

ליקוי - \bar{e} 5

④ נגזר ~~הפונקציה~~ $\lambda = p\tau$ ~~ההסתברות~~ τ הוא τ , $\lambda = p\tau$ ~~ההסתברות~~ τ הוא τ

spike train ~~ההסתברות~~ τ הוא τ

$$Pr(X=k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} = \frac{(p\tau)^k}{k!} e^{-p\tau}$$

כמה t_i ~~ההסתברות~~ τ הוא τ

$$t_i + \tau \leq t_{i+1} < t_i + \tau + \Delta t$$

ההסתברות τ הוא τ

$$t_i + \tau + \Delta t - (t_i + \tau) = \Delta t$$

$$Pr(t_i + \tau \leq t_{i+1} \leq t_i + \tau + \Delta t) = \left(\begin{matrix} \text{ההסתברות} \\ \text{ההסתברות} \\ \Delta t \end{matrix} \right) \cdot \left(\begin{matrix} \text{ההסתברות} \\ \text{ההסתברות} \\ \tau \end{matrix} \right)$$

$$Pr(\text{ההסתברות}) = p \cdot \Delta t, Pr(\text{ההסתברות}) = \frac{(p\tau)^0}{0!} e^{-p\tau} = e^{-p\tau}$$

ההסתברות

$$Pr(t_i + \tau \leq t_{i+1} \leq t_i + \tau + \Delta t) = p \Delta t \cdot e^{-p\tau}$$

ההסתברות

ההסתברות

ב) זמן הגורר הממוצע:

$$\langle \tau \rangle = E[\tau] = \int_{-\infty}^{\infty} p\tau \cdot e^{-p\tau} d\tau = \int_0^{\infty} p\tau e^{-p\tau} d\tau = \frac{1}{p}$$

\downarrow
 $0 \leq \tau$
גבולות

ג) זמן הגורר השני:

$$\sigma_{\tau}^2 = E[\tau^2] - (E[\tau])^2 = -(\langle \tau \rangle)^2 + \int_{-\infty}^{\infty} p\tau^2 e^{-p\tau} d\tau =$$

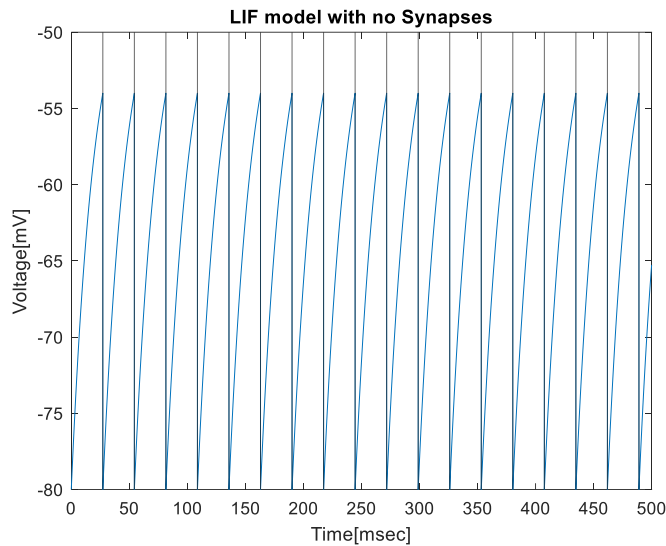
\downarrow
 $0 \leq \tau$
גבולות

$$= -\frac{1}{p^2} + \int_0^{\infty} p\tau^2 e^{-p\tau} d\tau = -\frac{1}{p^2} + \frac{2}{p^2} = \frac{1}{p^2}$$

שאלה 2:

סעיף א:

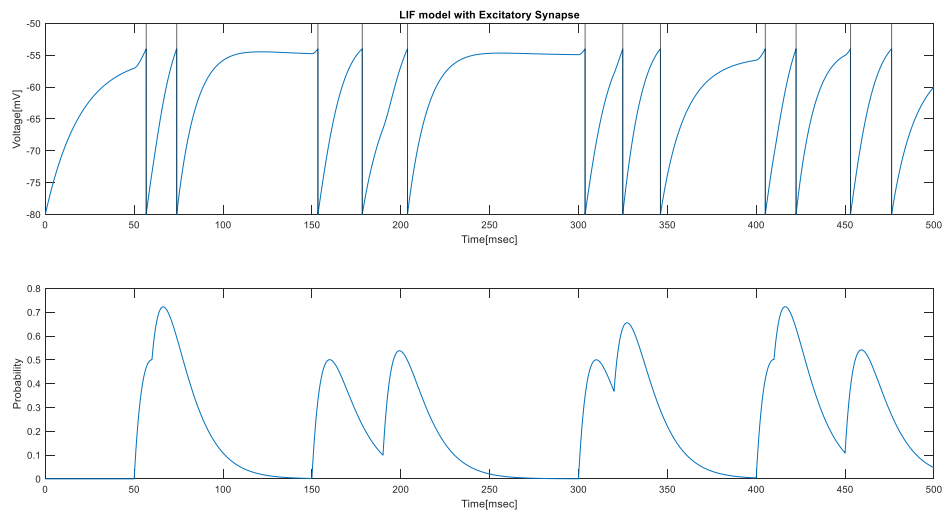
להלן הגרף המתקבל עבור מודל LIF, עבור הנתונים שהתבקשו:



נשים לב כי המירון יורה בקצב קבוע של 36 הרץ.

סעיף ב:

להלן הגרף המתקבל עבור מודל LIF, לאחר הוספת סינפסה אקסיטטורית, והפעלתה בזמנים מסויימים שהוגדרו בשאלה:

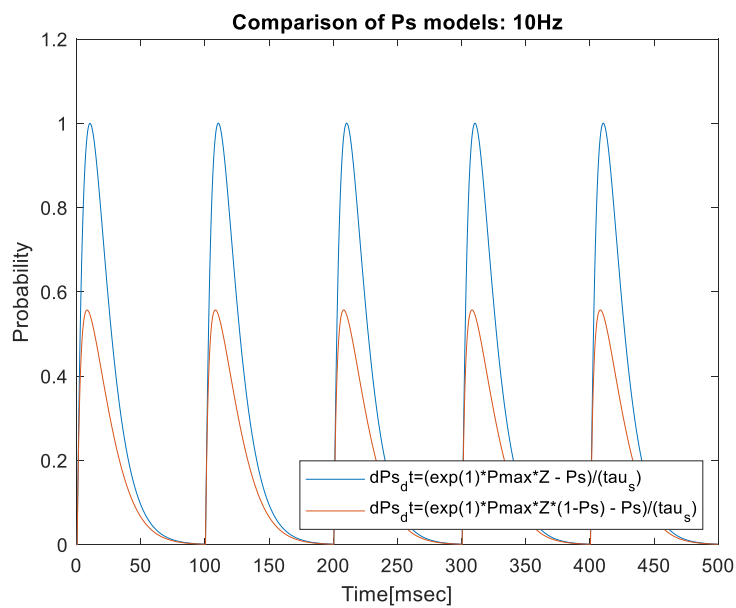
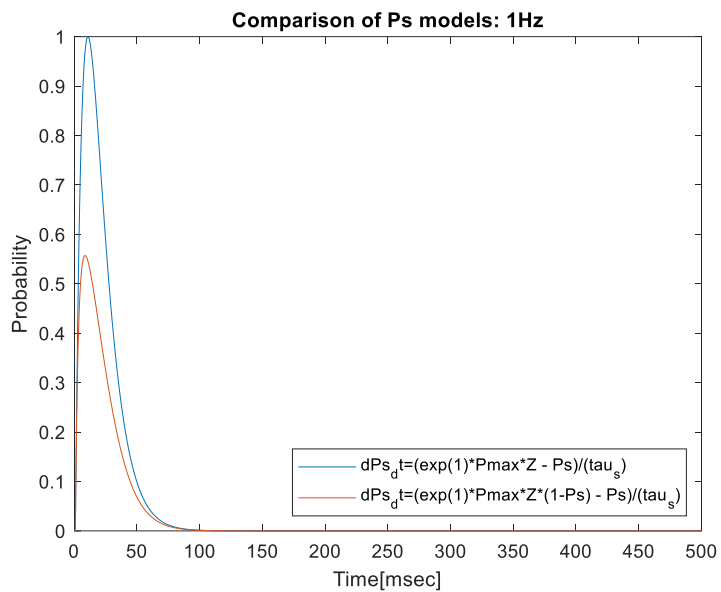


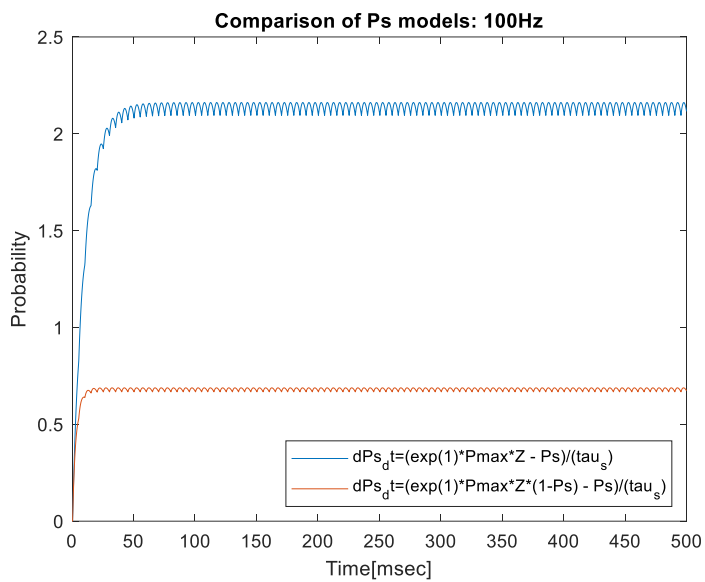
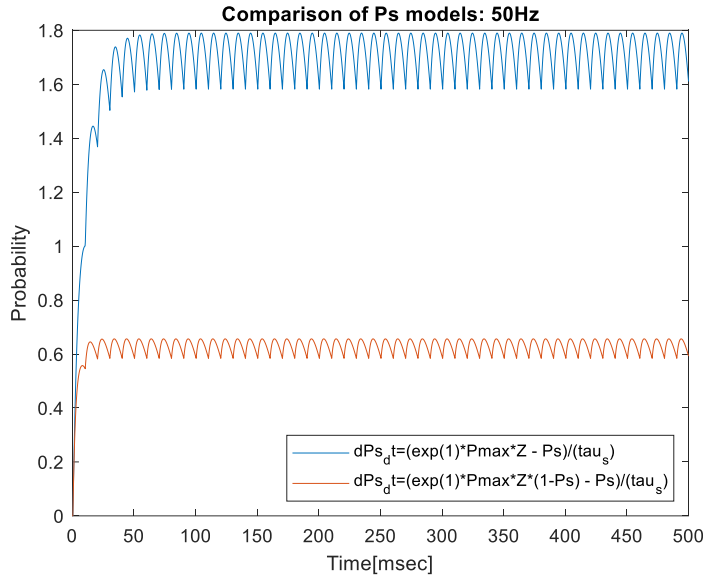
נשים לב כי מתקבלים ספייקים בסמוך לאירועים סינפטיים. באירוע סינפטי, עולה ההסתברות, ובכך מתקבלת עלייה במתח, על כן הסיכוי להגיע לערך הסף ולייצר ספייק גדל.

כמו כן, נשים לב כי עבור פעולות סינפסיות סמוכות, מתקבלת סכימה בזמן של ההסתברות (טרם דעכה ל0), ועל כן היכן שמתקבלים אירועים סינפטיים סמוכים, מתקבלים ספייקים בתדירות גבוהה יותר.

סעיף ג:

להלן הגרפים המתקבלים עבור ההסתברות, כאשר מבוצעת השוואה בין שיטת מידול ההסתברות של סעיף ב("המודל הראשון"), לעומת שיטת מידול הסתברות אחרת("המודל השני"), עבור תדירות פעילות סינפטית שונה:

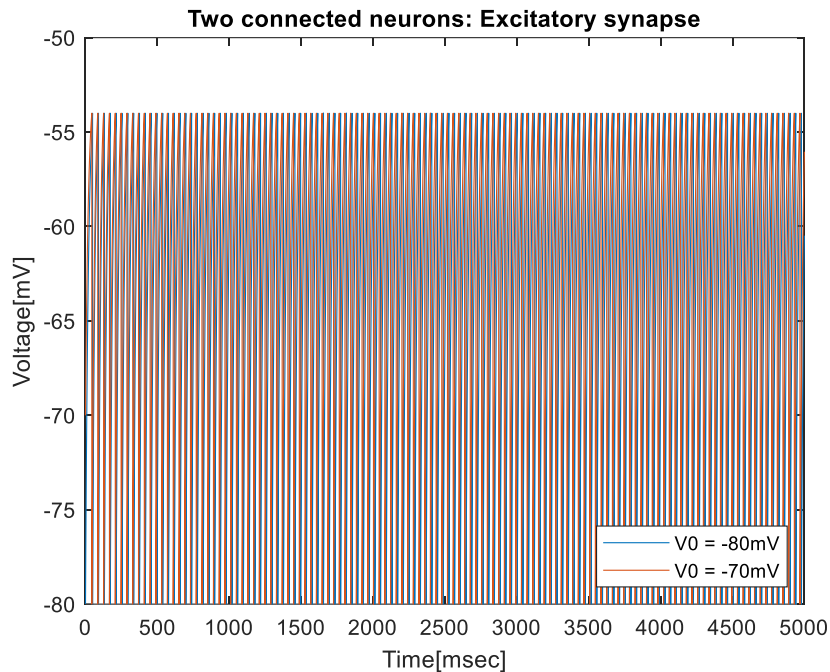




נשים לב כי בתדירויות הנמוכות יותר, המודל הראשון איננו עובר את ערכו של 1, ועל כן ממדל הסתברות בצורה טובה, אך בתדירויות גבוהות יותר, יכול לקבל ערכים גבוהים מ1, ולכן איננו ממדל הסתברות בצורה טובה, ויש עדיפות למודל השני.

סעיף ד:

להלן הגרף המתקבל עבור שני נירחנים עם סינפסה אקסיטטורית ב5000 מילישניות, כאשר תנאי ההתחלה שלהם שונים:



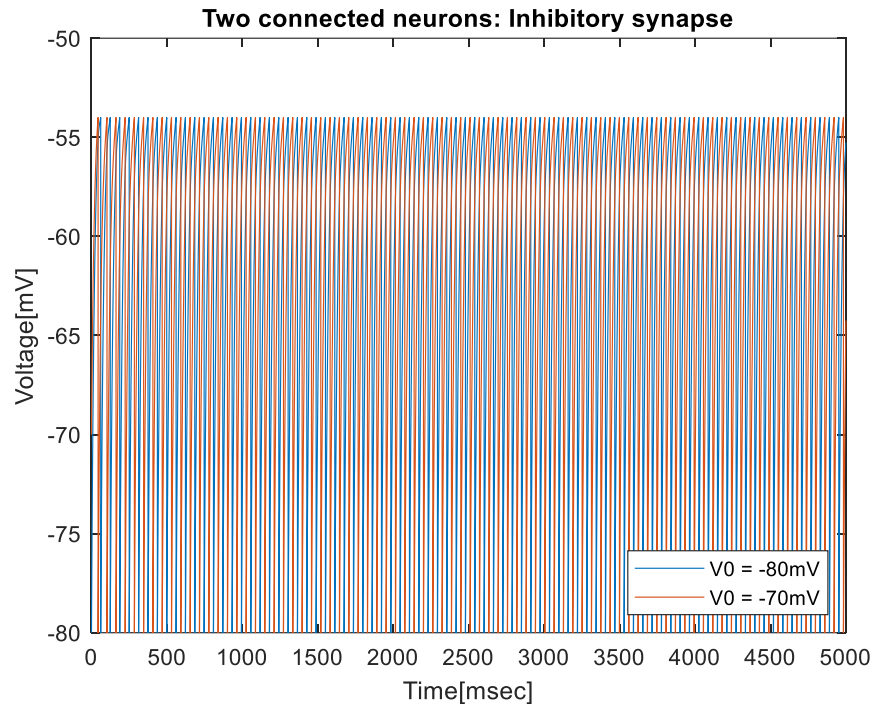
לאחר מילישניות בודדות בה מערכת מתכנסת, ניתן להבחין כי הספייקים בתדירות קבועה (25 הרץ) וכי הפרש הפאזות הנובע מתנאי ההתחלה של המתחים לכל נירון, גם כן קבוע. כמו כן, הספייקים של שני הנירונים קרובים אחד לשני.

ניתן לשער כי מתקבלת פה מערכת משוב חיובי- כל נירון, באמצעות הסינפסה האקסיטטורית שלו עם הנירון השני, מעודד, באמצעות העלאת מתח, את הנירון השני להפעיל את הסינפסו שלו גם כן באמצעות ירי, מה שגורם לקצב הירי לעלות, ולהפרש הזמנים בין הגעה למתח הסף של שני הנירונים יחדיו- לרדת.

לכאורה, נצפה כי המערכת תעלה את קצב הירי, עד לכדי הגעה למצב בו הנירונים יורים יחד, וכי קצב הירי ימשיך לעלות. אך נשים לב שקיימת השעיה קצרה, הנובעת מכך שלנגזרת של המתח יש גבול עליון בתחום, עקב שריג הזמנים (הגבלה ברזולוציה עקב רונגה קוטה בשני צעדים), וערכי המתחים הנבעים ממצב המערכת- הזרם, המתח המשרה הסינפסה, וכו'. על כן, המערכת מתכנסת לקצב ירי והפרש הזמנים בין הספייקים המדוברים והקבועים- היא נקודת ההתכנסות של המערכת.

סעיף ה:

להלן הגרף המתקבל עבור שני נירונים עם סינפסה אינהיבטורית ב-5000 מילישניות, כאשר תנאי ההתחלה שלהם שונים:



לאחר מילישניות בודדות בה מערכת מתכנסת, ניתן להבחין כי הספייקים בתדירות קבועה (17 הרץ), איטי יותר מהמקרה האקסיטטורי, וכי הפרש הפאזות גם כן קבוע. כמו כן, הספייקים של שני הנירונים רחוקים אחד מהשני (ביחס למקרה האקסיטטורי) - למעשה המרחק ביניהם הוא המקסימלי שניתן בהינתן קצב הירי המתקבל.

ניתן לשער כי מתקבלת פה מערכת משוב שלילי- כל ניורון, באמצעות הסינפסה האינהיבטורית שלו עם הניורון השני, מעכב, באמצעות הורדת מתח, את הניורון השני מלהפעיל את הסינפסה שלו גם כן באמצעות ירי, מה שגורם לקצב הירי לרדת, ולהפרש הזמנים בין הגעה למתח הסף של שני הנירונים יחדיו- לעלות.

לכאורה, נצפה לכך שהמערכת תמשיך להאט ולהאט עקב פעילות חוזרת ונשנית של אינהיביציה. אבל נשים לב שהמערכת איננה מאטה את תדירות הספייקים לעד- וזאת כי מדובר באינהיביציה של אינהיביציה, קיימת "sweet spot", נקודת התכנסות למערכת, בה האינהיביציה של ניורון אחד מאט, באותה המידה שבה הניורון השני מאט את ההאטה (מזרז), ובנקודת התכנסות זו, מתקבל שהמערכת מגיעה לקצב ספייקים קבוע.