



## عنوان: پیاده سازی مدل های LIF, ELIF, AELIF

### • ترسیم ها

- `plot_mv_ms` ترسیم ولتاژ در بازه زمان.
- `plot_current` ترسیم جریان ورودی در بازه زمان.
- `plot_internal_current` ترسیم جریان سازگار با زمان.

### • مدل LIF

هدف در این مدل آن است که در نوروں با دادن اسپایک بتوانیم پتانسیل آن را بالا ببریم تا **fire** کند و واکنش نشان دهد. اما این پتانسیل می تواند منفی هم بشود. همچنین ما باید بتوانیم بازه هایی برای این تغییرات هم تعریف کنیم.

#### ○ پارامترها

- `dt` یک واحد زمانی
- `tau`
- `threshold` پتانسیل آستانه
- `R` مقاومت نوروں
- `U_rest`
- `U_reset`
- `U_spike`
- `ref_time` زمان ریفتور نوروں
- `ref_priod` دوره ریفتور نوروں
- `U` آرایه ثبت ولتاژ
- `last_fired` آیا تا به حال **fire** اتفاق افتاده است یا خیر.
- `I` تابع جریان ورودی (برای هر لحظه)

## ○ توابع

در ابتدای کار مقادیر تعریف شده مان را مقدار دهی اولیه می‌کنیم.

در ادامه اجزای مختلف کلاس را می‌سازیم. تابع `du` در هر بازه زمانی مقدار پتانسیل را از فرمول زیر بدست می‌آورد:

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

تابع `fire` تغییراتی متناسب با فرمول `fire` را اعمال کرده و `last_fire` را `true` قرار می‌دهد. و در نهایت تابع

`simulate_one_step` است که به مدیریت جریان در یک بازه زمانی (یک `step`) می‌پردازد. به طوری که در ابتدا `du`

را محاسبه کرده و اگر در مرحله قبل `fire` بوده باشد، مقدار `U` را به `U_reset` تغییر داده و جریان به همراه پتانسیل را بر

می‌گردانیم. در هر مقطعی هم اگر مقدار پتانسیل از `threshold` بیشتر شود `fire` می‌کند و ...

## ○ آزمایش‌ها

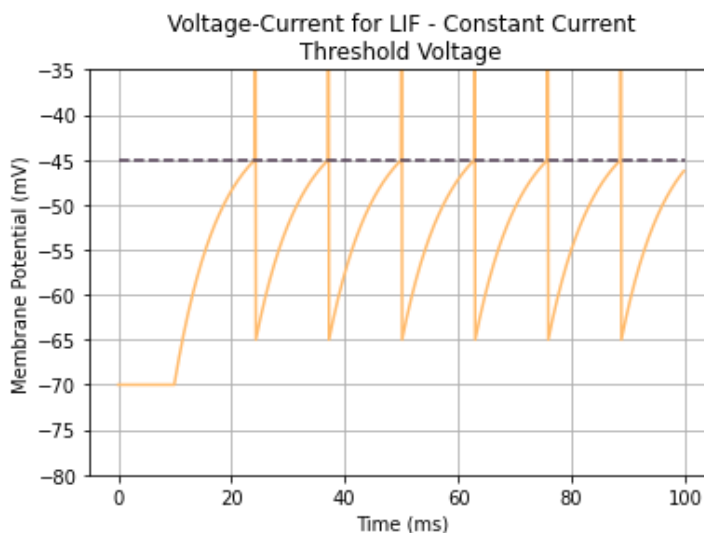
جریان‌ها با توابع در نظر گرفته شده محاسبه می‌شوند و در یک `for` هر بازه زمانی از جریان به تابع `simulate` ارسال

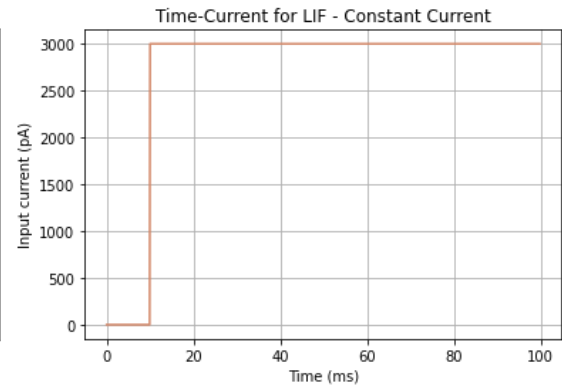
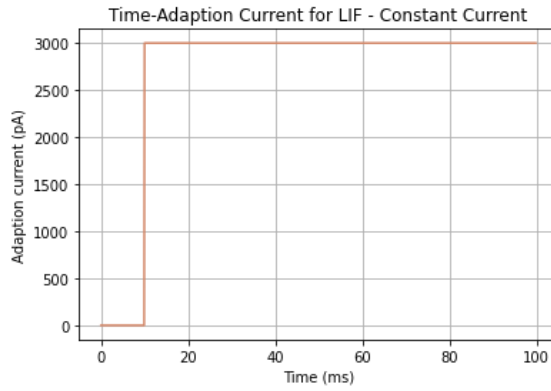
می‌شود. پتانسیل بازگشتی را در یک لیست و جریان بازگشتی را در لیست دیگری ذخیره می‌کنیم. پتانسیل ذخیره شده در

بازه زمان (`Voltage-Current`)، جریان بازگشتی در بازه زمان (`Time-Adaptive Current`)، جریان ورودی در بازه

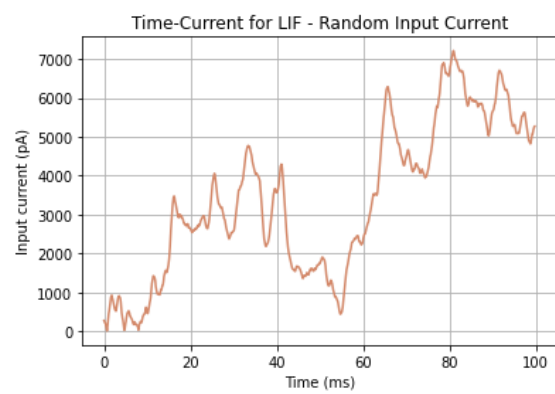
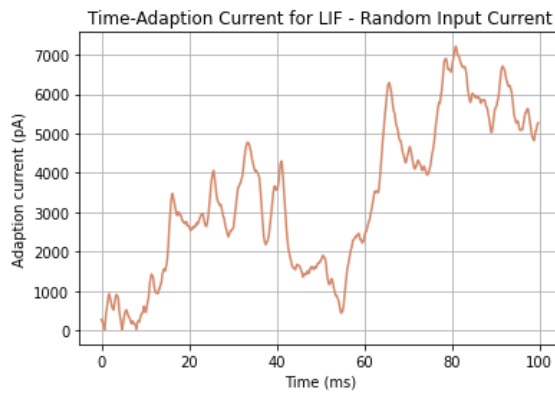
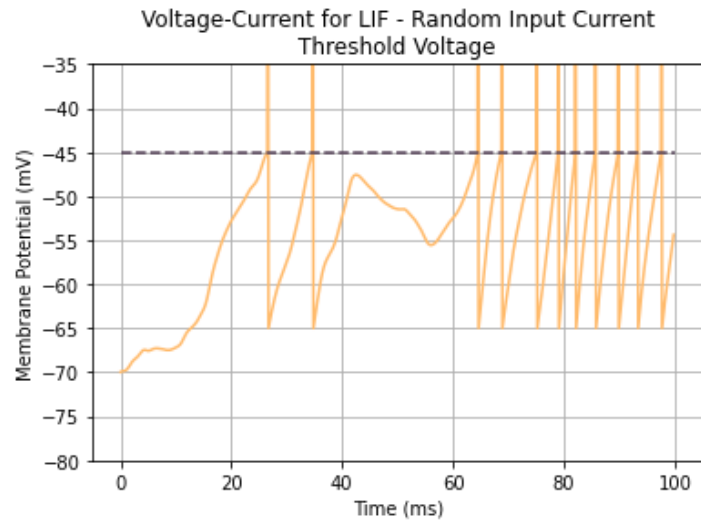
زمان (`Time-Current`) رسم می‌شوند.

### ▪ Constant current

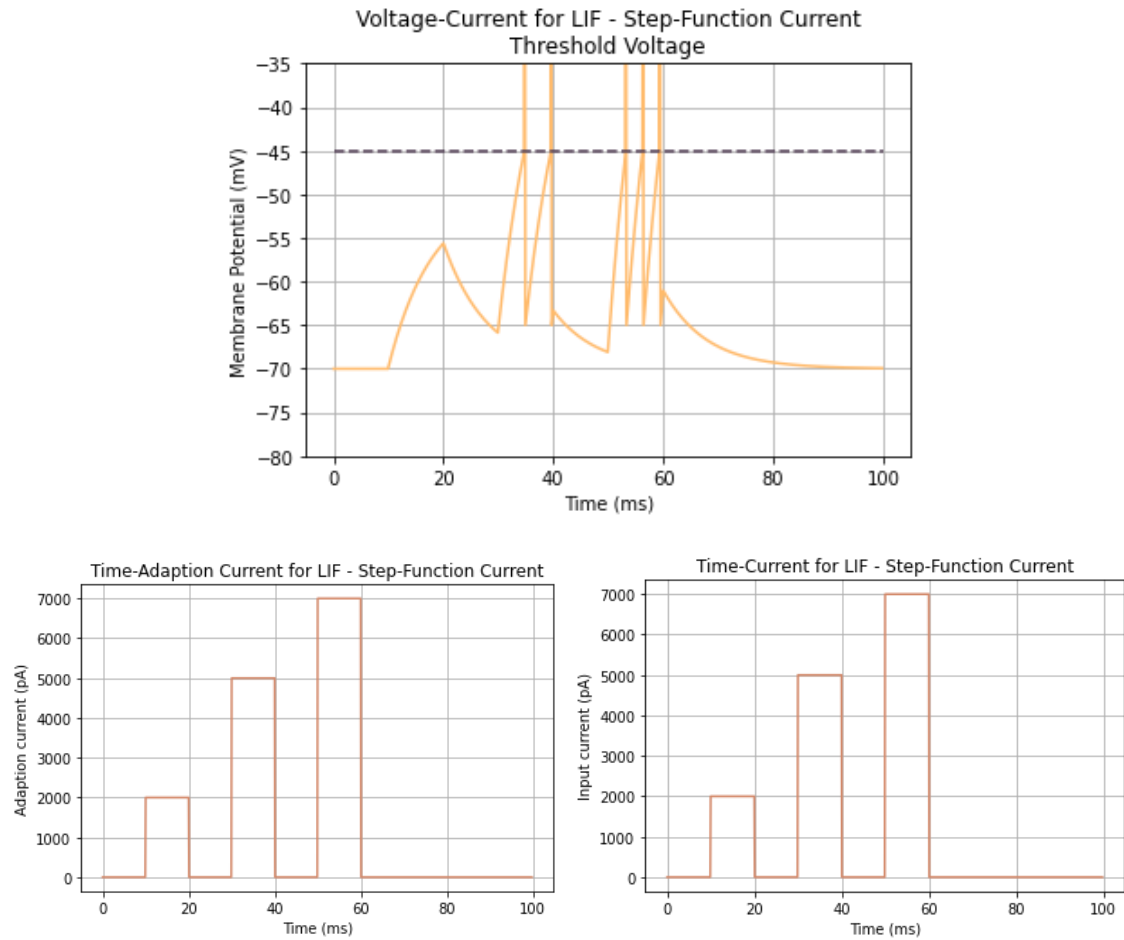




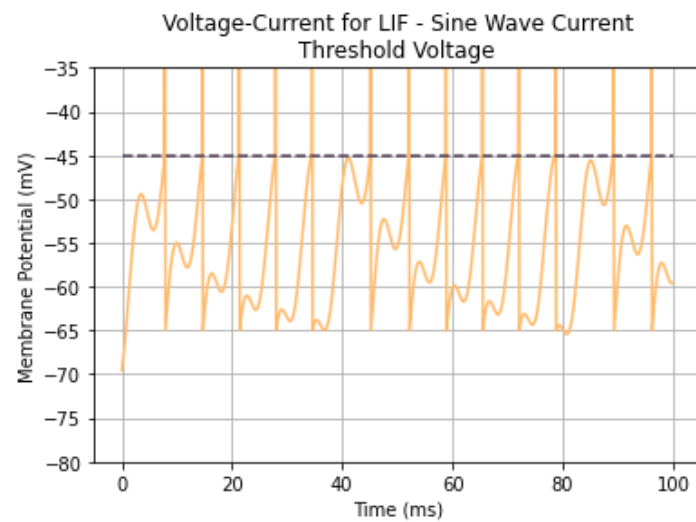
Random Input current ■

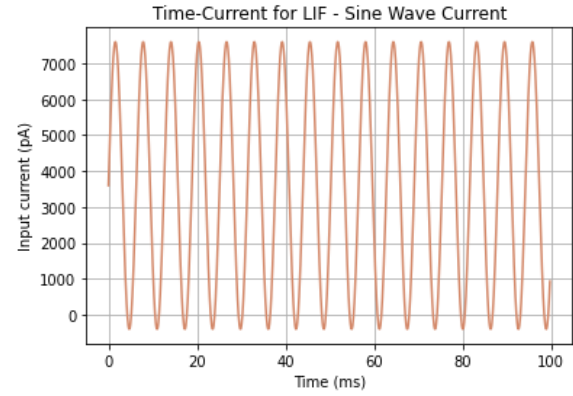
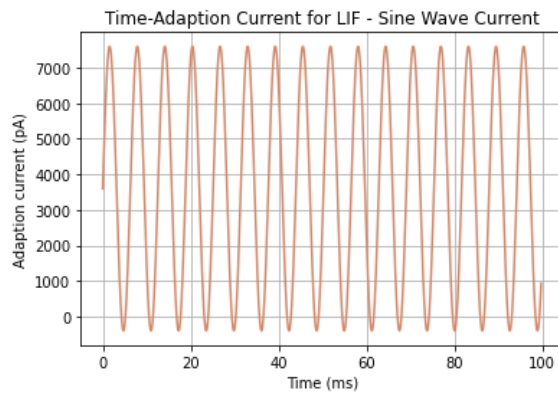


## Step-Function current ■

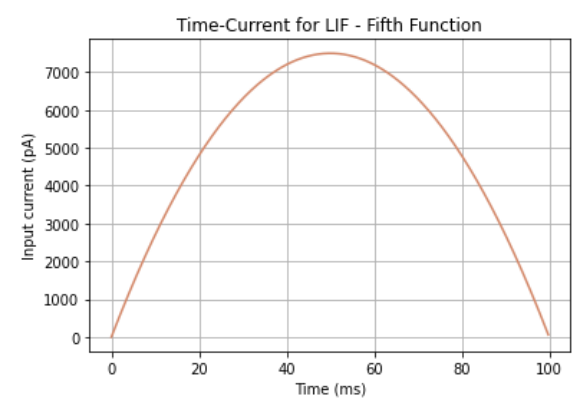
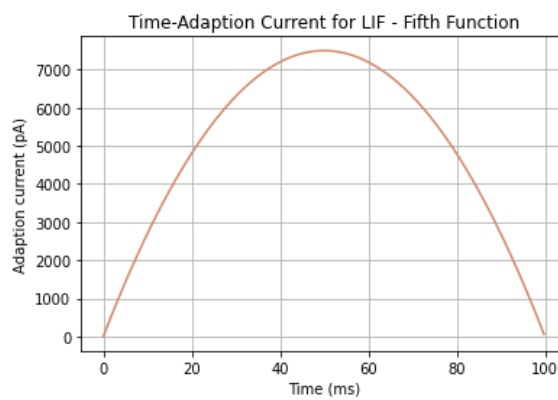
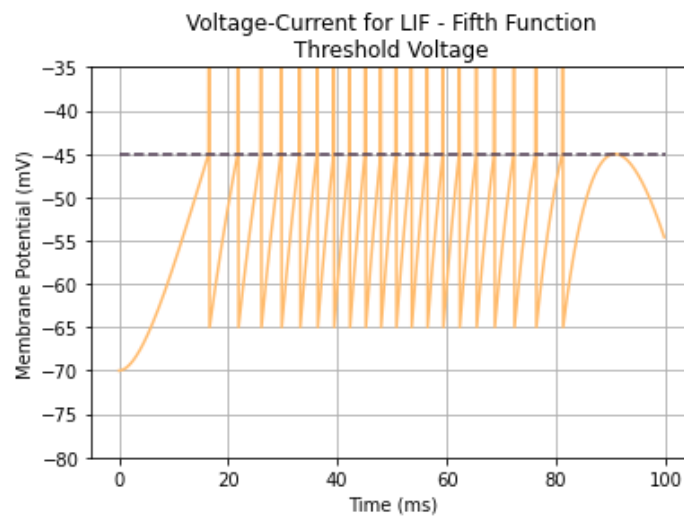


## Sine wave current ■





Fifth function ■



- مدل ELIF

- پارامترها

مدل ELIF از مدل LIF ایملمنت شده بنابراین همه متغیرهای آن را دارد به علاوه:

- $\theta_{rh}$

- $\Delta t$  آستانه شلیک

- توابع

همانطور که بیان شد مدل ELIF از مدل LIF ایملمنت شده است و همان توابع را دارد. تنها تفاوت مدل ELIF و LIF در

محاسبه تابع  $du$  است که از فرمول زیر بدست می آید:

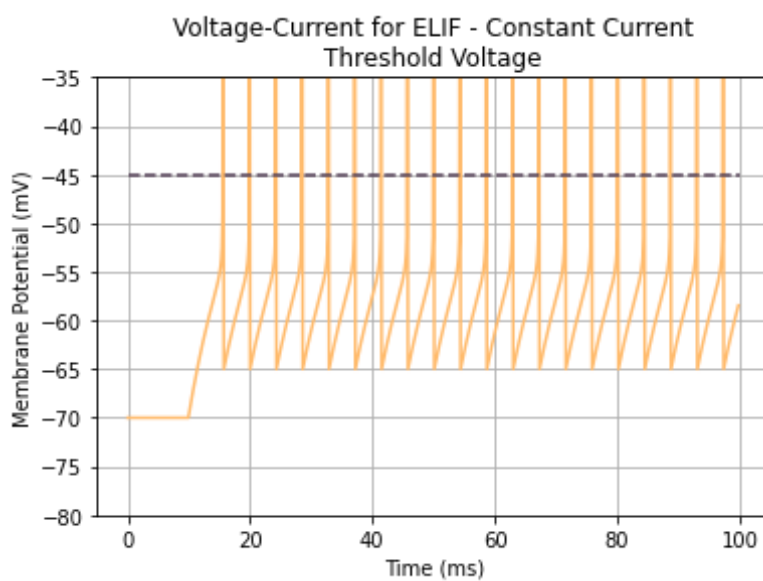
$$\tau \cdot \frac{du}{dt} = -(u - u_{rest}) + \Delta_T \exp\left(\frac{u - \theta_{rh}}{\Delta_T}\right) + R \cdot I(t)$$

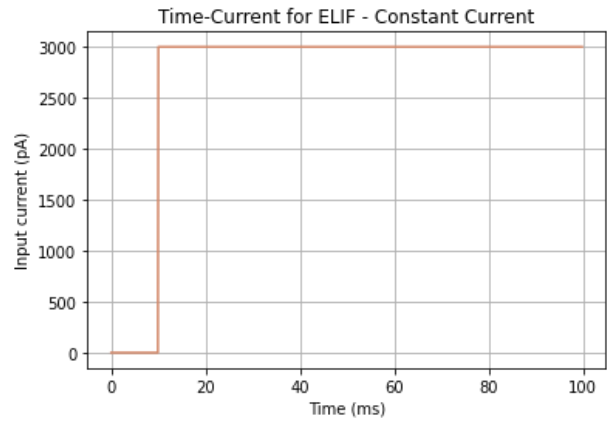
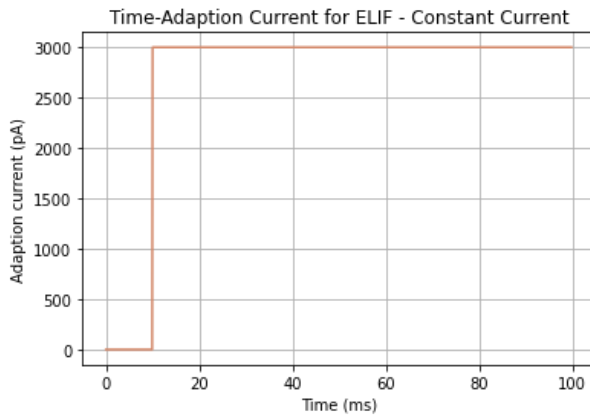
- آزمایشها

همانند مدل LIF، پتانسیل ذخیره شده در بازه زمان (Voltage-Current)، جریان بازگشتی در بازه زمان (Time-

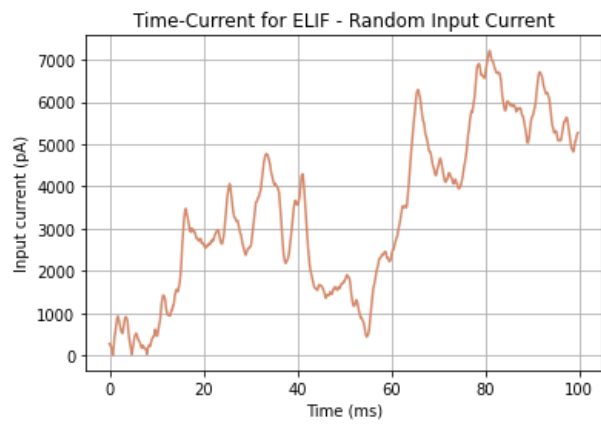
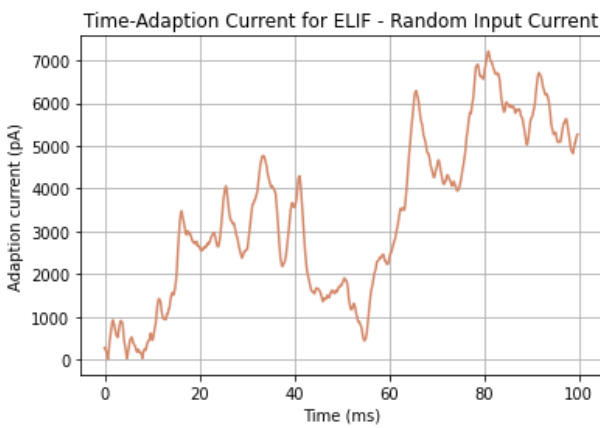
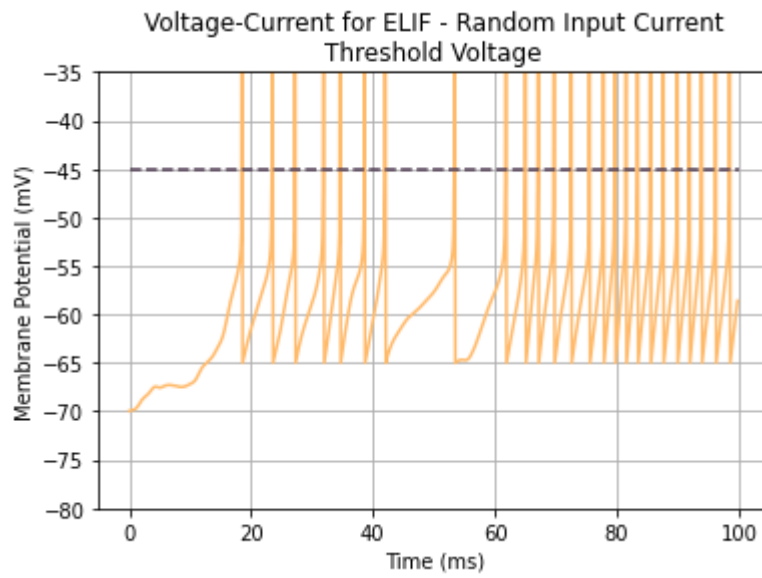
Adaptive Current)، جریان ورودی در بازه زمان (Time-Current) رسم می شوند.

- Constant current

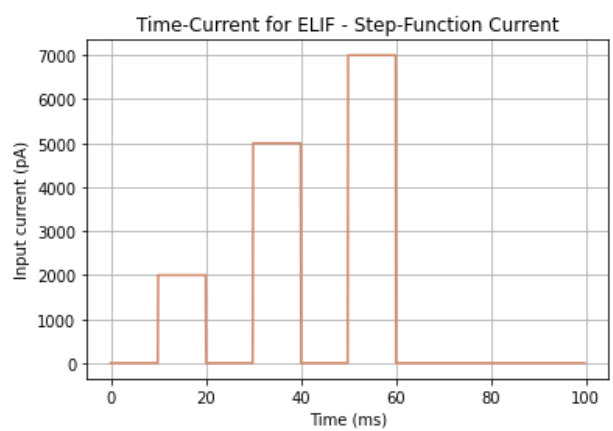
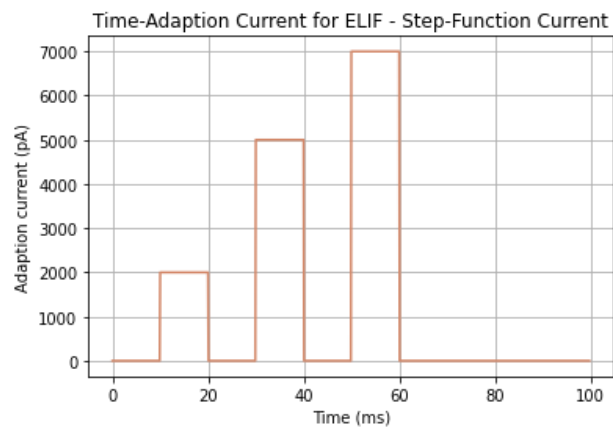
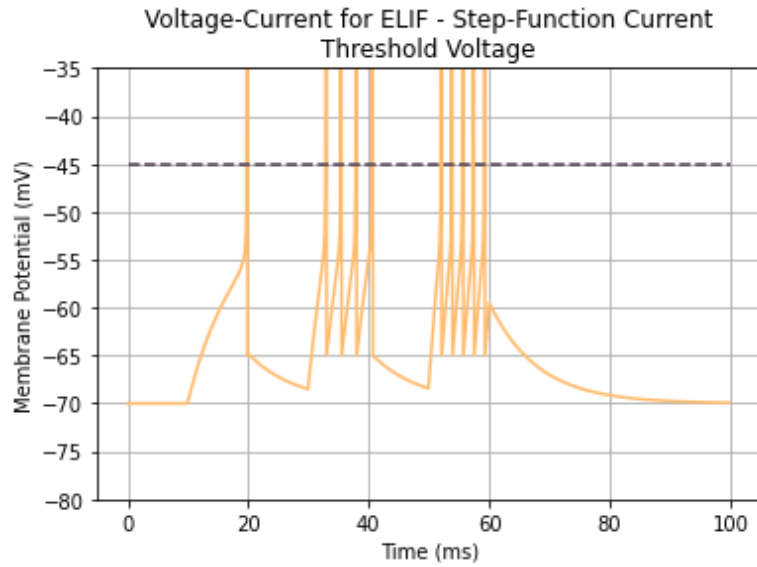




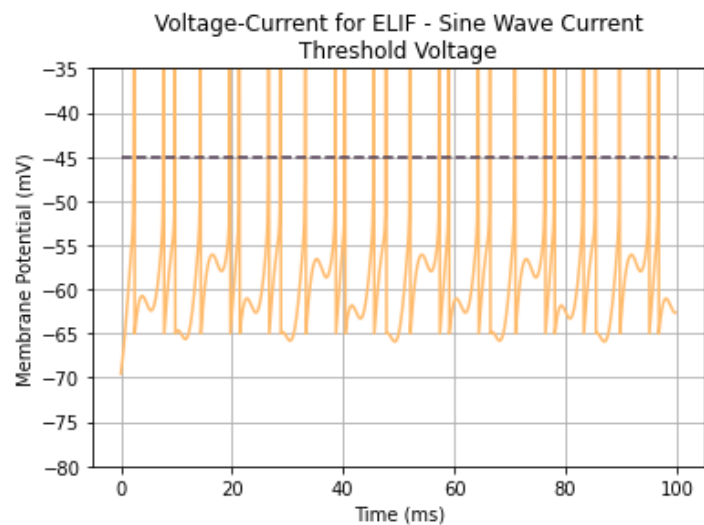
Random input current ■



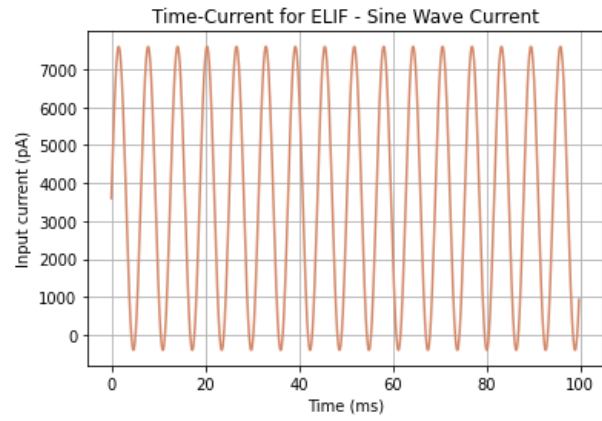
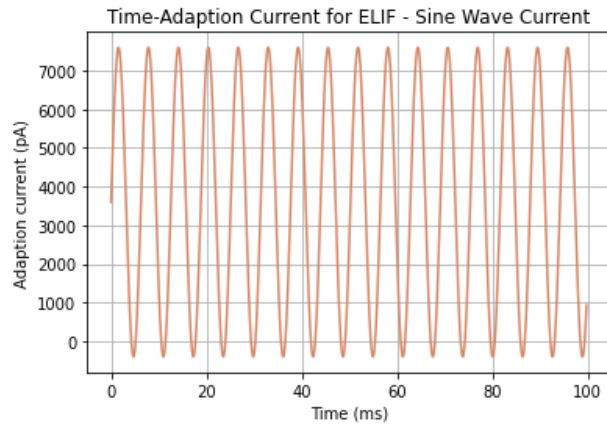
## Step-Function current ■



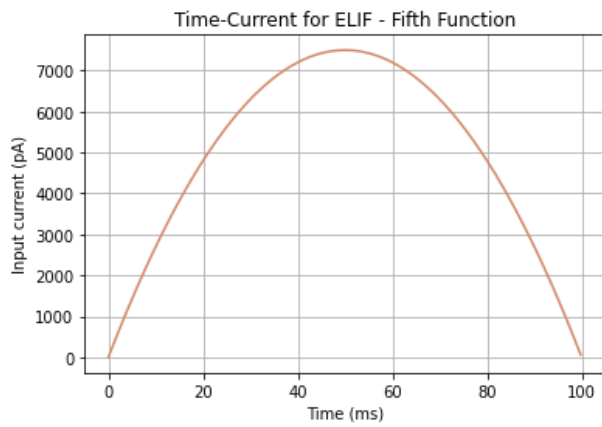
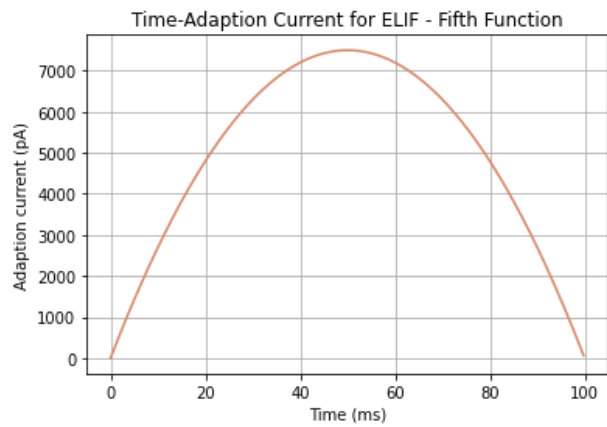
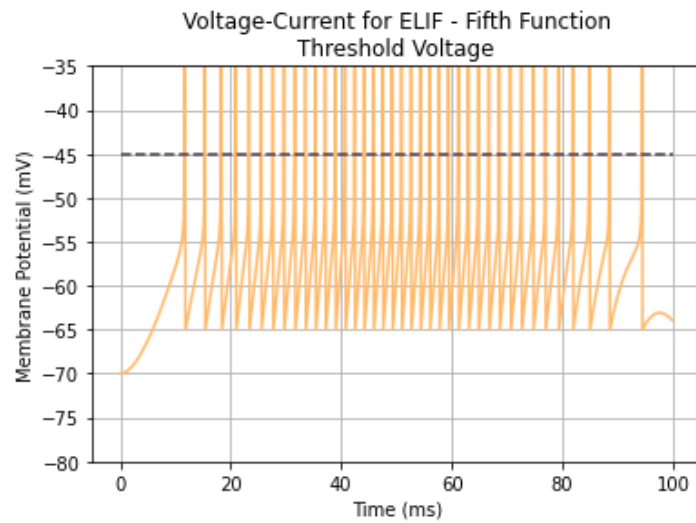
## Sine wave current ■







Fifth function ■



## • مدل AELIF

مدل AELIF از مدل ELIF ایمپلمنت شده بنابراین همه توابع و پارامترهای آن را نیز دارد.

○ پارامترها

علاوه بر پارامترهای مدل ELIF، پارامترهای زیر نیز در این مدل وجود دارند:

- a
- b
- tau\_k
- w\_k

○ توابع

تنها تفاوت این مدل با مدل ELIF در تابع  $du$  است که از فرمول زیر حساب می‌شود:

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

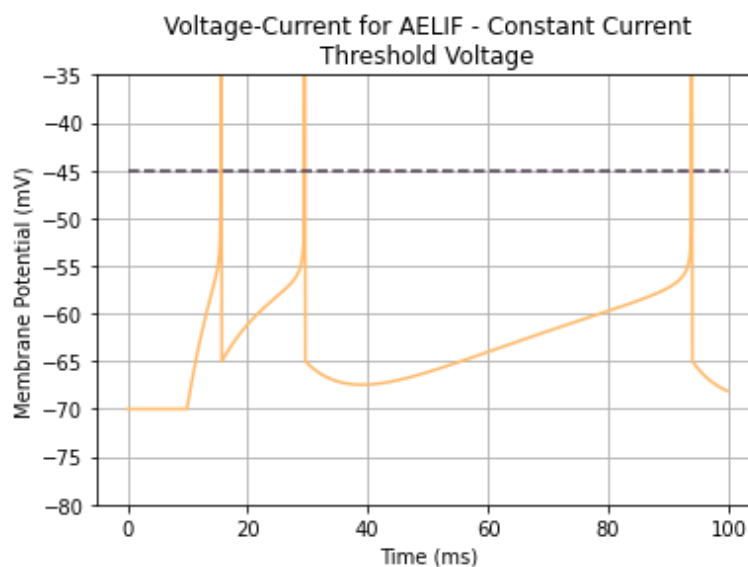
همچنین طبق فرمول‌ها مقدار  $w_k$  را بدست می‌آوریم.

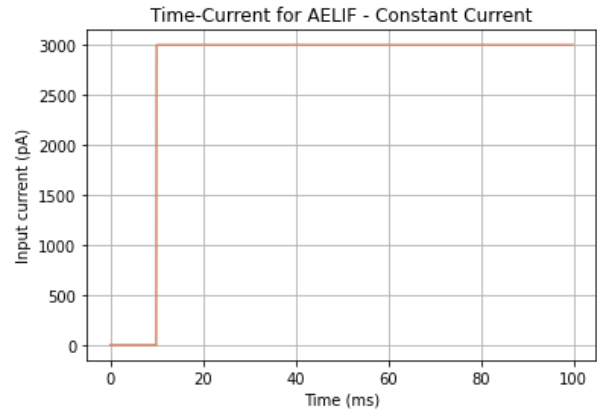
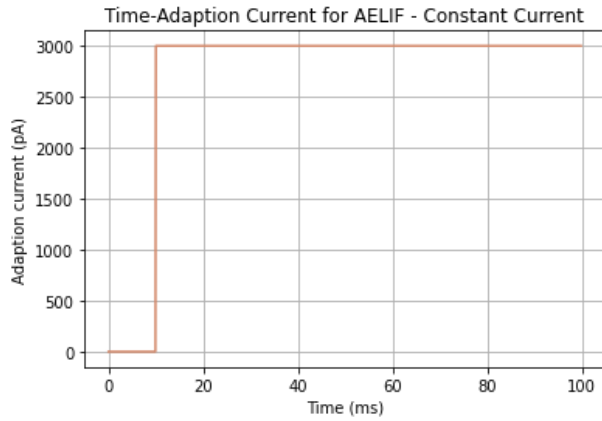
○ آزمایش‌ها

همانند مدل ELIF، پتانسیل ذخیره شده در بازه زمان (Voltage-Current)، جریان بازگشتی در بازه زمان (Time-)

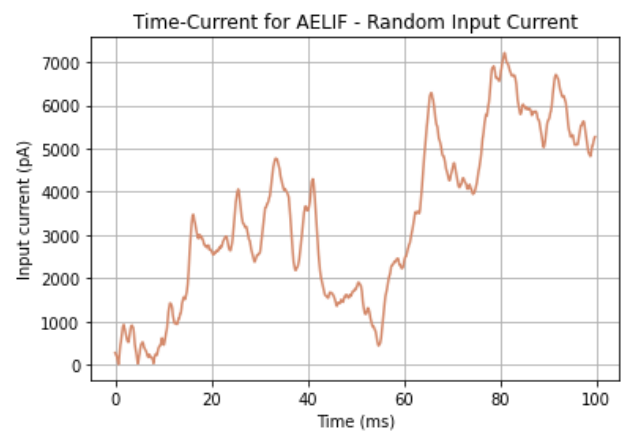
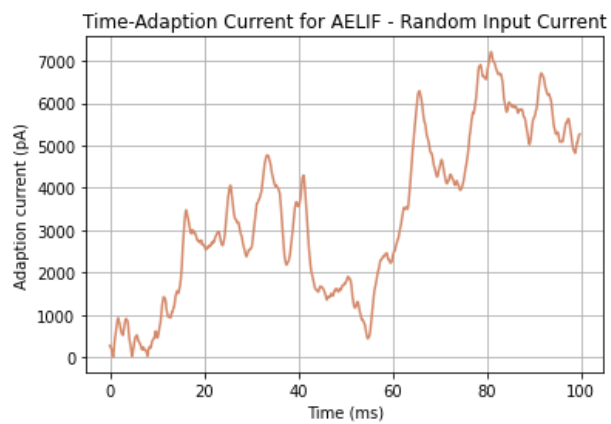
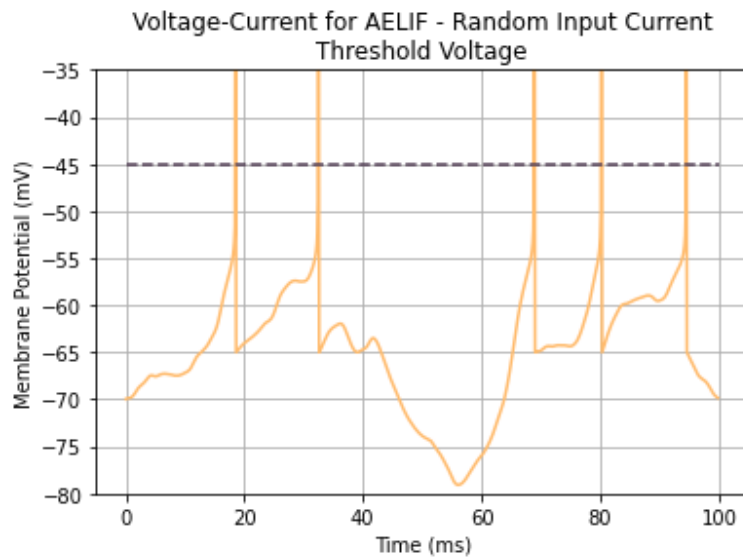
(Adaptive Current)، جریان ورودی در بازه زمان (Time-Current) رسم می‌شوند.

▪ Constant current

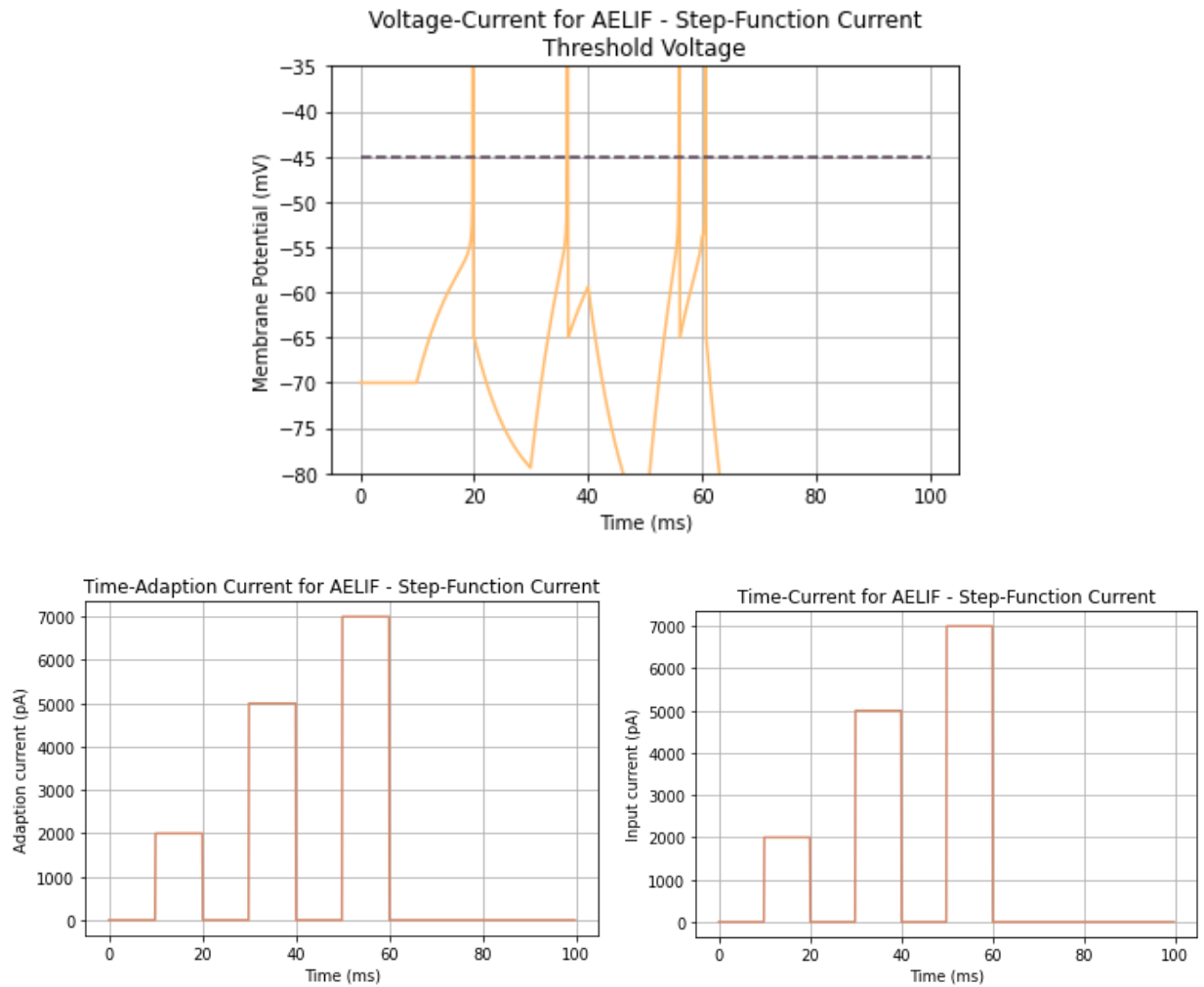




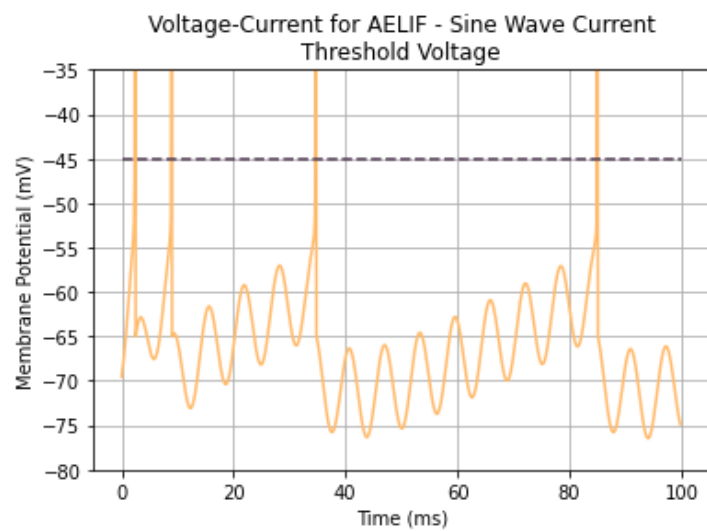
Random input current ■

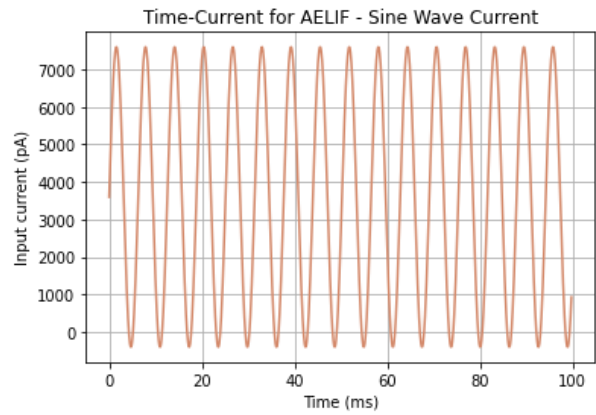
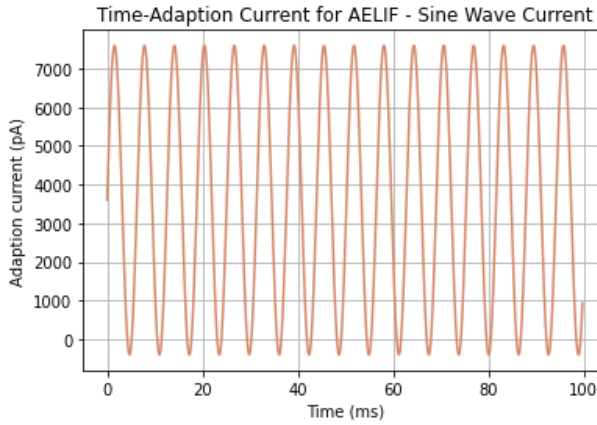


## Step-Function current ■



## Sine wave current ■





Fifth function ■

