

گزارش تمرین اول درس علوم اعصاب محاسباتی

امیرحسین میرزاده، ۹۶۲۲۲۰۸۲

در این تمرین، مدل‌های LIF، ELIF، ALIF، AELIF پیاده‌سازی شده‌اند. از آنجا که روند پیاده‌سازی و نتیجه‌گیری در مدل‌ها تقریباً یکسان است، فقط به شرح مدل اول پرداخته شده و برای مدل‌های بعدی، تفاوت‌های آن با مدل اول ذکر می‌شود.

۵ تابع جریان مختلف (بازه‌ای، خطی، سینوسی، ثابت و گامی) به مدل داده می‌شود.

معادلات پیاده‌سازی شده:

Leaky Integrate-and-Fire model

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

$$\text{if } u(t) = \theta \Rightarrow \text{Fire + Reset } (u = u_{reset}) \quad \text{Threshold}$$

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

از کتابخانه‌های numpy برای مرتب کردن و داشتن ساختار داده مناسب، از pyplot برای رسم نمودارها و از math برای پیاده‌سازی محاسبات استفاده شده است.

کلاس LIF با آرگومان‌های زمان، گام‌های زمانی، تابع جریان، پتانسیل استراحت، مقاومت مدار، ظرفیت خازن و آستانه پتانسیل ساخته می‌شود. داخل

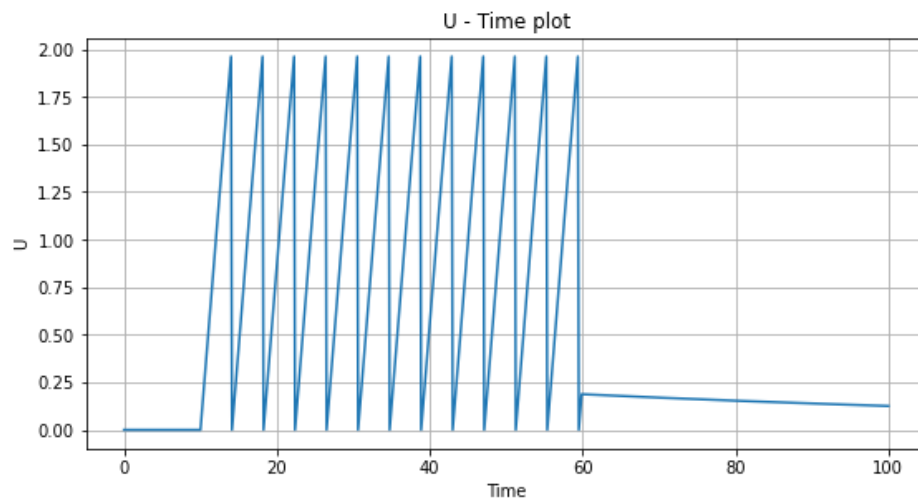
این کلاس، تابع spike_time برای بازگرداندن زمان اسپایک‌ها به ازای تابع جریان داده شده است. تابع init_u که خودکار انجام می‌شود، برای داشتن

پتانسیل‌ها به ازای تایم‌های مختلف است. تابع plot نیز برای رسم نمودارهای جریان زمان، پتانسیل زمان، و فرکانس زمان به کار می‌رود.

ابتدا تاثیر تغییر مقاومت در مدار (نورون) خود را بررسی می‌کنیم:

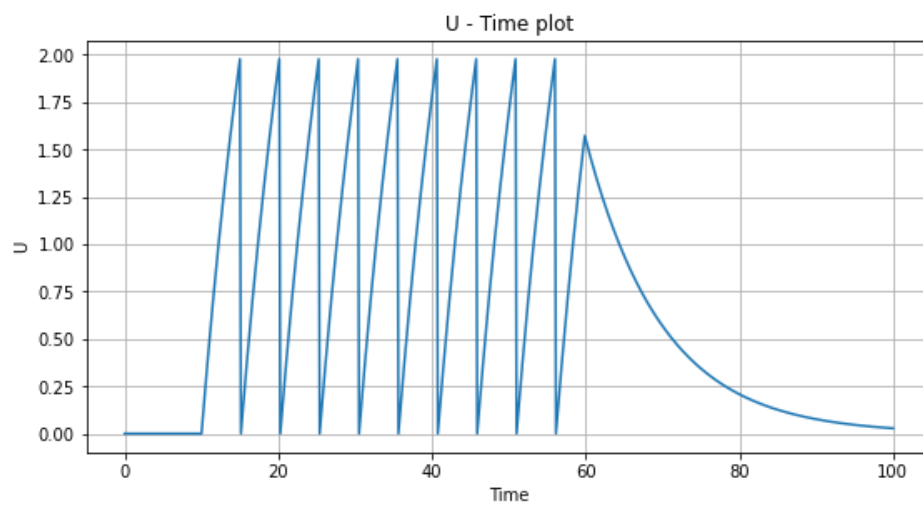
LIF MODEL

R: 10 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



LIF MODEL

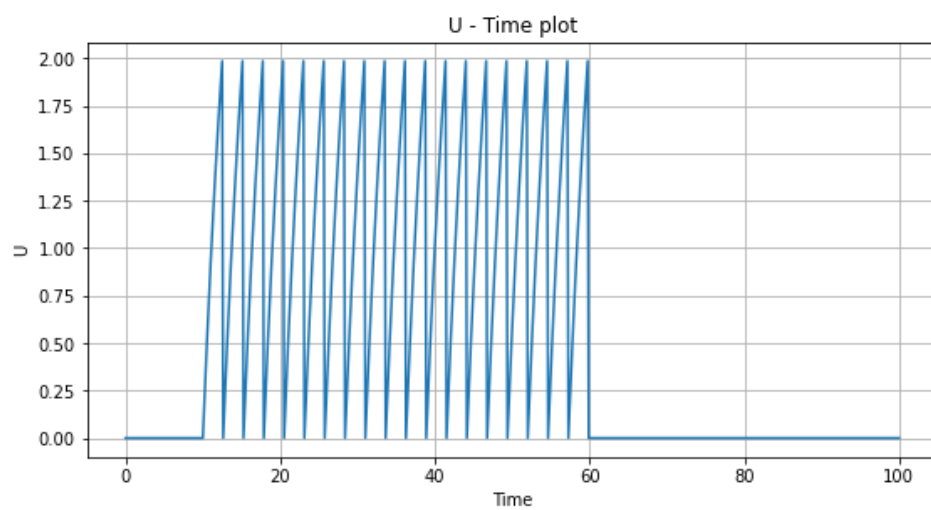
R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



سپس تاثیرات تغییر ظرفیت خازن را بررسی می‌کنیم.

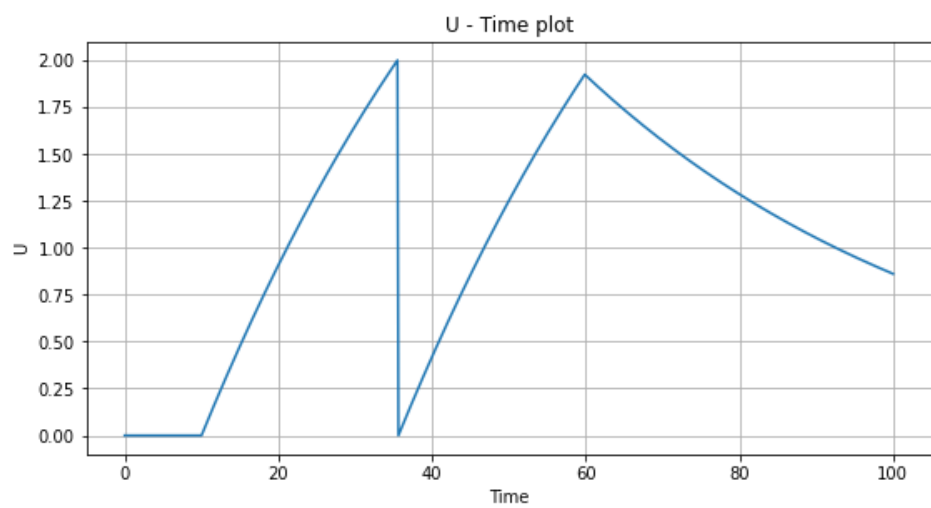
LIF MODEL

R: 1 C: 5 I: None THRESHOLD: 2



LIF MODEL

R: 1 C: 50 I: None THRESHOLD: 2

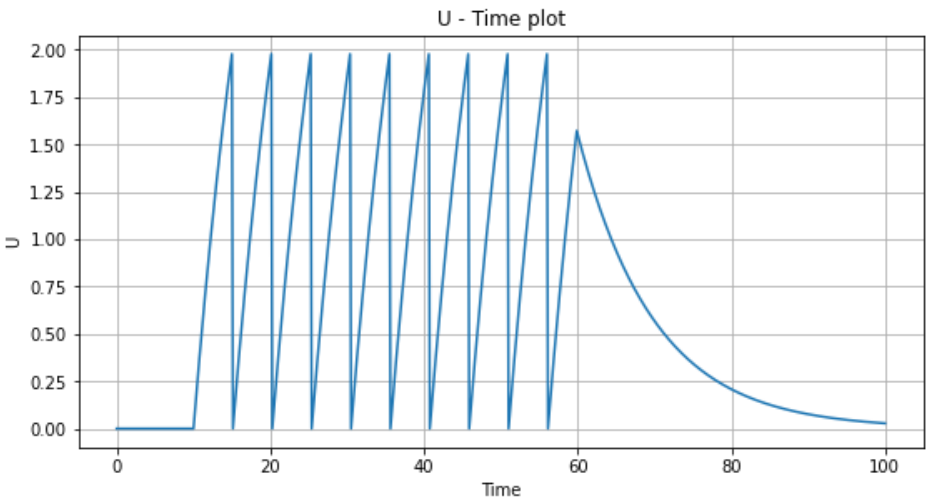


ظرفیت بالای خازن نشان‌دهنده آستانه بالاتر است و به همین علت، اسپایک‌های کمتری مشاهده می‌شود.

حال به بررسی مدل LIF با تابع جریان‌های مختلف می‌پردازیم.

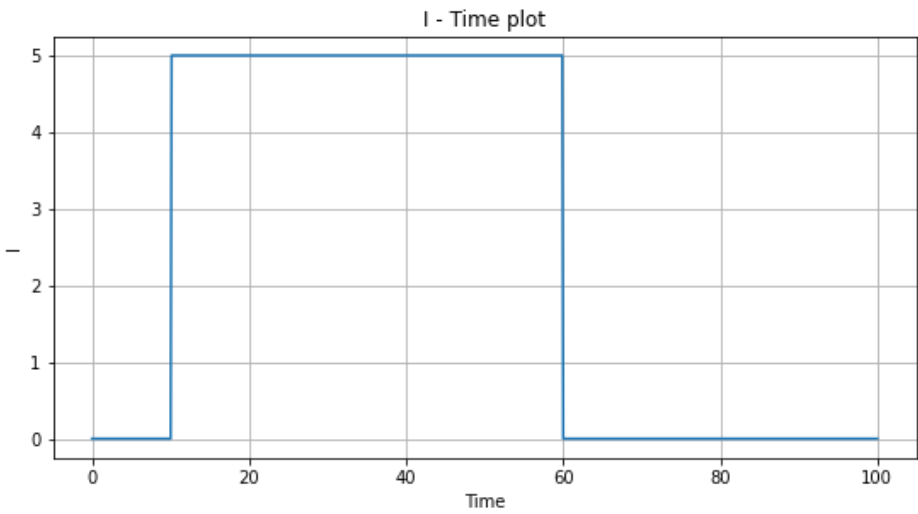
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



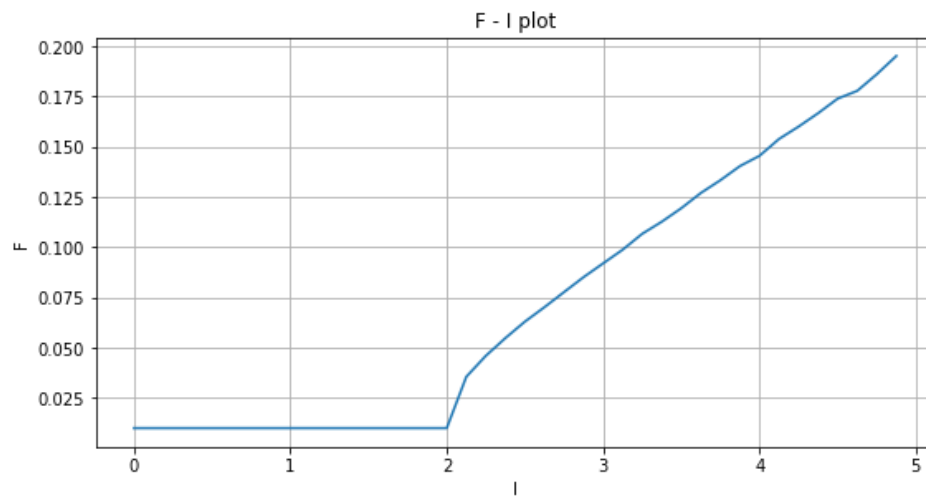
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2

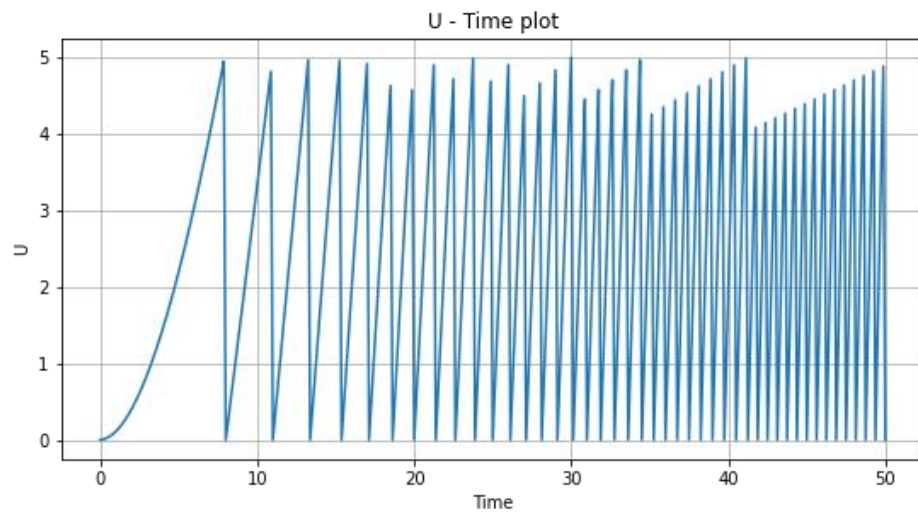


در این مورد جریان به صورت جریان ثابت ۵ در بازه زمانی ۱۰ تا ۶۰ وارد می‌شود. تا ثانیه ۱۰ در حالت استراحت قرار داریم. پس از ثانیه ۱۰،

جریان وارد شده، مدل پس از مدتی به پتانسیل آستانه می‌رسد و سپس سپس ریست می‌شود و به حالت استراحت بازمی‌گردد.

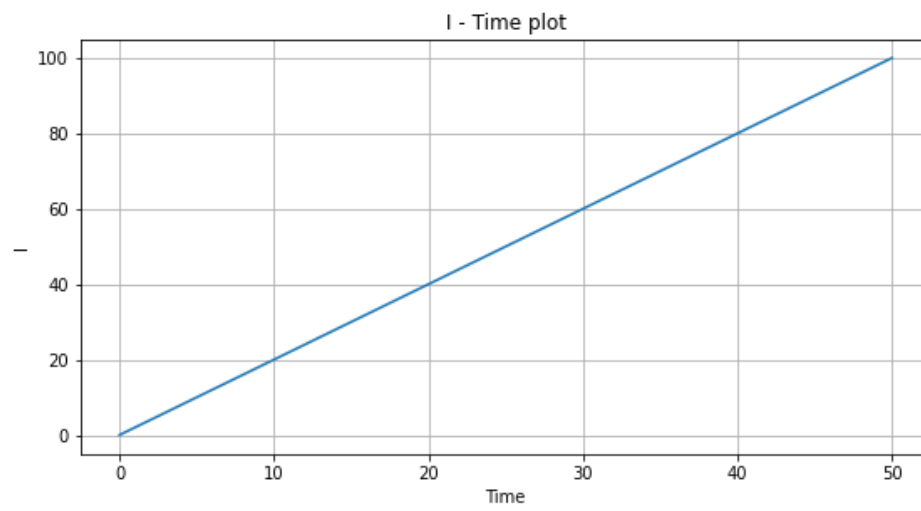
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5



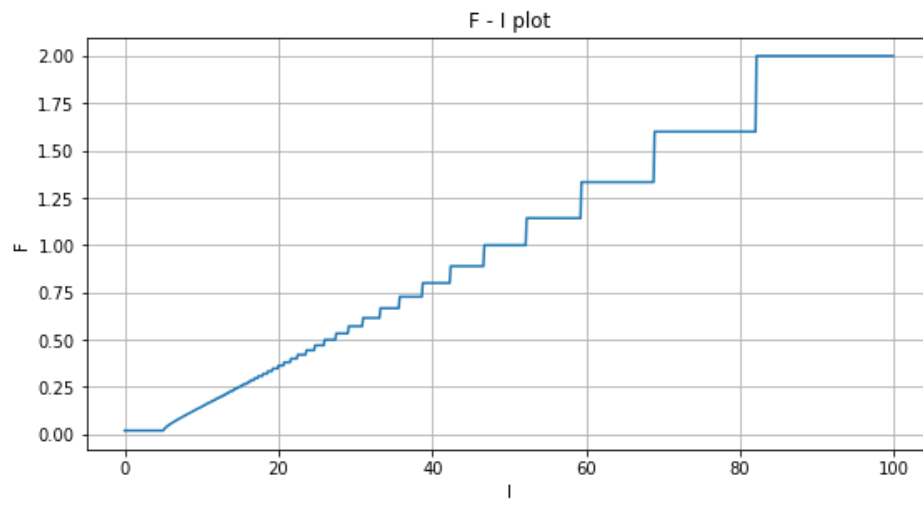
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5



LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5

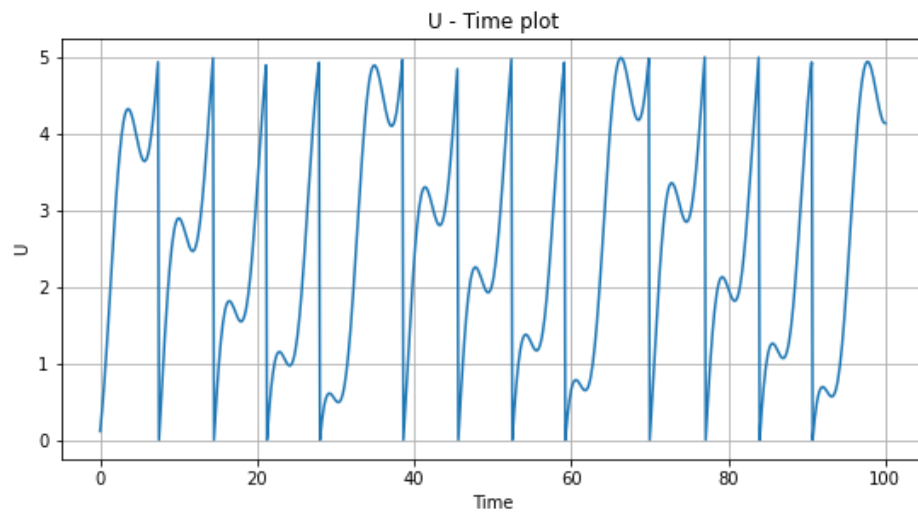


در این مدل، تابع جریان به صورت خطی با شیب خط ۲ وارد مدل شده، و پس از گذشتن از حالت استراحت، چون جریان با شیب ۲ زیاد می‌شود

فاصله اسپایک‌ها به مرور کاهش یافته و فرکانس آن‌ها افزایش می‌یابد.

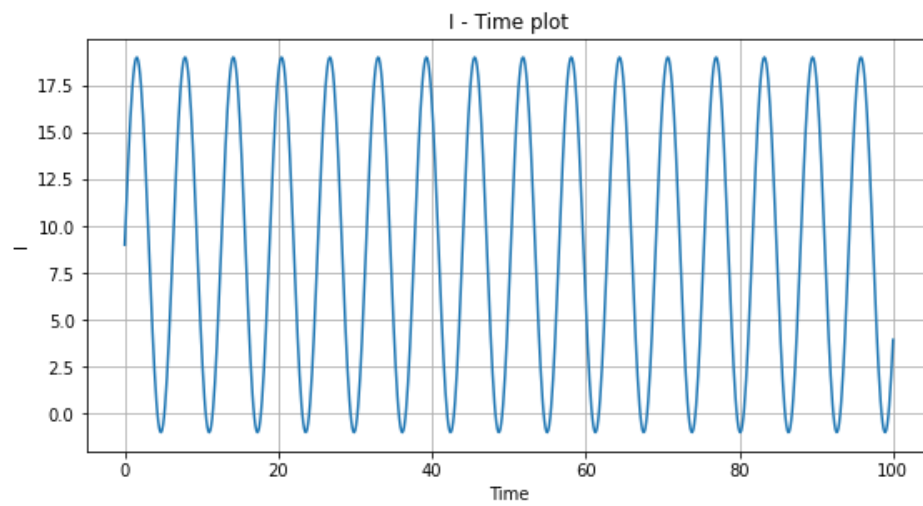
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5



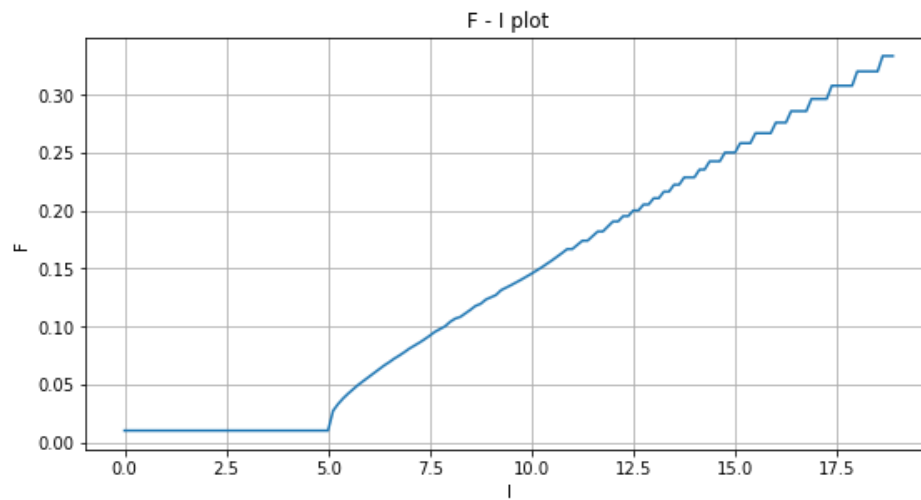
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5



LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 5



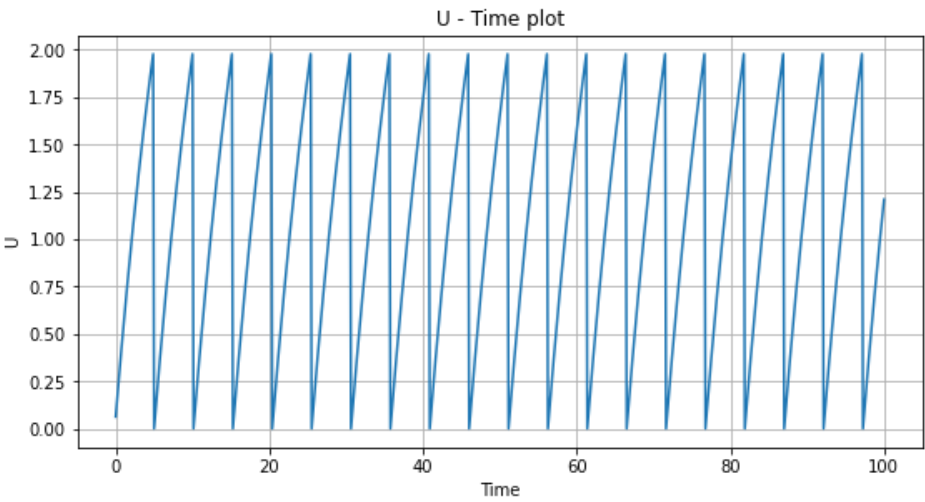
در این حالت، تابع جریان ما سینوسی است. پتانسیل ابتدا در حالت استراحت است، سپس افزایش می‌یابد و در جایی که جریان منفی می‌شود، کاهش

پیدا می‌کند. دوباره با مثبت شدن جریان، به آستانه می‌رسد تا اسپایک بزند و سپس ریست شود. در لحظاتی که جریان مثبت است، حالت صعودی

دارد و پتانسیل سریع‌تر به حالت آستانه می‌رسد.

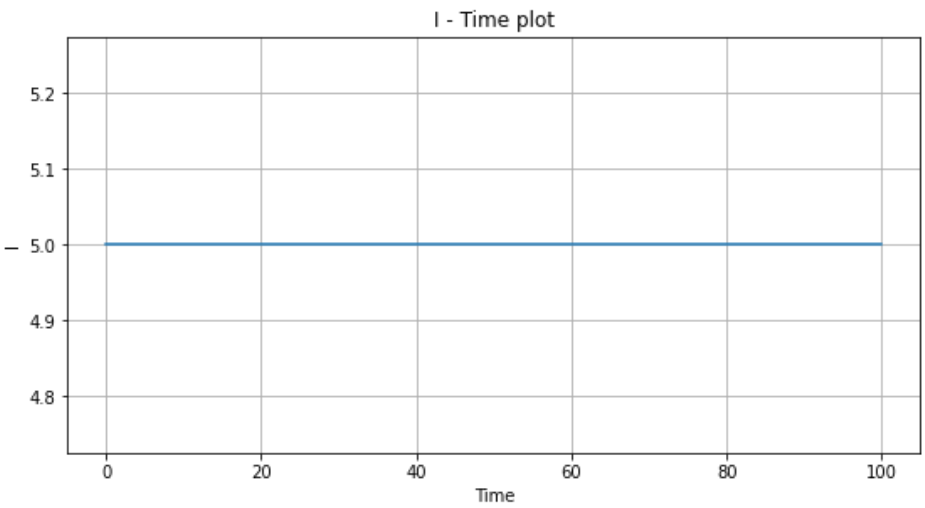
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



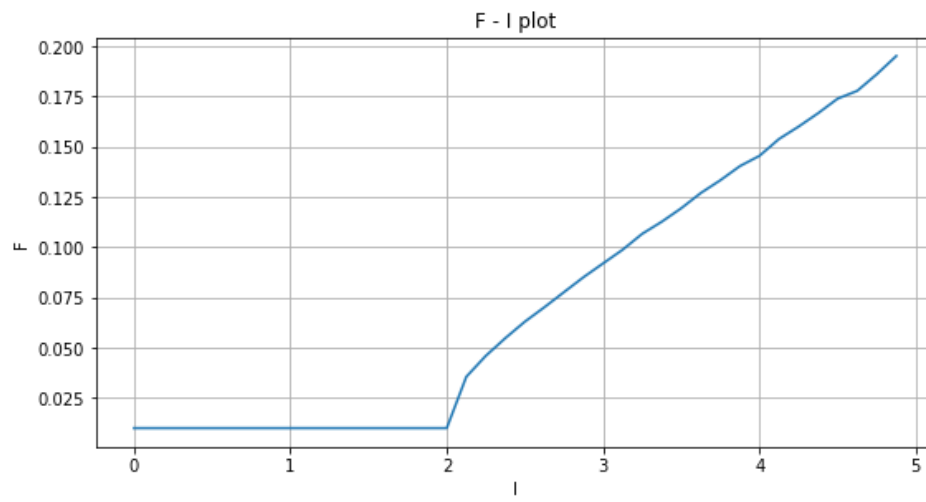
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



LIF MODEL

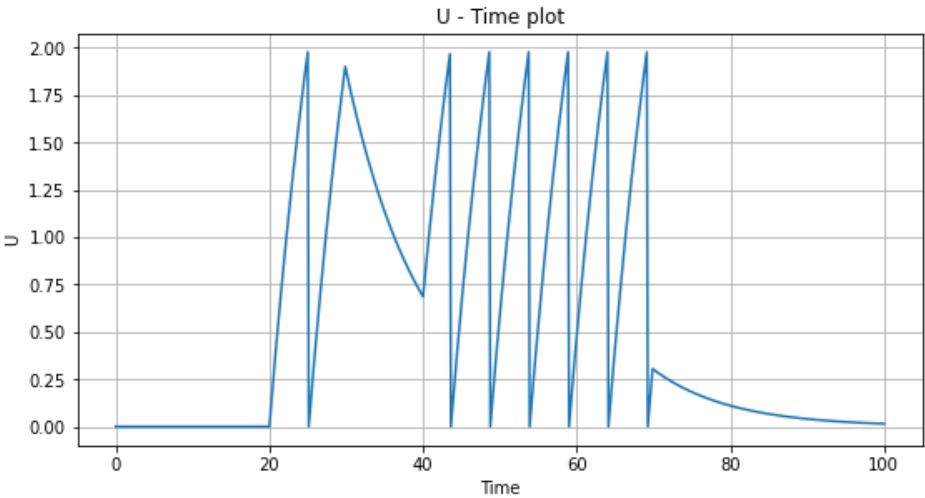
R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



در این حالت، جریان در تمام مدت زمان، ۵ است و اسپایک‌های منظم و فرکانس صعودی دارد.

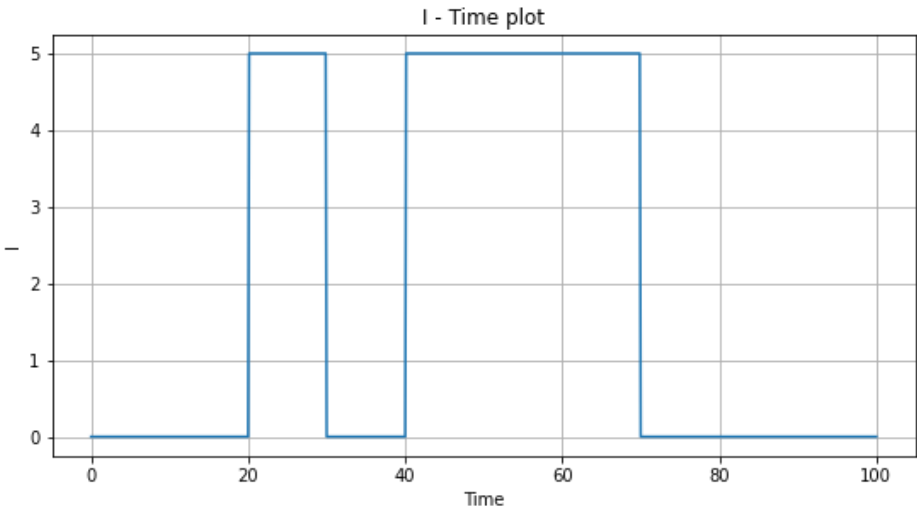
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



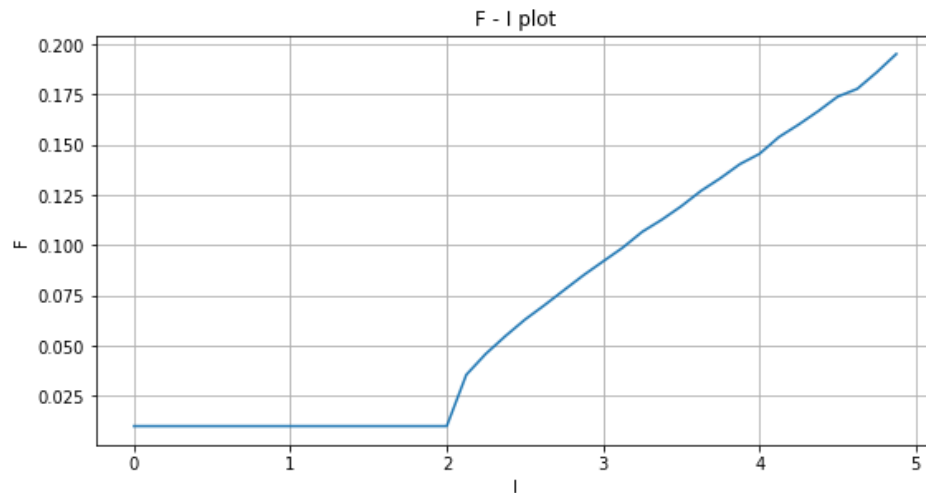
LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



LIF MODEL

R: 1 C: 10 I: None THRESHOLD: 2



در این حالت، جریان به صورت بازه‌ای در دو بازه زمانی با مقدار ۵ وارد مدل شده، و مشاهده می‌شود با قطع شدن جریان دیگر اسپایکی نداریم.

در پیاده‌سازی مدل ELIF، تفاوت در این است که در کلاس ELIF، دو پارامتر Δt که پارامتر sharpness است و θ_{rh} که در واقع آستانه انفجار است. تاثیر پارامترهای اضافی نیز در نوتبوک بررسی شده است.

در مدل ALIF که مدل تطابقی نام دارد، تعدادی از نورون‌ها در طول زمان ضعیف‌تر می‌شوند (کمبود مواد لازم یا...). تفاوت آن با مدل‌های قبلی، داشتن پارامترهای a که زیرآستانه تطابق، b که تطابق در اثر اسپایک و ثابت w که ضریب ثابتی برای تطابق است.

در مدل بعدی، ما هم از خواص مدل ALIF و هم مدل ELIF بهره می‌بریم و پارامترهای هر دو مدل و همچنین بررسی آن‌ها در نوتبوک مرتبه آمده است.