

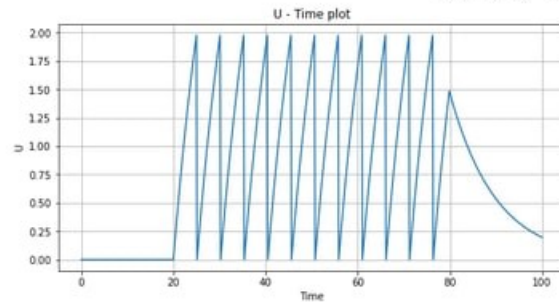
## محراب کلانتری - 99222088

در این پروژه 5 تابع جریان مختلف را برای هر مدل بررسی کردیم و خروجی ها به همراه گزارشی از خروجی ها را در این فایل قرار دادیم، اما بعضی از تأثیرات روی مدل در فایل نوتبوک بررسی شد و در آنجا با مثال تأثیر متغیر ها (مقاومت، خازن، ثابت ها و ...) بر روی مدل نوروئی بررسی شد.

### LIF Model

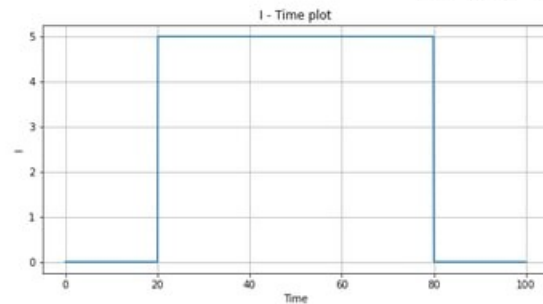
Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2



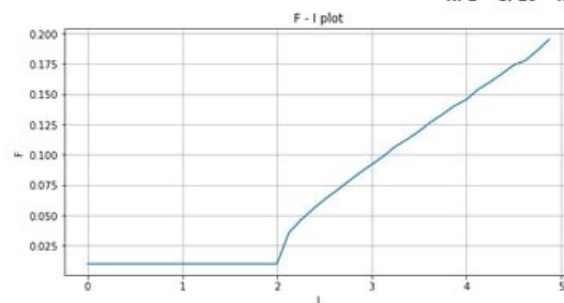
Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2



Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2



در مثال اول تابع جریان بصورت جریان ثابت 5 در بازه زمانی 20 تا 80 ثانیه وارد مدل میشود

پتانسیل در لحظات 0 تا 20 ثانیه به دلیل وارد نشدن جریان در پتانسیل استراحت قرار دارد

پس ثانیه بیستم، پتانسیل با توجه به جریان ورودی شروع به افزایش کرده و سپس در لحظاتی که

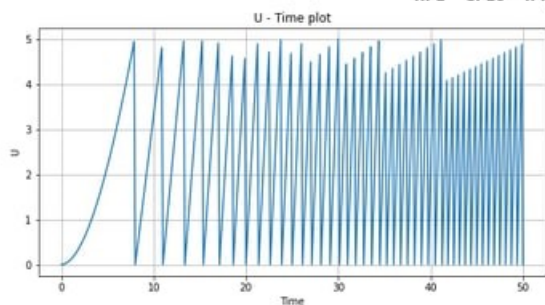
به پتانسیل آستانه رسیده، ریست شده و به پتانسیل استراحت برمیگردد

این روند ادامه پیدا میکند تا وقتی جریان در ثانیه هشتادم قطع شده و پتانسیل به سمت پتانسیل استراحت

شروع به کم شدن میکند

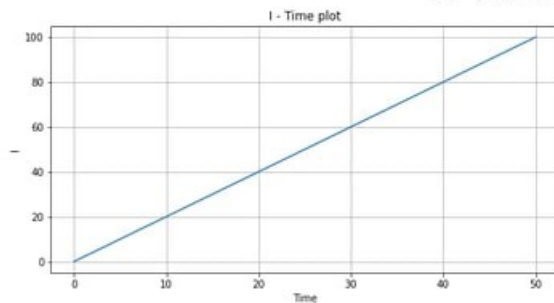
Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 5



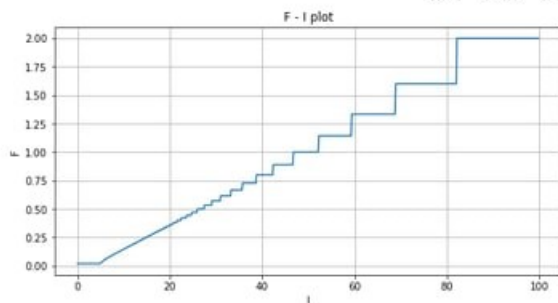
Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 5



Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 5



در این مثال جریان بصورت یک تابع خطی با شیب 2 وارد مدل میشود و به دلیل افزایش زیاد جریان در زمان های

بالا، بازه زمانی را 50 ثانیه در نظر گرفتیم که در کل بازه زمانی جریان زیر وارد مدل میشود

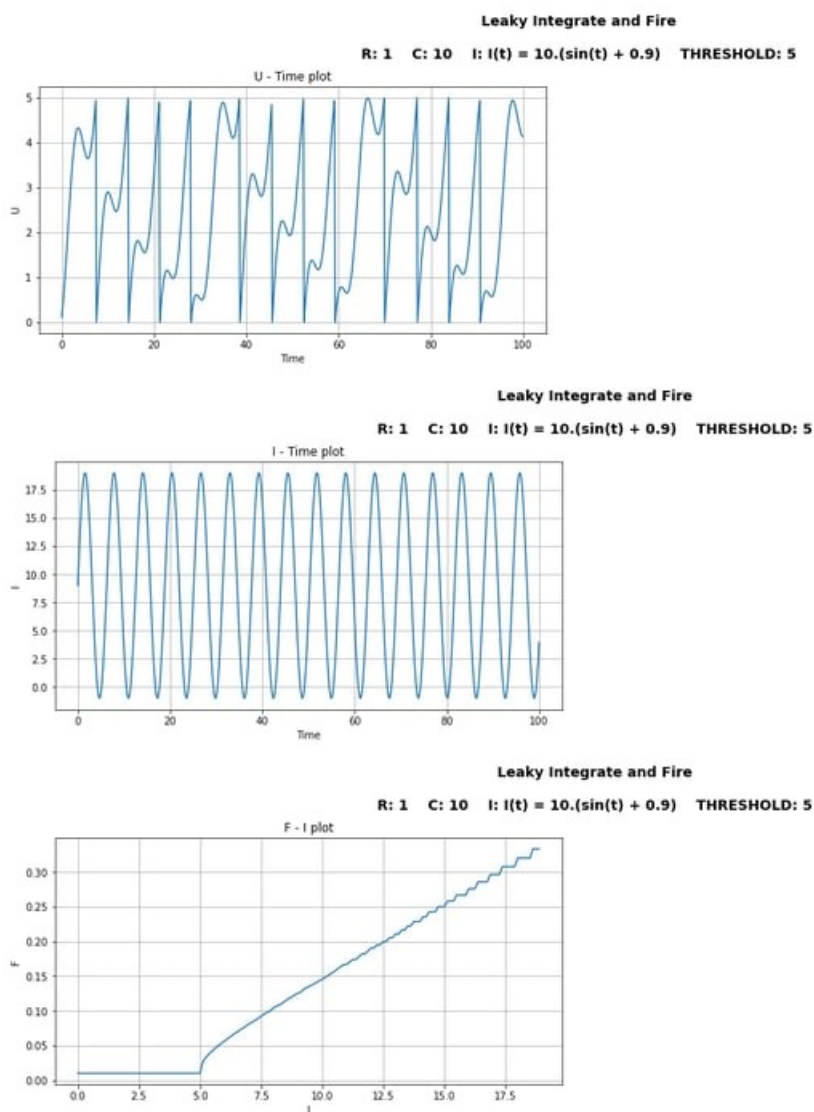
$$I(t) = 2.t$$

در این حالت، پتانسیل ابتدا در پتانسیل استراحت قرار دارد و چون جریان بطور پیوسته وارد مدل میشود و وضعیت صعودی دارد

به مرور زمان فاصله بین اسپایک های مدل کاهش میابد و فرکانس بالاتر میرود

در این حالت، زمان هایی که مدل به پتانسیل آستانه یعنی 5 برسد اسپایک زده و ریست میشود و به پتانسیل استراحت برمیگردد

و دوباره توسط جریان، پتانسیل افزایش میابد



در این حالت تابع جریان به شکل یک جریان سینوسی است که نکته قابل توجه این است که جریان در لحظه هایی منفی است و در بیشتر اوقات مثبت است

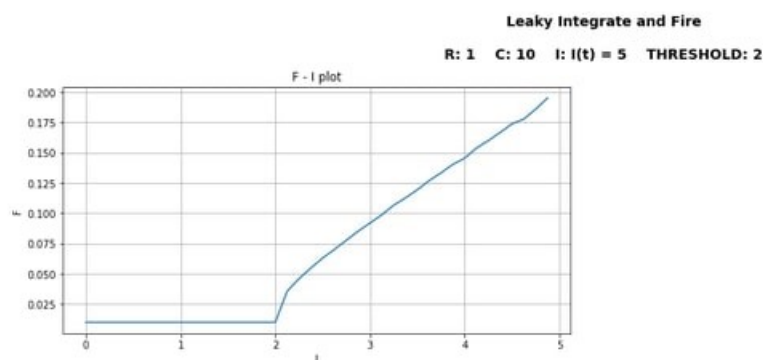
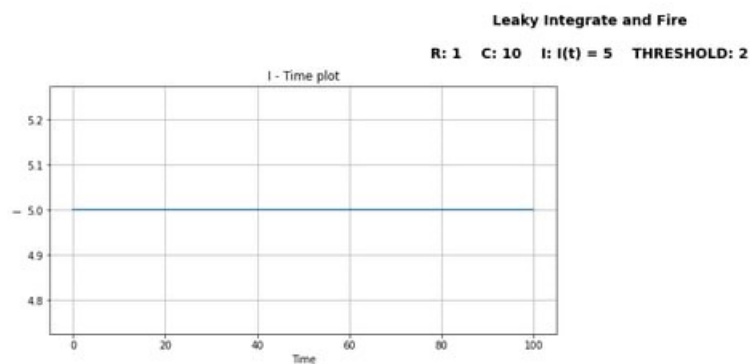
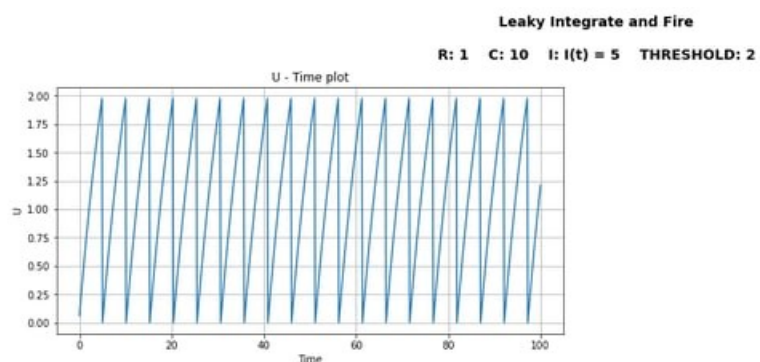
باتوجه به نوع جریان ورودی، پتانسیل مدل در ابتدا شروع به افزایش میکند تا جایی که جریان مثبت است

در لحظه ای که جریان منفی میشود، پتانسیل شروع به کم شدن میکند و با مثبت شدن دوباره ی جریان، پتانسیل شروع به

افزایش میکند تا به آستانه برسد و اسپایک بزند و ریست شود

این روند ادامه پیدامیکند و اما نکته قابل توجه این است که در لحظاتی که جریان حالت صعودی دارد

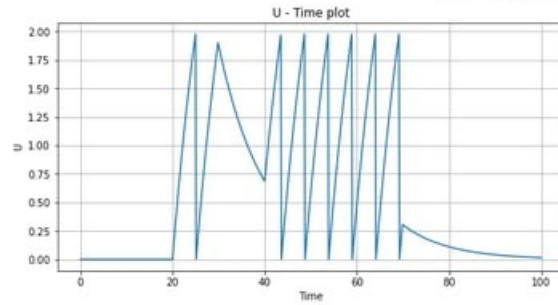
پتانسیل با سرعت بیشتری افزایش میابد تا به آستانه برسد



جریان در تمامی لحظات مقدار ثابت 5 دارد و این قسمت مانند قسمت اول است با این تفاوت که جریان ورودی پیوسته ادامه دارد

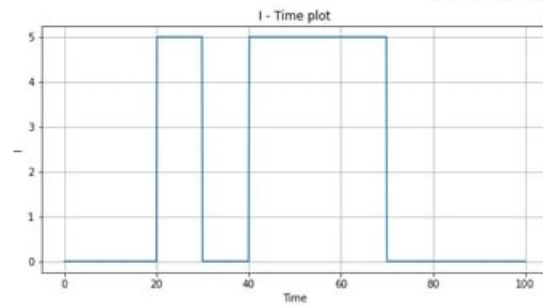
### Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2



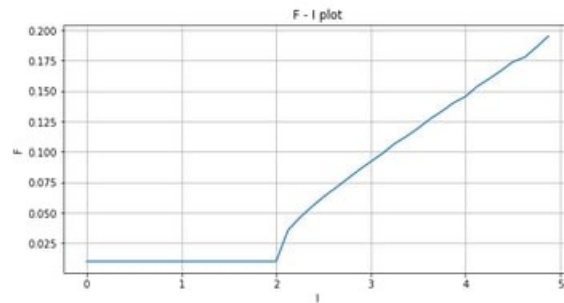
### Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2



### Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2

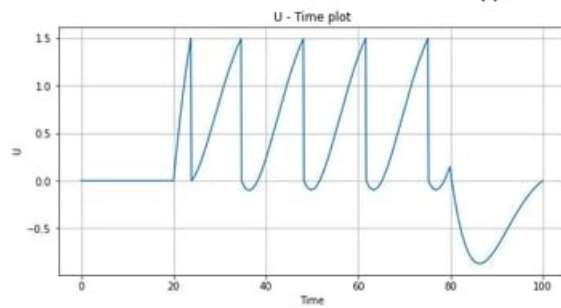


در این مثال جریان بصورت مرحله ای در دو بازه زمانی با مقدار ثابت 5 وارد مدل میشود  
در مرحله اول پتانسیل زیاد شده، اسپایک زده و ریست میشود و دوباره افزایش میابد تا وقتی که جریان قطع شده و  
پتانسیل کاهش یافته تا لحظه 40 ثانیه که دوباره جریان وارد شده و افزایش پتانسیل را شاهد هستیم  
از لحظه 40 به بعد مانند مثال اول نوروئ اسپایک زده و ریست شده تا وقتی که جریان قطع شود و به پتانسیل استراحت برگردد

## ALIF Model

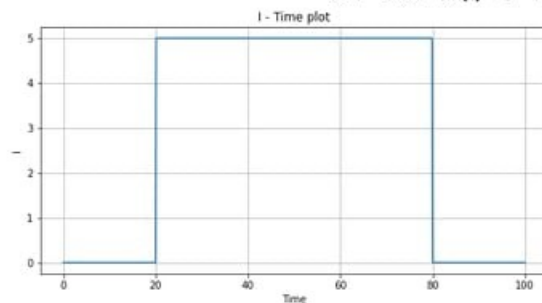
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1.5 a: 2 b: 30 tw: 8



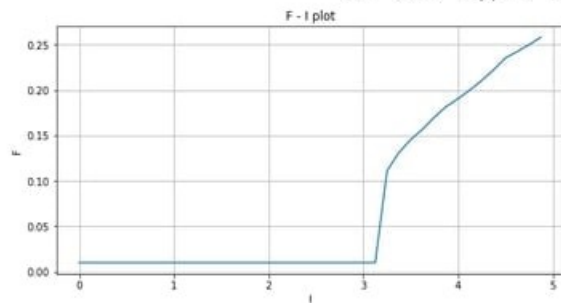
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1.5 a: 2 b: 30 tw: 8



#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1.5 a: 2 b: 30 tw: 8



در این مثال تابع جریان، یک جریان ثابت 5 را در بازه زمانی 20 تا 80 ثانیه به مدل وارد کرده است

در ابتدا پتانسیل در حالت استراحت قرار دارد و با افزایش جریان، افزایش میابد تا به آستانه برسد و اسپایک اول را بزند

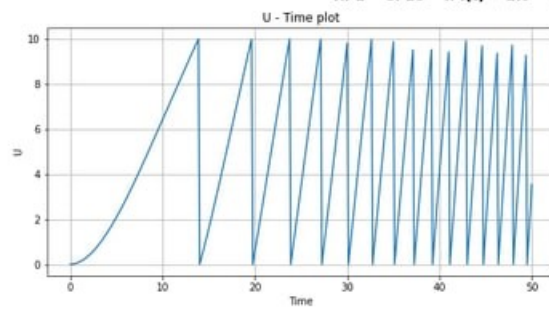
پس از اسپایک اول به دلیل سازگاری مدل در لحظه اسپایک، پتانسیل با تاخیر نسبت به حالت قبل شروع به افزایش میکند

در طی زمان این روند ادامه داشته و فاصله بین اسپایک ها بیشتر میشود تا وقتی جریان ناگهان قطع شود و افت پتانسیل شدیدی

به دلیل ضریب سازگاری رخ میدهد که با گذشت زمان پتانسیل دوباره به استراحت خود برمیگردد

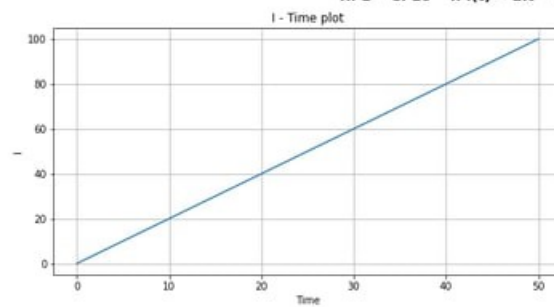
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 10 a: 2 b: 30 tw: 8



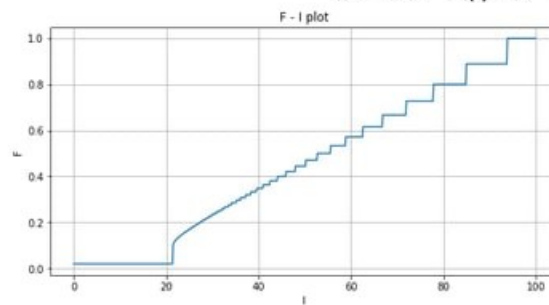
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 10 a: 2 b: 30 tw: 8



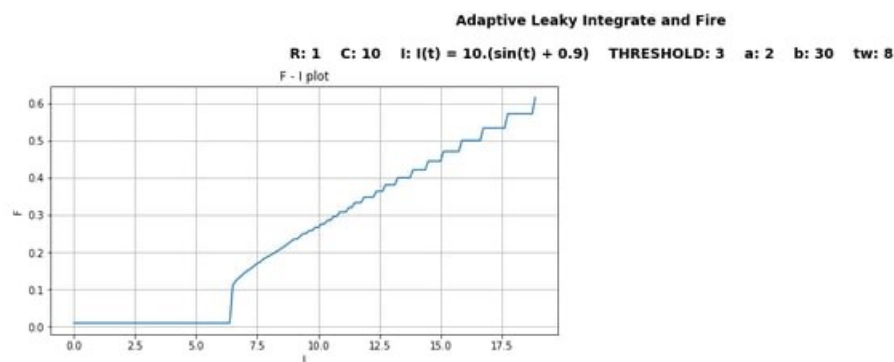
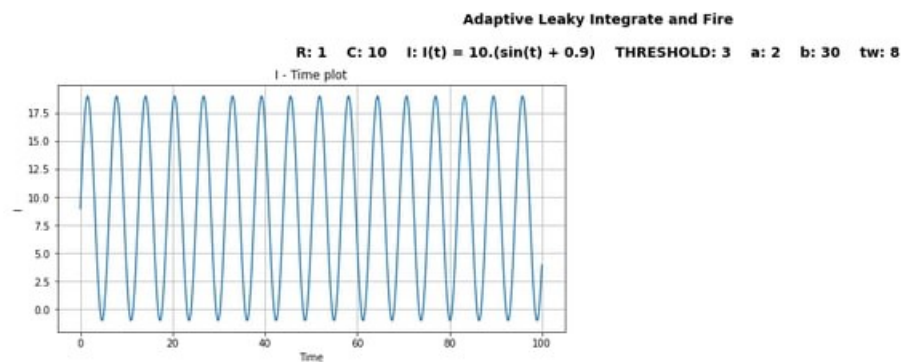
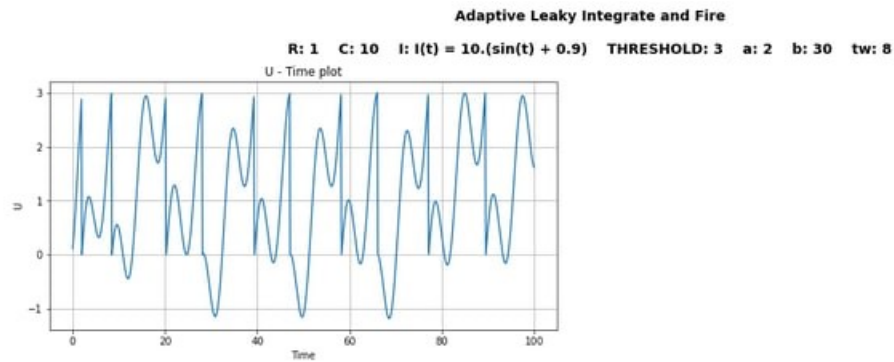
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2.t$  THRESHOLD: 10 a: 2 b: 30 tw: 8



در این مدل جریان خطی وارد مدل نورونی میشود و با گذشت زمان با ضریب ثابت 2 افزایش میابد

به همین دلیل در ابتدا بین اسپایک های نورون فاصله بیشتری وجود دارد و با گذشت زمان فاصله بین آنها کمتر میشود



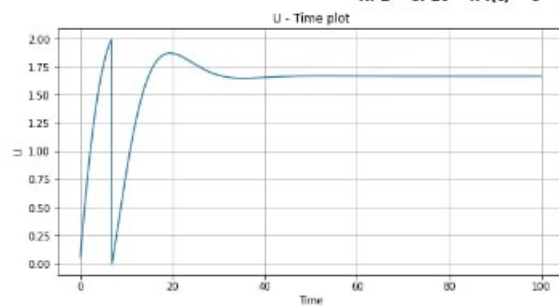
در این حالت مدل نوروئی جریان سینوسی دریافت میکند که در لحظاتی از زمان منفی هم هست  
مانند مدل نوروئی قبل، در این مدل هم زمان هایی که جریان منفی هستند، پتانسیل رو به کاهش است و زمان هایی که مثبت هستند  
پتانسیل رو به افزایش است

نکته قابل توجه درمورد این مثال این است که در لحظاتی که جریان نزولی است، ممکن است به دلیل ضریب سازگاری  
کاهش پتانسیل داشته باشیم با وجود اینکه جریان مثبت است



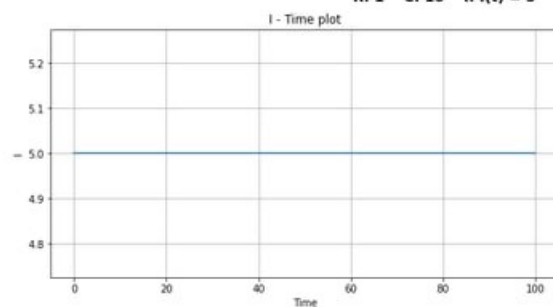
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



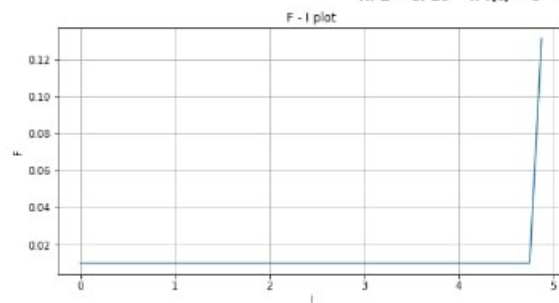
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



در این حالت جریان ثابت 5 در تمامی لحظات وارد مدل میشود

در ابتدا پتانسیل افزایش یافته، به آستانه میرسد و اسپایک میزند و ریست میشود

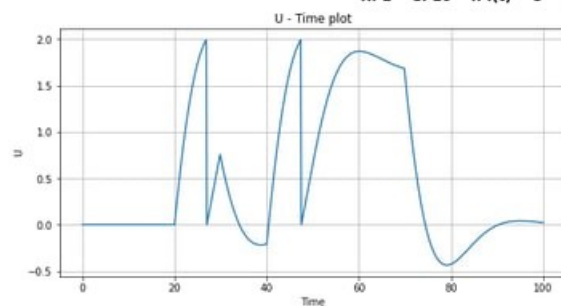
اما در ادامه پتانسیل افزایش میابد ولی به دلیل وجود ضریب سازگاری و تمایل مدل برای بازگشت به پتانسیل استراحت، پتانسیل

مانند مرحله اول رشد نمیکند و از یک جایی به بعد ثابت می ماند

اگر در این لحظه جریان قطع شود، پتانسیل به سمت استراحت حرکت میکند

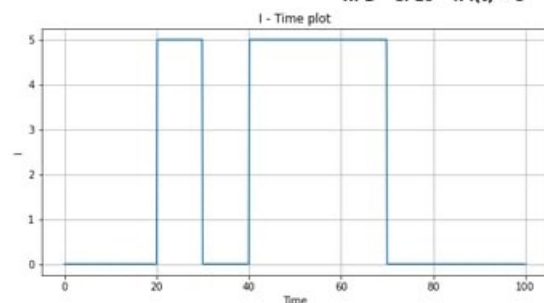
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



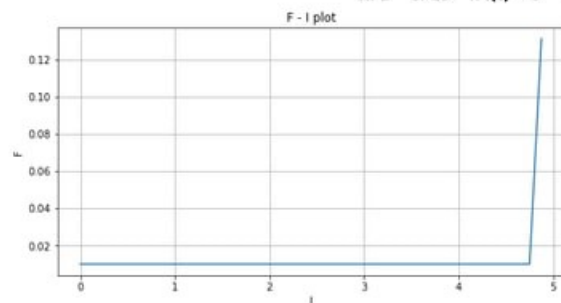
#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



در این قسمت جریان مرحله به مرحله وارد مدل میشود و در هر مرحله مقدار ثابت 5 دارد

در ابتدا پتانسیل افزایش یافته و نورون اسپایک میزند و ریست میشود و در ادامه پتانسیل افزایش میابد تا وقتی جریان مرحله اول

قطع بشود و پتانسیل رو به کاهش میرود تا به استراحت برگردد اما در لحظه 40 دوباره جریان وارد شده و پتانسیل

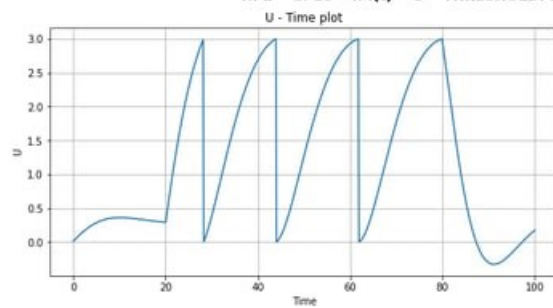
افزایش میابد و اسپایک میزند و ریست میشود و دوباره حین افزایش پتانسیل، جریان قطع میشود و کاهش میابد

سپس پتانسیل به سمت پتانسیل استراحت حرکت میکند

#### AELIF

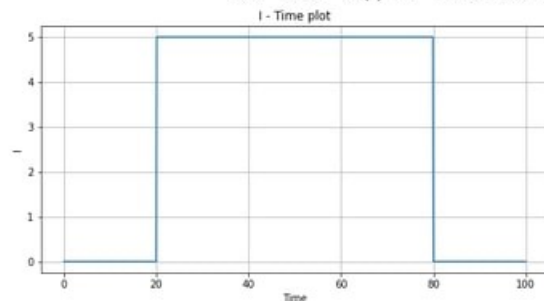
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



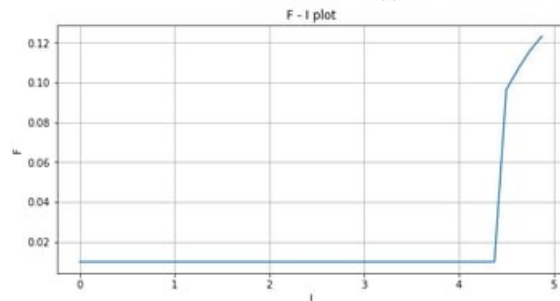
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

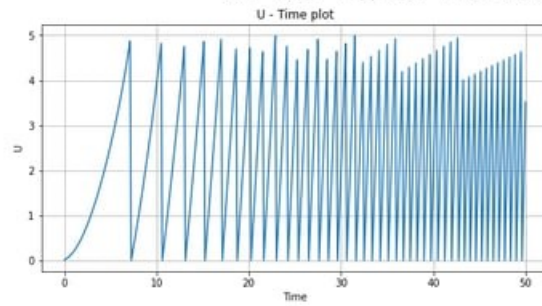
R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



در این مثال تابع جریان، یک جریان ثابت 5 را در بازه زمانی 20 تا 80 ثانیه به مدل وارد کرده است  
در ابتدا پتانسیل در حالت استراحت قرار دارد و با افزایش جریان، افزایش میابد تا به آستانه برسد و اسپایک اول را بزند  
پس از اسپایک اول به دلیل سازگاری مدل در لحظه اسپایک، پتانسیل با تاخیر نسبت به حالت قبل شروع به افزایش میکند  
در طی زمان این روند ادامه داشته و فاصله بین اسپایک ها بیشتر میشود تا وقتی جریان ناگهان قطع شود و افت پتانسیل شدیدی  
به دلیل ضریب سازگاری رخ میدهد که با گذشت زمان پتانسیل دوباره به استراحت خود برمیگردد

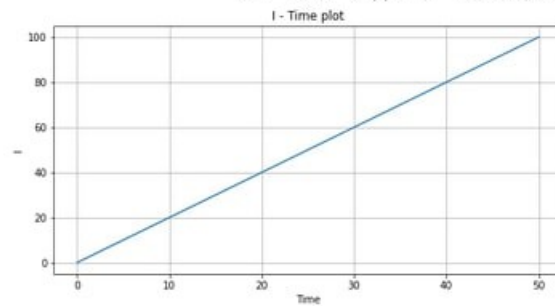
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2 \cdot t$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



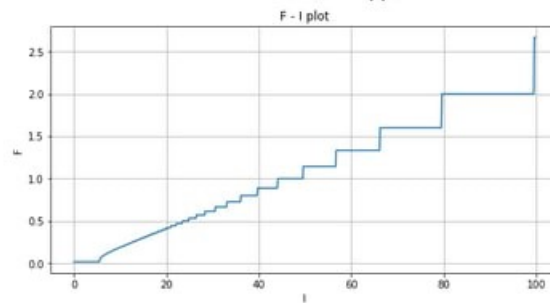
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2 \cdot t$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 2 \cdot t$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5

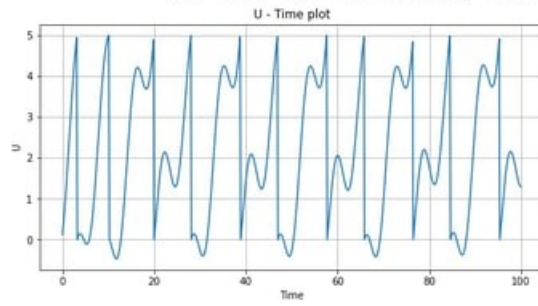


در این مدل جریان خطی وارد مدل نورونی میشود و با گذشت زمان با ضریب ثابت 2 افزایش میابد

به همین دلیل در ابتدا بین اسپایک های نورون فاصله بیشتری وجود دارد و با گذشت زمان فاصله بین آنها کمتر میشود

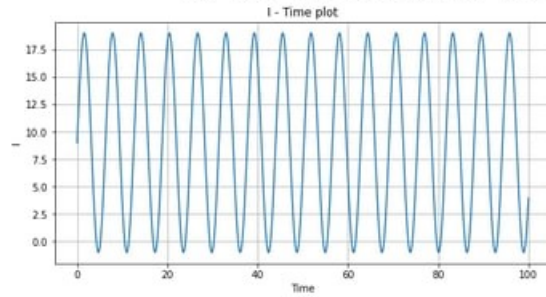
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 10.(\sin(t) + 0.9)$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



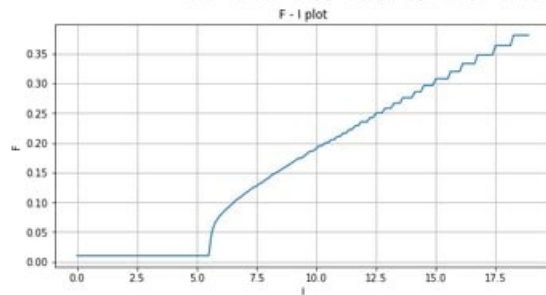
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 10.(\sin(t) + 0.9)$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 10.(\sin(t) + 0.9)$  THRESHOLD: 5 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



در این حالت مدل نوروئی جریان سینوسی دریافت میکند که در لحظاتی از زمان منفی هم هست

مانند مدل نوروئی قبل، در این مدل هم زمان هایی که جریان منفی هستند، پتانسیل رو به کاهش است و زمان هایی که مثبت هستند

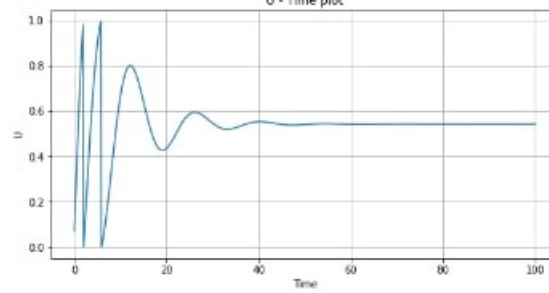
پتانسیل رو به افزایش است

نکته قابل توجه درمورد این مثال این است که در لحظاتی که جریان نزولی است، ممکن است به دلیل ضریب سازگاری

کاهش پتانسیل داشته باشیم با وجود اینکه جریان مثبت است

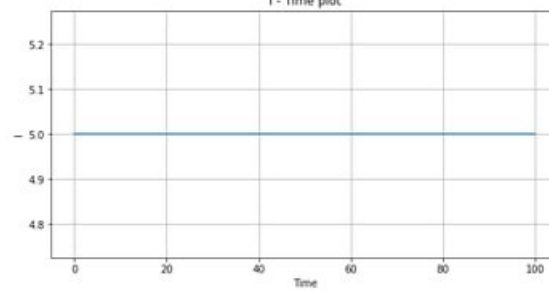
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 10 b: 2 tw: 5



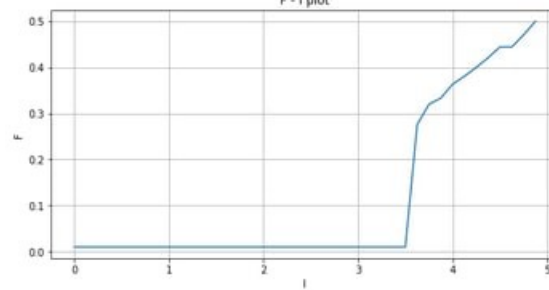
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 10 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 1 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 10 b: 2 tw: 5



در این حالت جریان ثابت 5 در تمامی لحظات وارد مدل میشود

در ابتدا پتانسیل افزایش یافته، به آستانه میرسد و اسپایک میزند و ریست میشود

سپس دوباره پتانسیل افزایش یافته و مدل اسپایک زده و ریست میشود

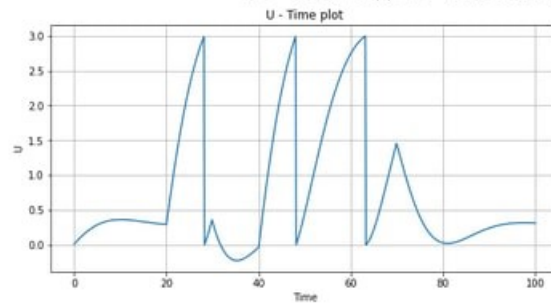
اما در ادامه پتانسیل افزایش میابد ولی به دلیل وجود ضریب سازگاری و تمایل مدل برای بازگشت به پتانسیل استراحت، پتانسیل

مانند مرحله اول رشد نمیکند و از یک جایی به بعد ثابت می ماند

اگر در این لحظه جریان قطع شود، پتانسیل به سمت استراحت حرکت میکند

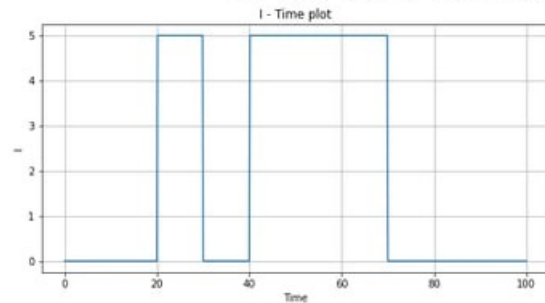
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



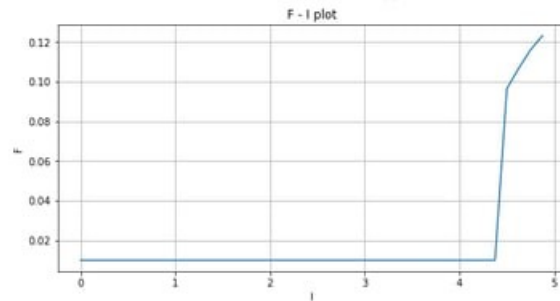
#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



#### Adaptive Exponential Leaky Integrate and Fire

R: 1 C: 10 I:  $I(t) = 5$  THRESHOLD: 3 THETA\_RH: 2 DELTA\_T: 2 a: 2 b: 2 tw: 5



در این قسمت جریان مرحله به مرحله وارد مدل میشود و در هر مرحله مقدار ثابت 5 دارد

در ابتدا پتانسیل افزایش یافته و نوروئ اسپایک میزند و ریست میشود و در ادامه پتانسیل افزایش میابد تا وقتی جریان مرحله اول

قطع بشود و پتانسیل رو به کاهش میرود تا به استراحت برگردد اما در لحظه 40 دوباره جریان وارد شده و پتانسیل

افزایش میابد و اسپایک میزند و ریست میشود و این روند ادامه پیدا میکند

تا دوباره حین افزایش پتانسیل، جریان قطع میشود و کاهش میابد

سپس پتانسیل به سمت پتانسیل استراحت حرکت میکند