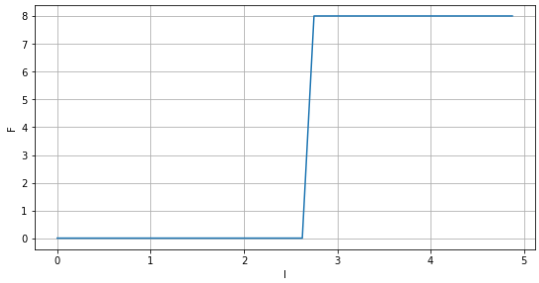
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 4 Tw: 4



الگوریتم 2 :

LIF :

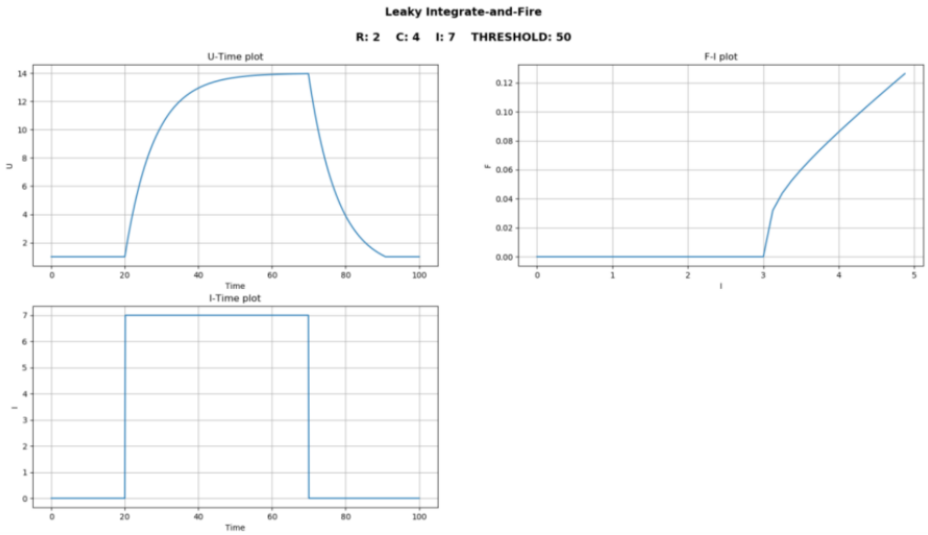
برای ساختن و پیاده سازی این مدل از معادله موجود در اسلایدها و معادله دیفرانسیل مربوط به آن استفاده شده است به گونه ای که dt فاصله استپ هایی هست که در پلات ها استفاده شده است و پتانسیل ها لیستی هستند که با توجه به معادله موجود استپ به استپ به مقدار قبلی اضافه شده و میتوان با درست کردن آرایه ای از آن ها آن را پلات کرد.

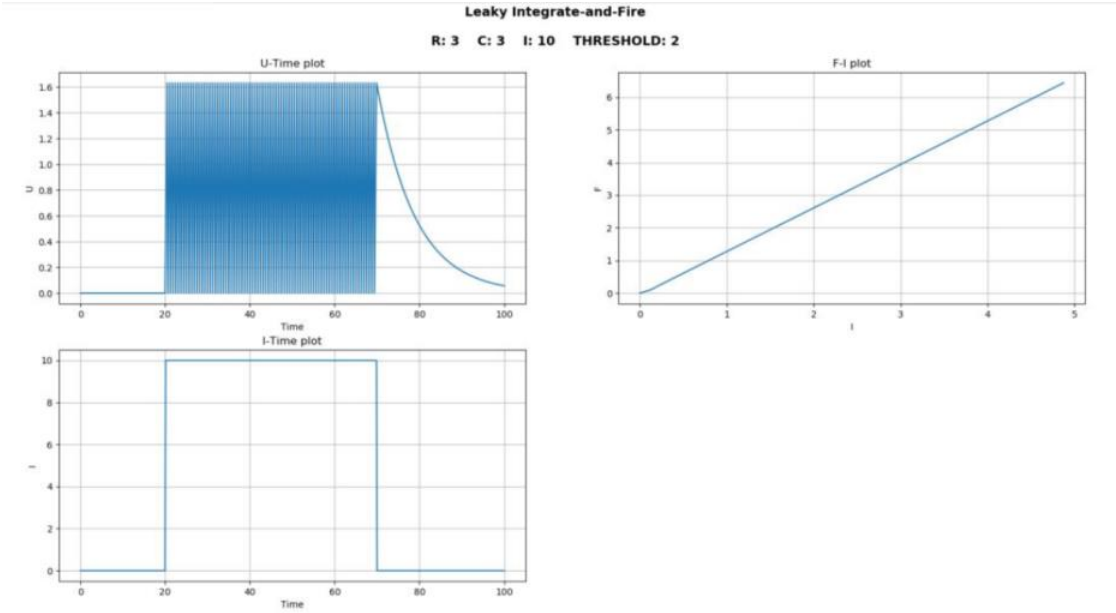
Leaky Integrate-and-Fire model

$$\tau \cdot \frac{du}{dt} = -(u - u_{rest}) + R \cdot I(t); \quad \text{If firing: } (u = u_{reset})$$

به دو صورت کلی رندم و صفرو یکی وجود و عدم وجود جریان جریان ورودی را میسازیم و همچنین برای رسم نمودار جریان فرکانس آمده ایم جریان را بر حسب دوره تناوب حساب کرده و به ازای جریان های مختلف حساب کردیم.

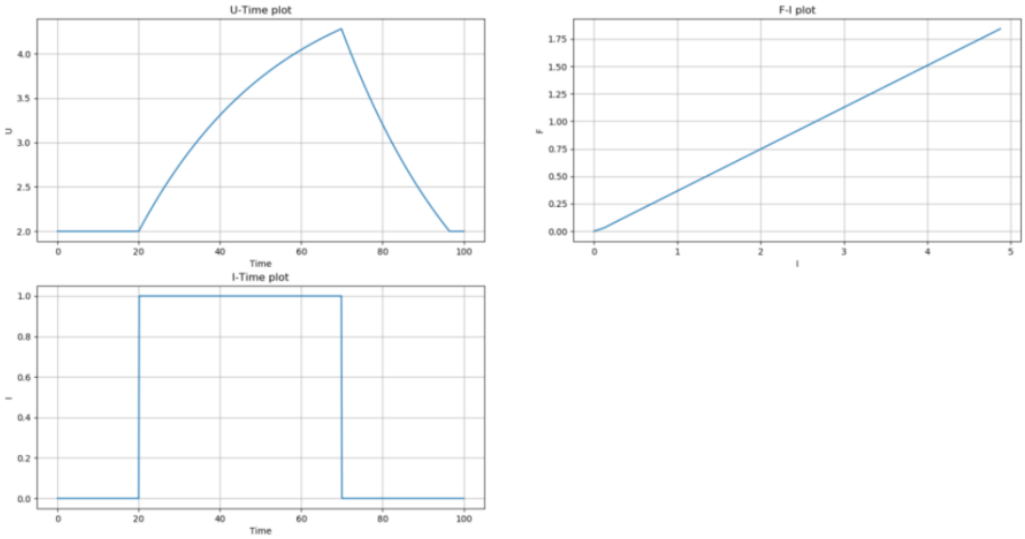
نمودار ها به گونه زیر است :




Leaky Integrate-and-Fire
R: 3 C: 3 I: 10 THRESHOLD: 2
U-Time plot
U
Time
F-I plot
F
I
I-Time plot
I
Time

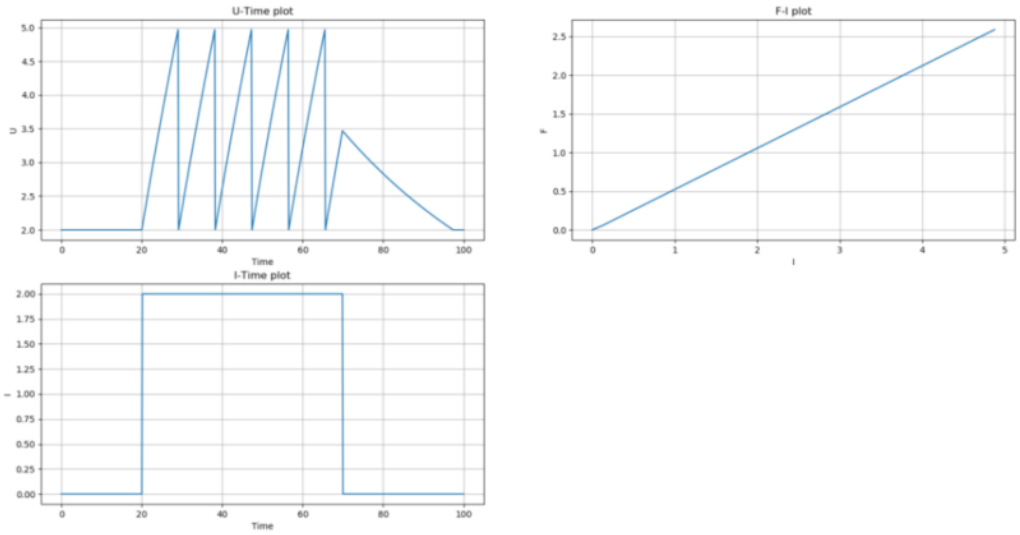
Leaky Integrate-and-Fire

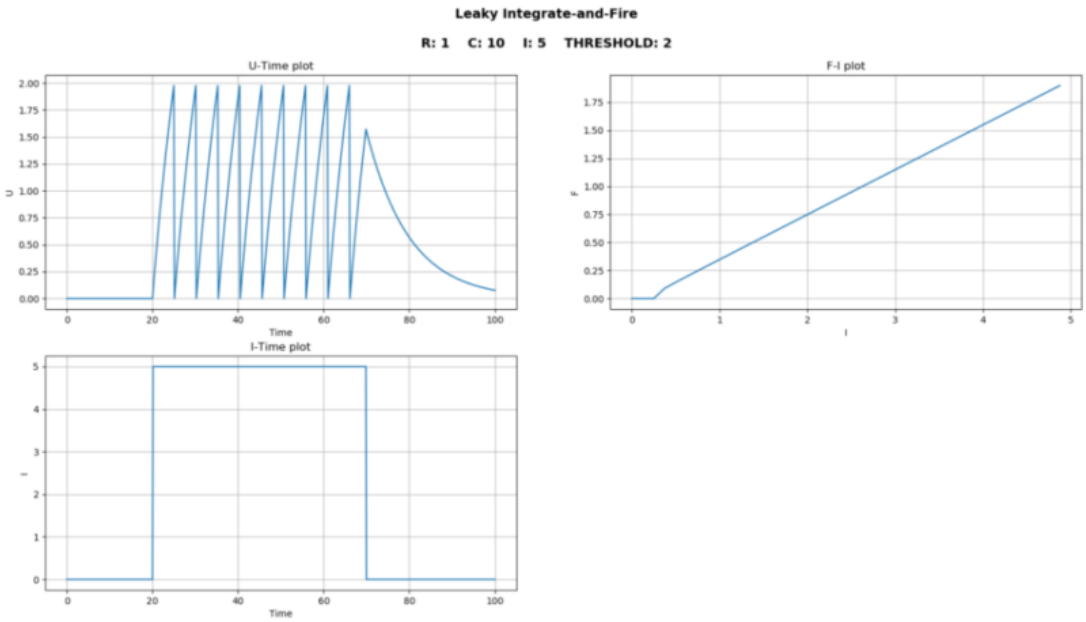
R: 5 C: 7 I: 1 THRESHOLD: 5



Leaky Integrate-and-Fire

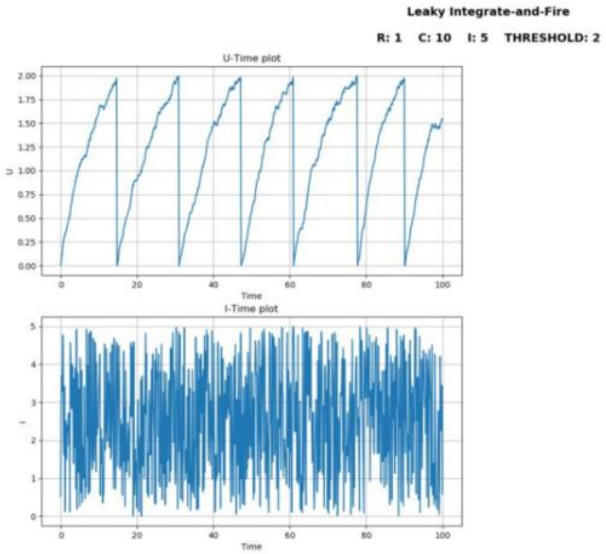
R: 10 C: 5 I: 2 THRESHOLD: 5





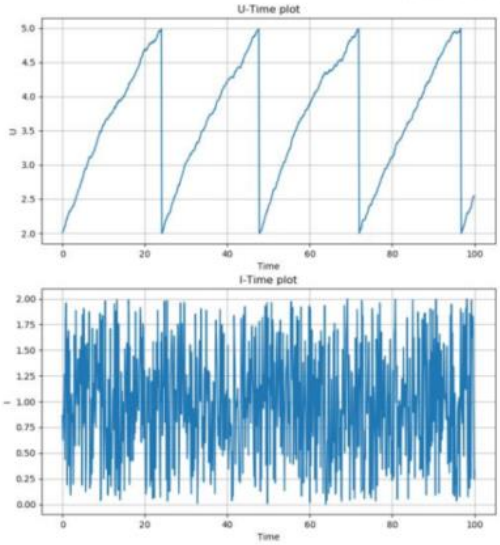
پس از مشاهده نمودار های LIF میتوان به این نتیجه رسید که حد فایرینگ نورون ها زیاد باشد زمان بیشتری نیاز است تا نورون مجدد به حالت دپولاریزیشن برسد و فایر کند و ممکن است جایی که به آن جریان وارد میشود به اندازه کافی شارژ نشود و میبینیم هر هر مقاومت و C بیشتر باشند تعداد اسپایک ها نیز زیاد میشوند.

برای جریان رندم و متغیر موارد زیر قابل مشاهده میباشد :



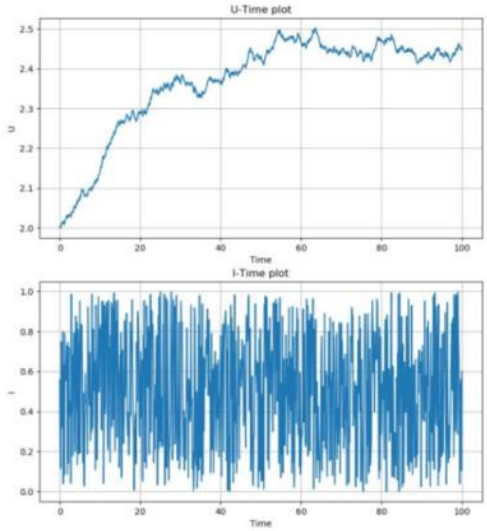
Leaky Integrate-and-Fire

R: 10 C: 5 I: 2 THRESHOLD: 5



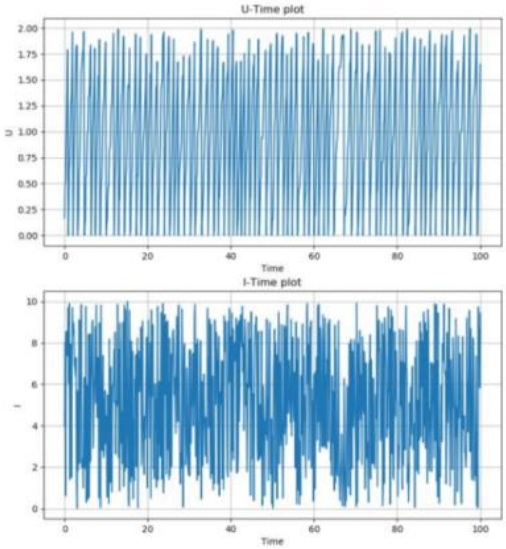
Leaky Integrate-and-Fire

R: 5 C: 7 I: 1 THRESHOLD: 5



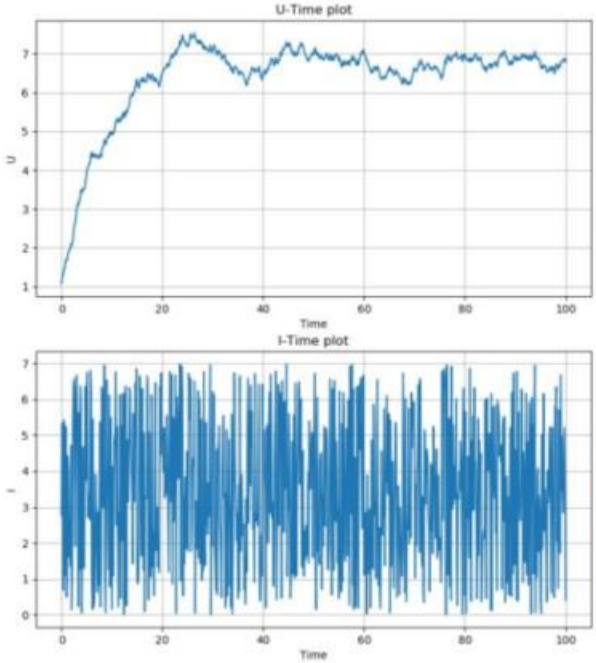
Leaky Integrate-and-Fire

R: 3 C: 3 I: 10 THRESHOLD: 2



Leaky Integrate-and-Fire

R: 2 C: 4 I: 7 THRESHOLD: 50



AELIF PLOTS:

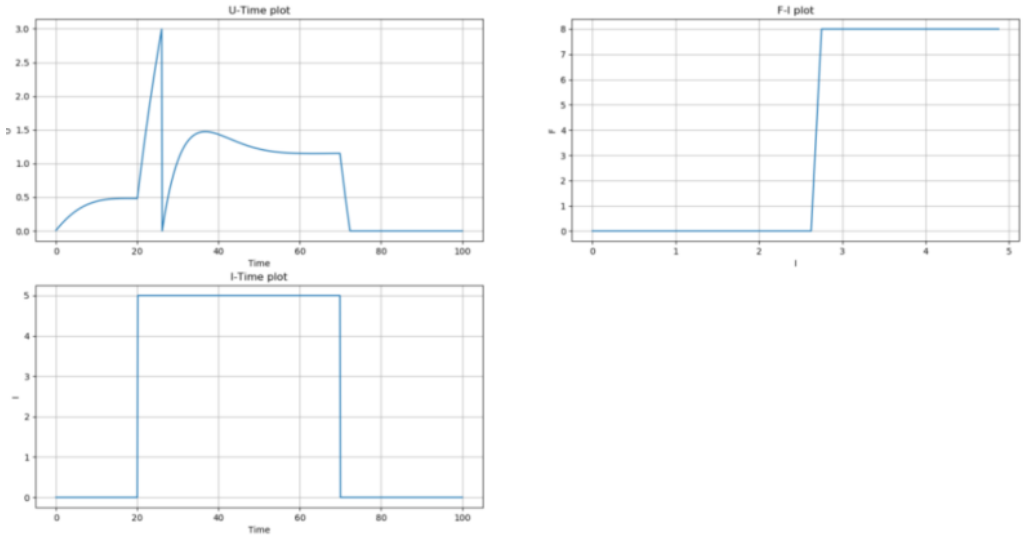
برای ساختن این مدل همان ایده اولیه باقیست با این تفاوت که متغیر W نیز اضافه شده است و هر مرحله مقدار آن با U نیز آپدیت میشود و باقی مثله بقیه مدل هاست و در رسم نمودار فرکانس جریان با توجه به سیگنال میرا چندان فایده بخش نیست اما باز طراحی شده است :

$$\tau_m \cdot \frac{du}{dt} = -(u - u_{rest}) + \Delta_T \exp\left(\frac{u - \theta_{rh}}{\Delta_T}\right) - Rw + R \cdot I(t),$$

$$\tau_w \frac{dw}{dt} = a(u - u_{rest}) - w + b\tau_w \sum_{t^f} \delta(t - t^f),$$

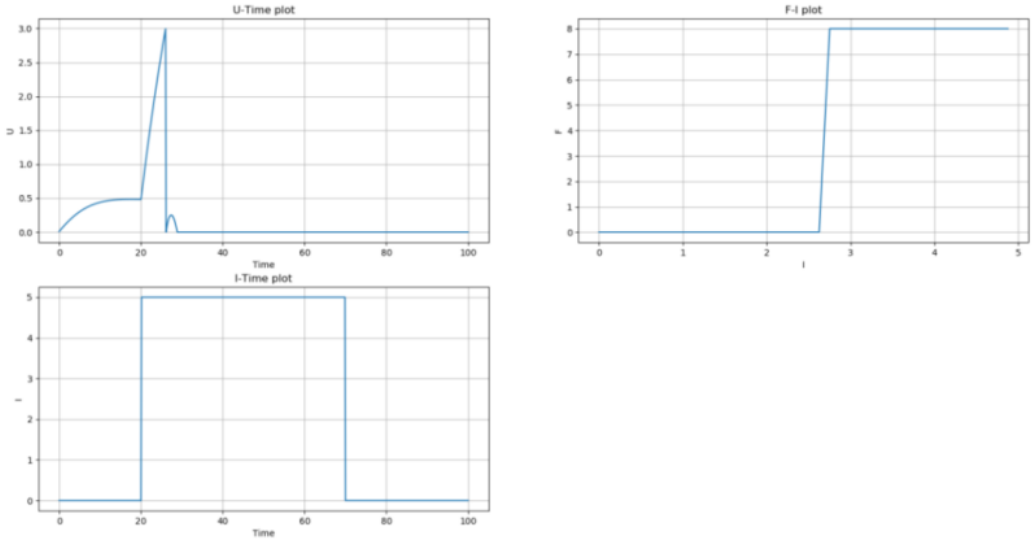
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



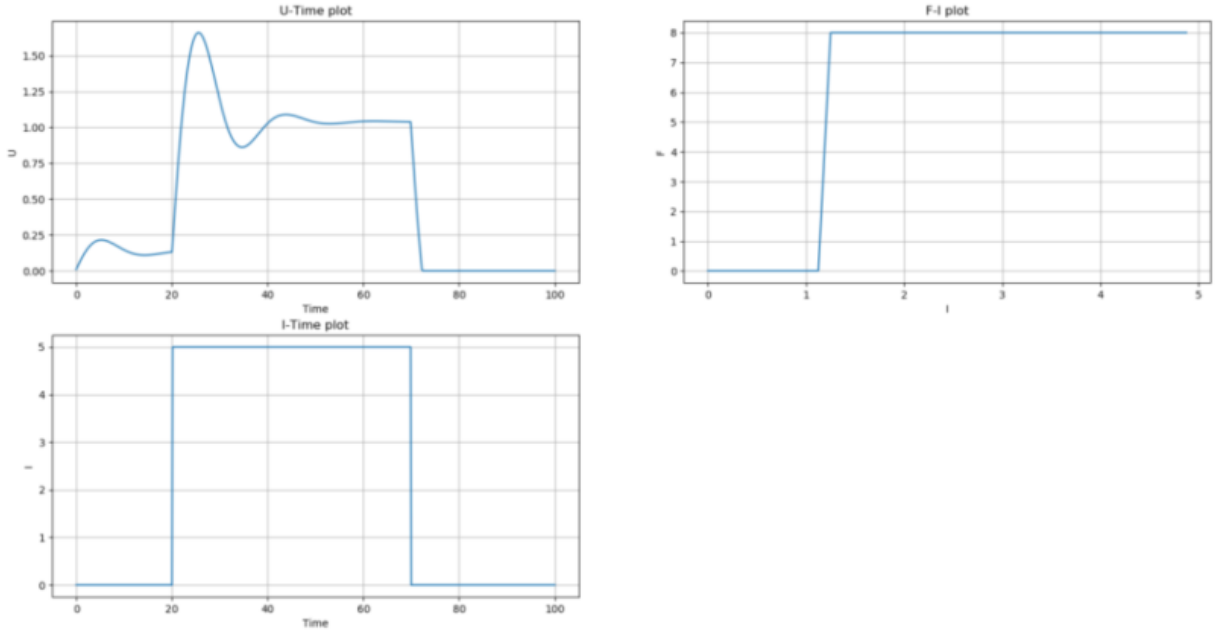
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 4 Tw: 4



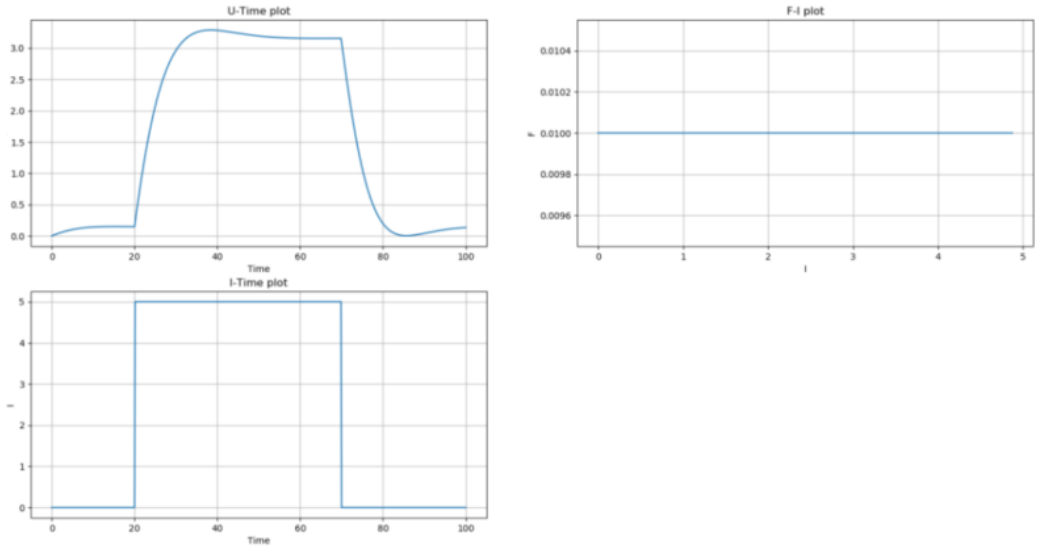
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

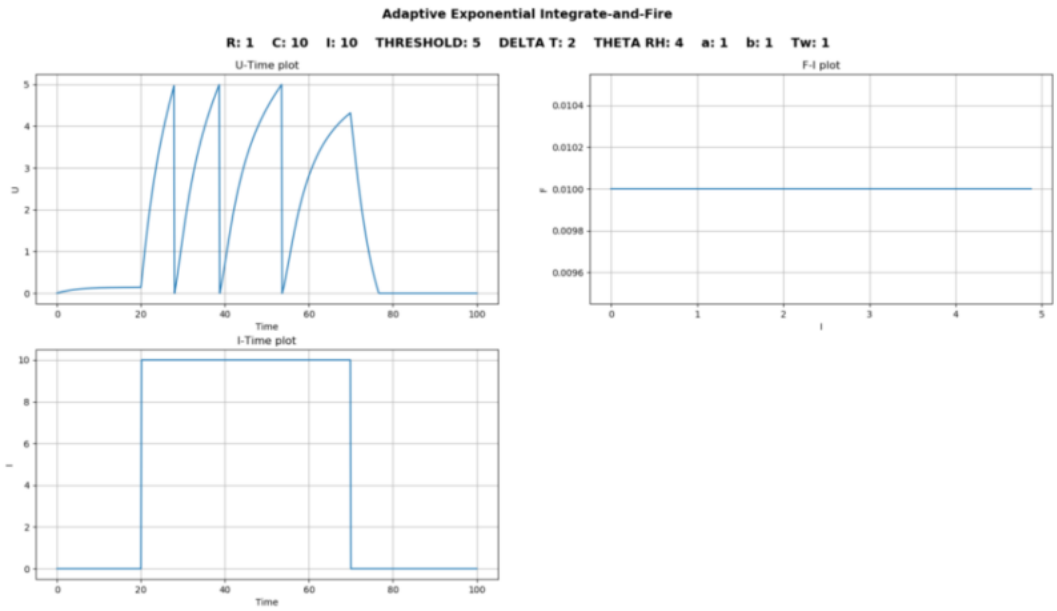
R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 5 b: 4 Tw: 4



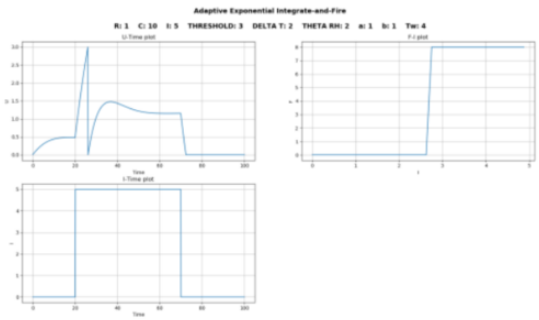
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

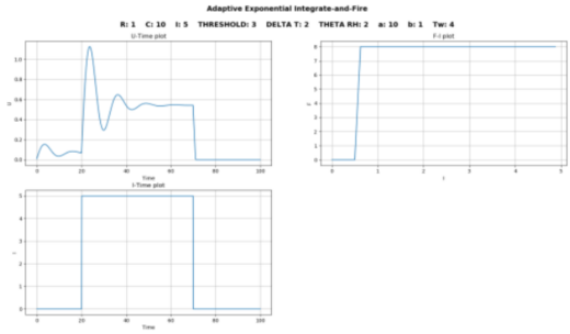
R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 4




Adaptive Exponential Integrate-and-Fire
R: 1 C: 10 I: 10 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 1
U-Time plot
U
Time
F-I plot
F
I
I-Time plot
I
Time

هنگامی که tw زیاد میشود نورون زود تر به حد فایرینگ میرسد و هر چه b بیشتر باشد سیگنال ها رو به میرا بودن میرودند به طوری که داریم هر چه که a بیشتر باشد نورون بعد از فایر کردن مقداری از انرژی قبلی خود را نگه میدارد و به u استراحت نمیرود و با کمی نوسان بیشتر رو به میرایی میرود.

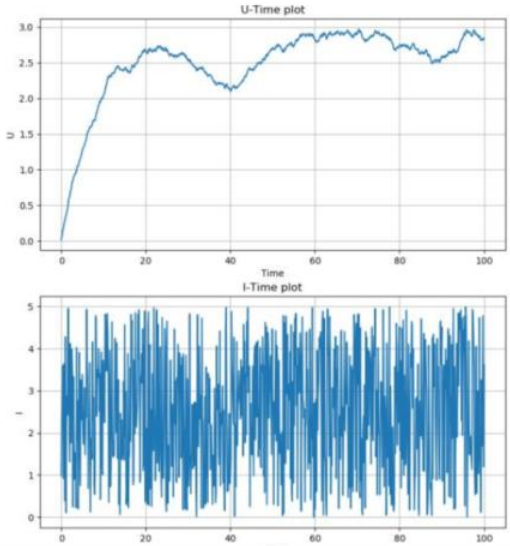




جریان های توالی به گونه زیر در آمده است :

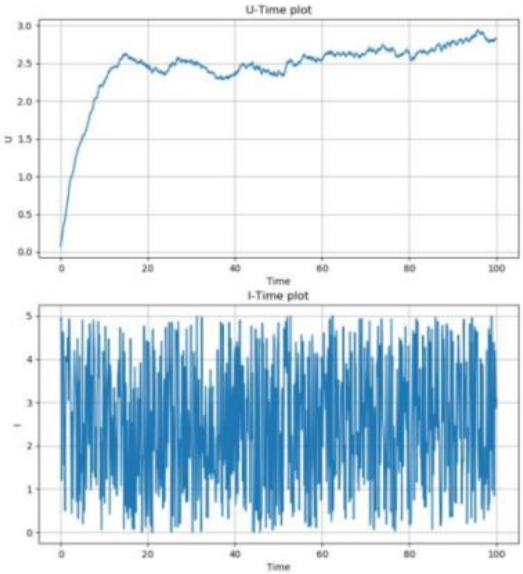
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



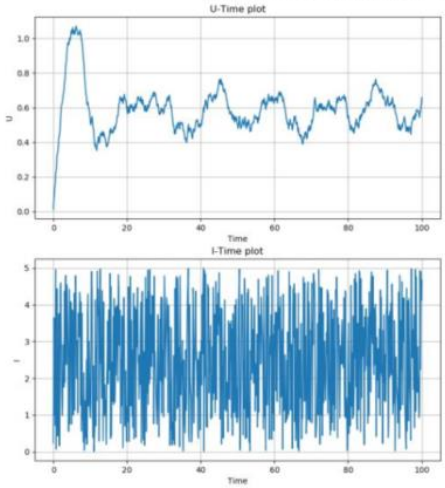
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 4 Tw: 4



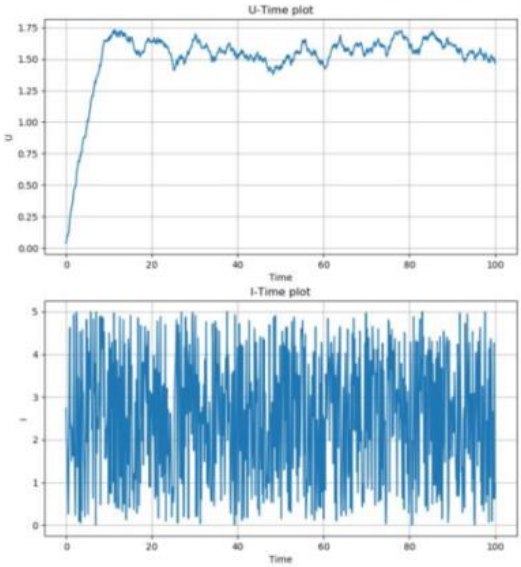
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

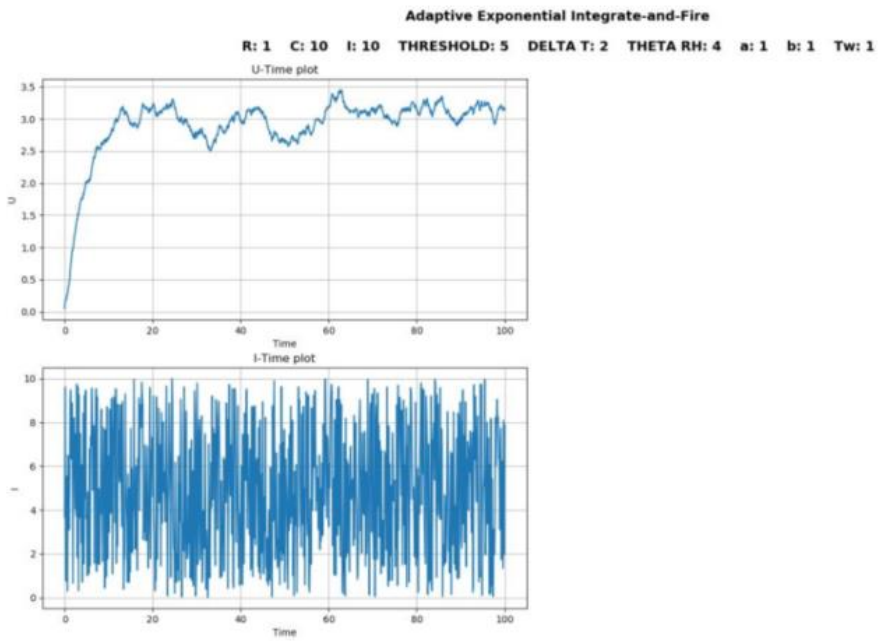
R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 5 b: 4 Tw: 4



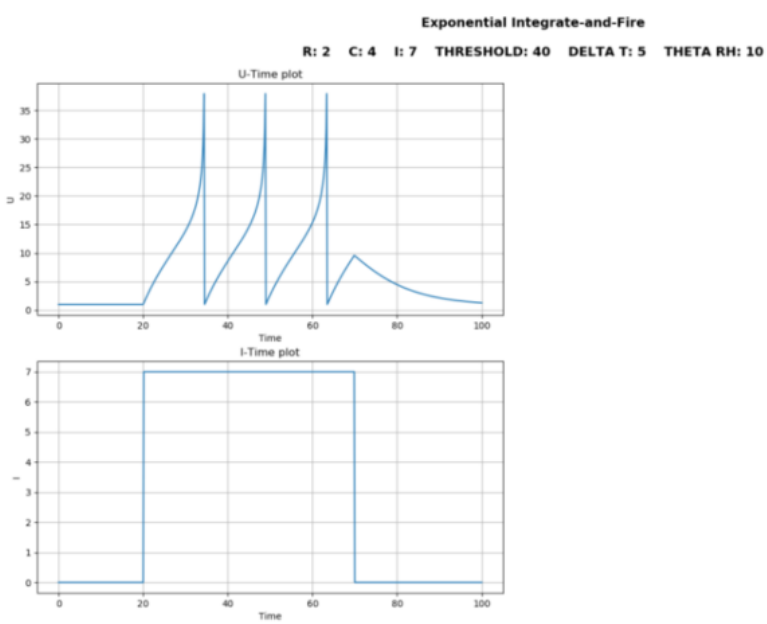
Adaptive Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 4



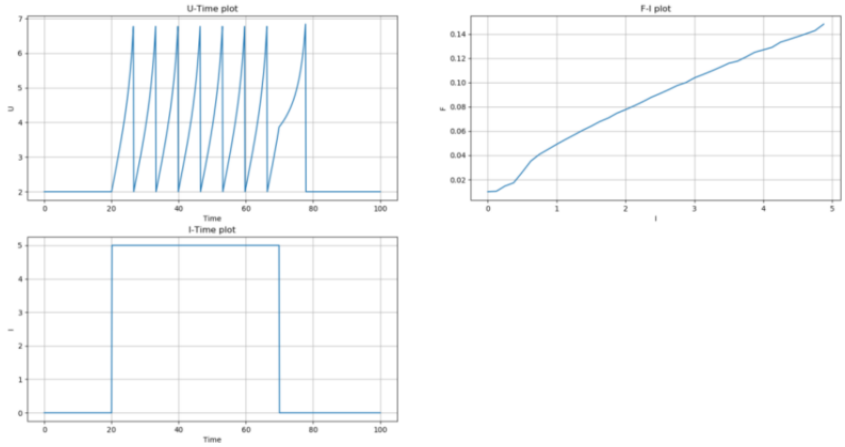

Adaptive Exponential Integrate-and-Fire
R: 1 C: 10 I: 10 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 1
U-Time plot
U
Time
I-Time plot
I
Time

ELIF PLOT:


Exponential Integrate-and-Fire
R: 2 C: 4 I: 7 THRESHOLD: 40 DELTA T: 5 THETA RH: 10
U-Time plot
U
Time
I-Time plot
I
Time

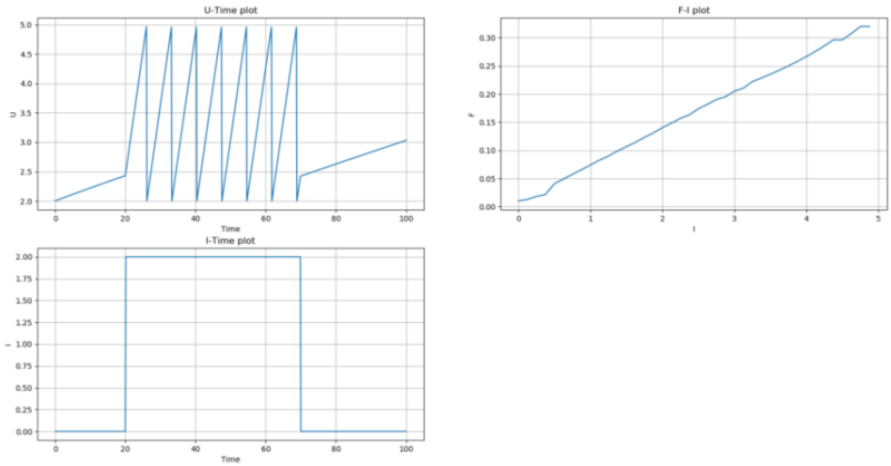
Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 7 DELTA T: 2 THETA RH: 2



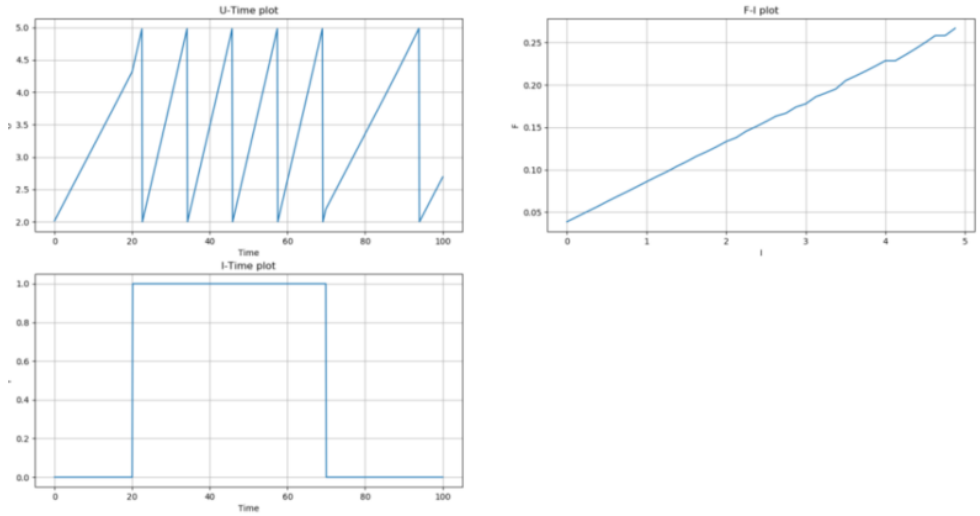
Exponential Integrate-and-Fire

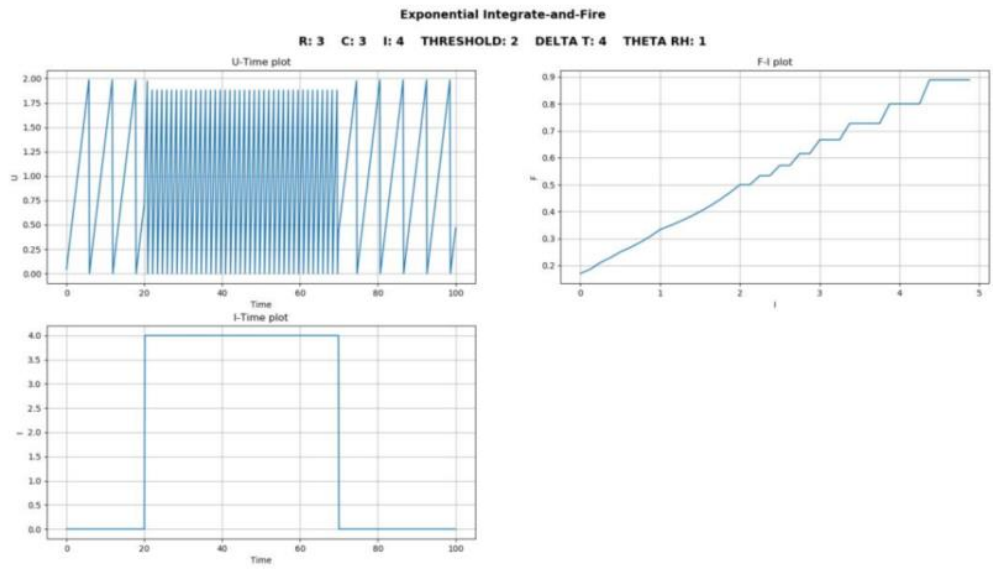
R: 10 C: 5 I: 2 THRESHOLD: 5 DELTA T: 4 THETA RH: 3

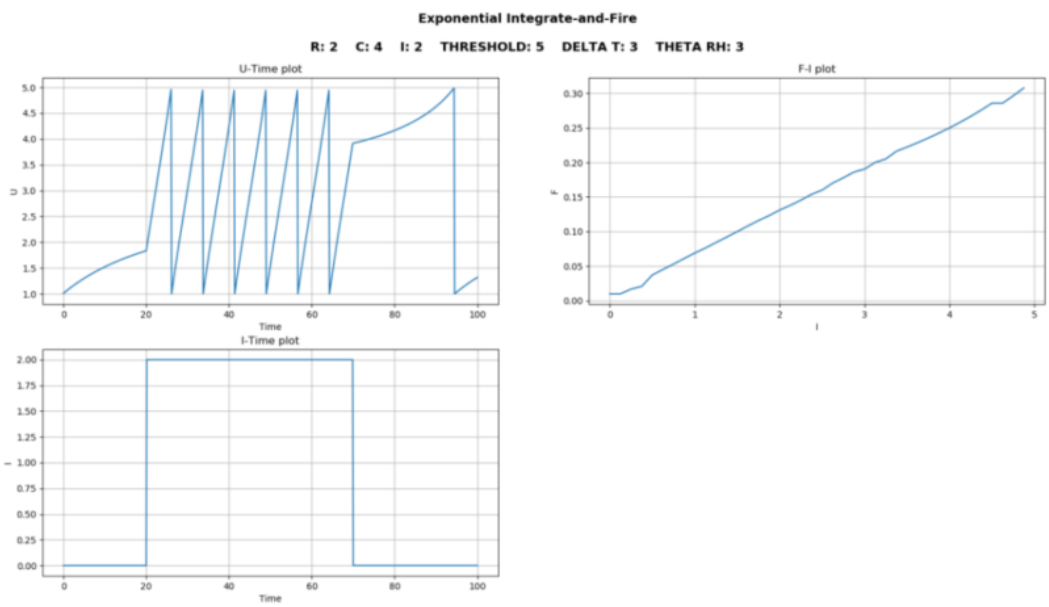


Exponential Integrate-and-Fire

R: 5 C: 7 I: 1 THRESHOLD: 5 DELTA T: 7 THETA RH: 3



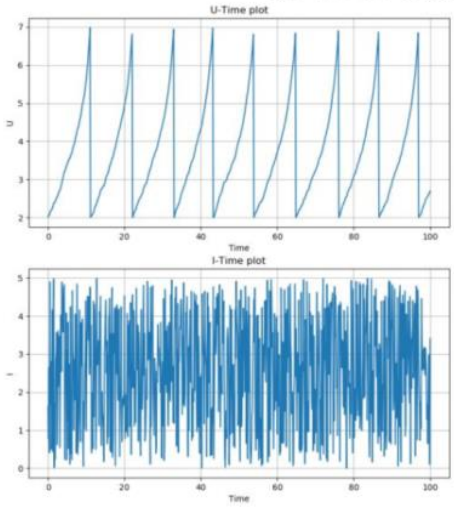




جریان های رندم متغیر :

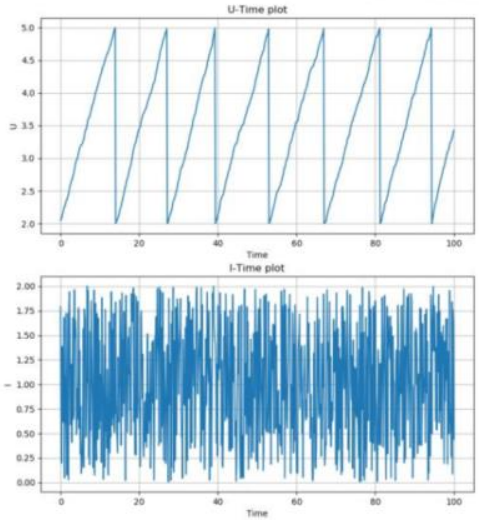
Exponential Integrate-and-Fire

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 7 DELTA T: 2 THETA RH: 2



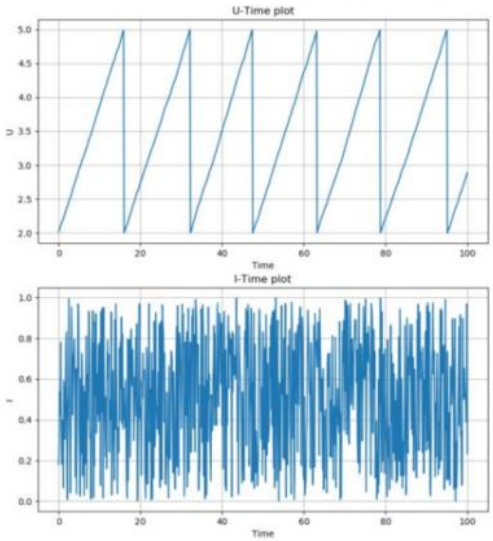
Exponential Integrate-and-Fire

R: 10 C: 5 I: 2 THRESHOLD: 5 DELTA T: 4 THETA RH: 3



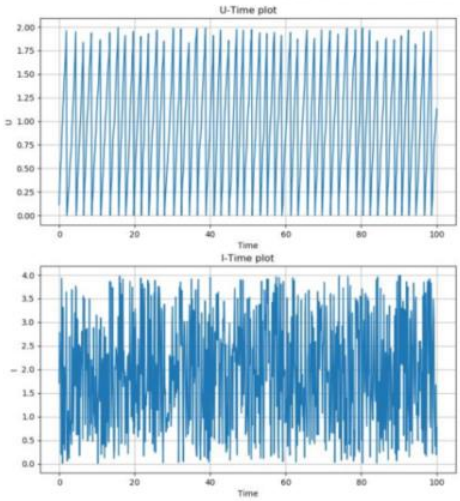
Exponential Integrate-and-Fire

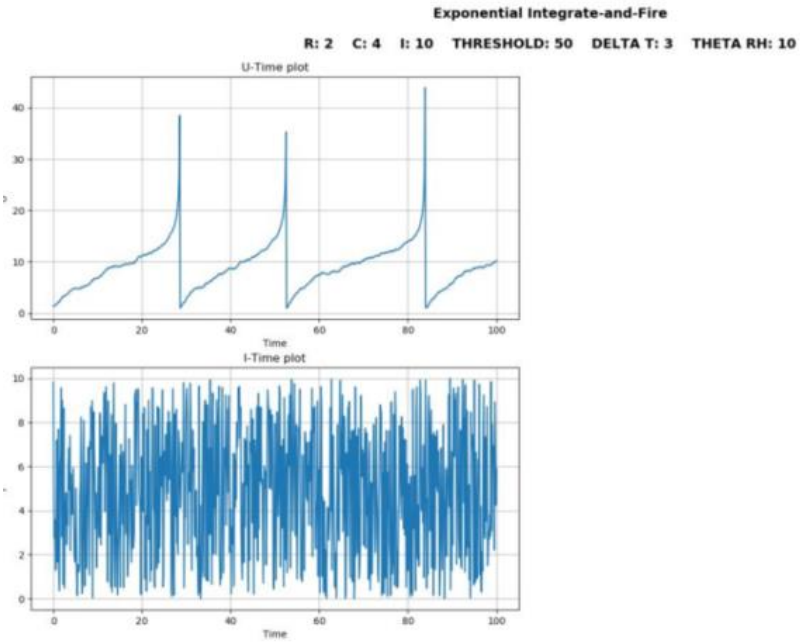
R: 5 C: 7 I: 1 THRESHOLD: 5 DELTA T: 7 THETA RH: 3



Exponential Integrate-and-Fire

R: 3 C: 3 I: 4 THRESHOLD: 2 DELTA T: 4 THETA RH: 1



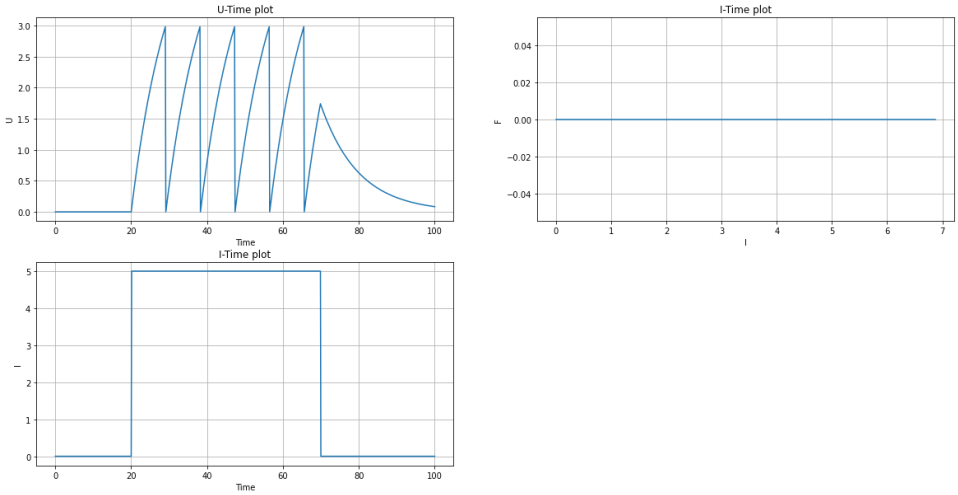


ALIF PLOT:

این مدل نیز مانند مدل های قبل عمل میکند با این تفاوت که حالت نمایی قبل حذف شده و به مدل اول اداپتیو اضافه شده است.

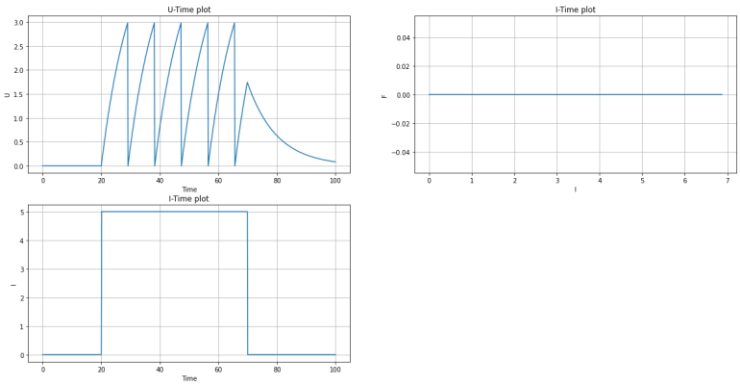
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 2

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 10 b: 1 Tw: 4



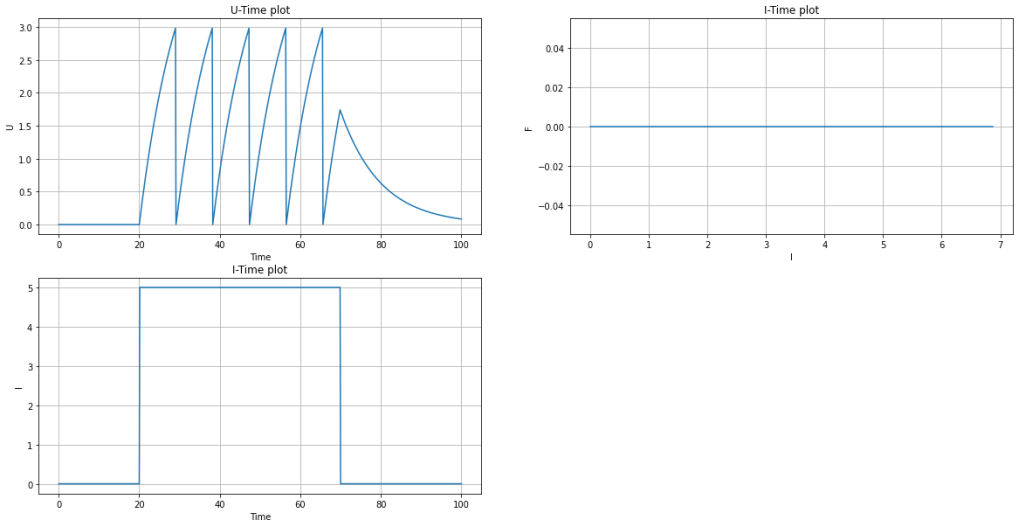
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 1

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



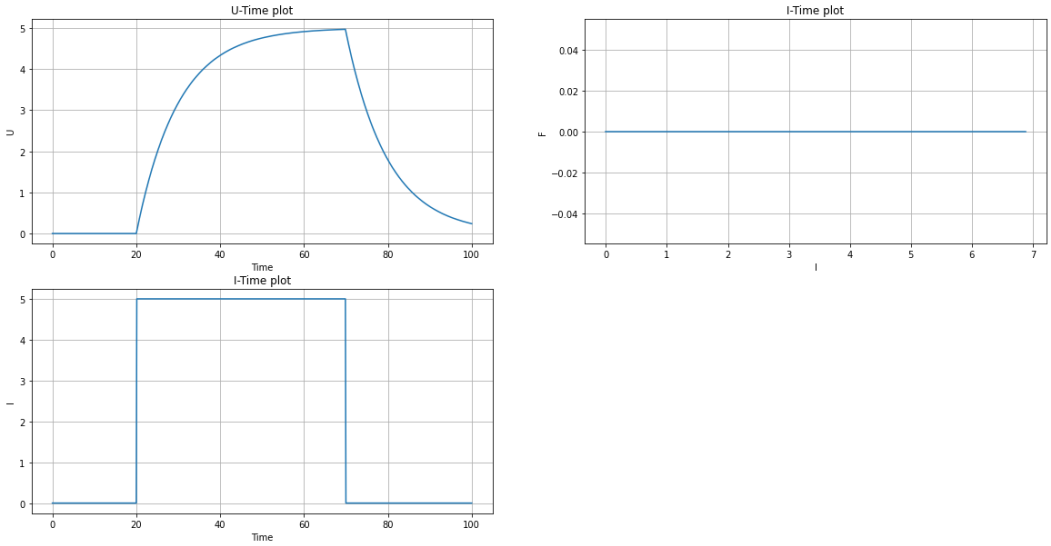
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 3

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4



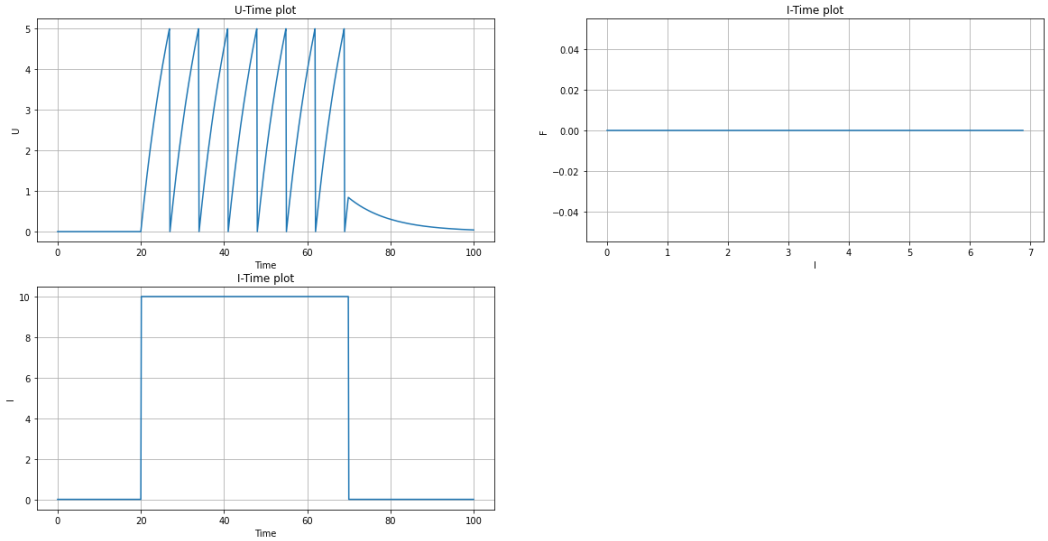
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 6

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 4



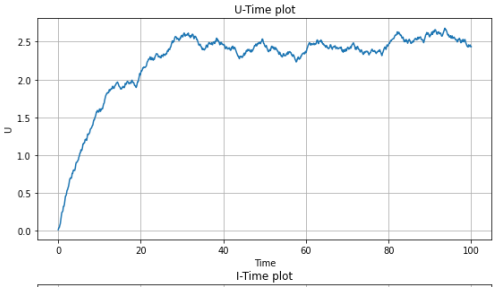
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 7

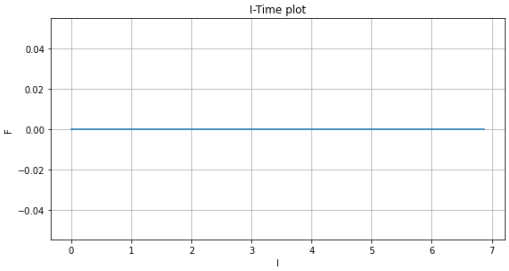
R: 1 C: 10 I: 10 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 1

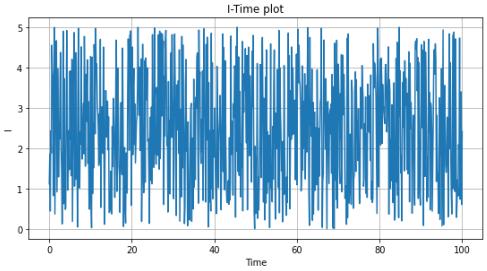


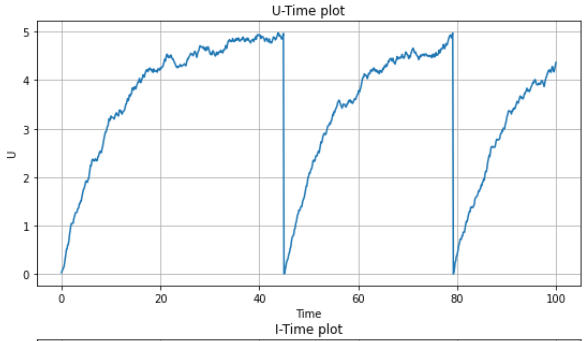
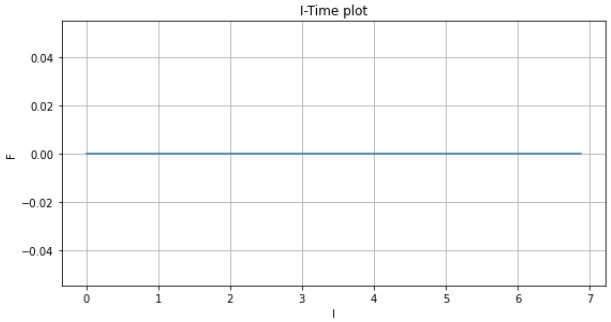
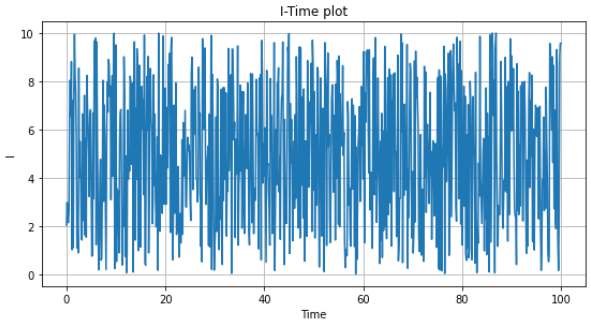
Adaptive Integrate-and-Fire Example : 8

R: 1 C: 10 I: 5 THRESHOLD: 3 DELTA T: 2 THETA RH: 2 a: 1 b: 1 Tw: 4







Adaptive Integrate-and-Fire Example : 12

R: 1 C: 10 I: 10 THRESHOLD: 5 DELTA T: 2 THETA RH: 4 a: 1 b: 1 Tw: 1