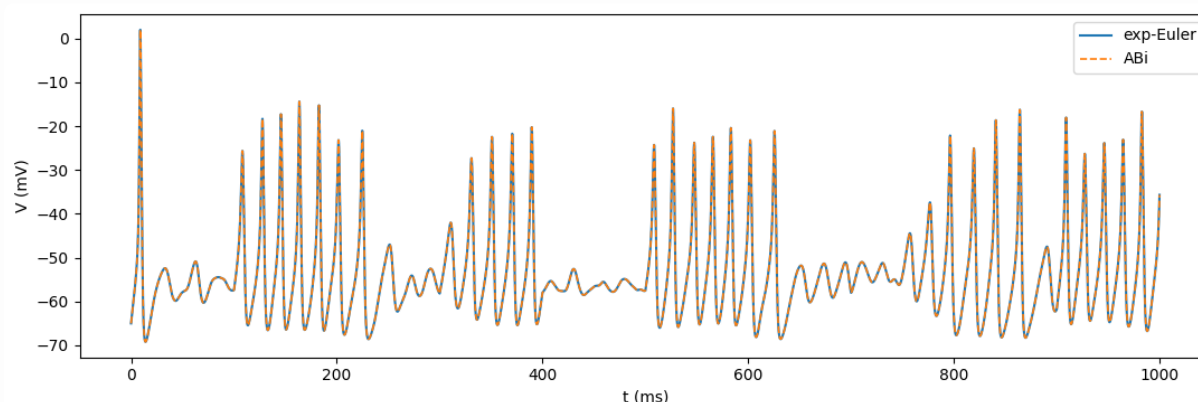


EX1 (方法與結果)



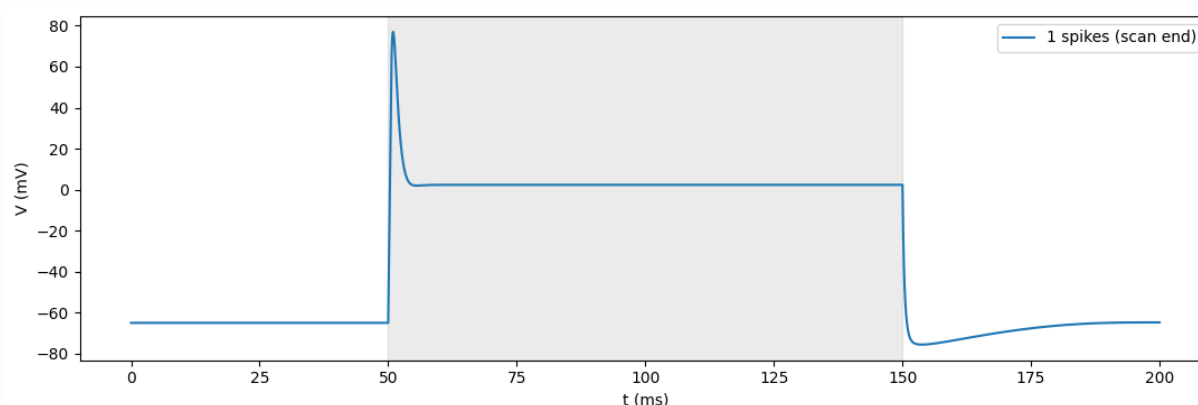
EX1 ΔV : max= $1.613\text{e-}12$ mV, mean= $1.033\text{e-}13$ mV

我使用同一組輸入電流 $I(t)$ (`hw07-data.npz`) 各跑一次 **euler**指數與 **ABi**。

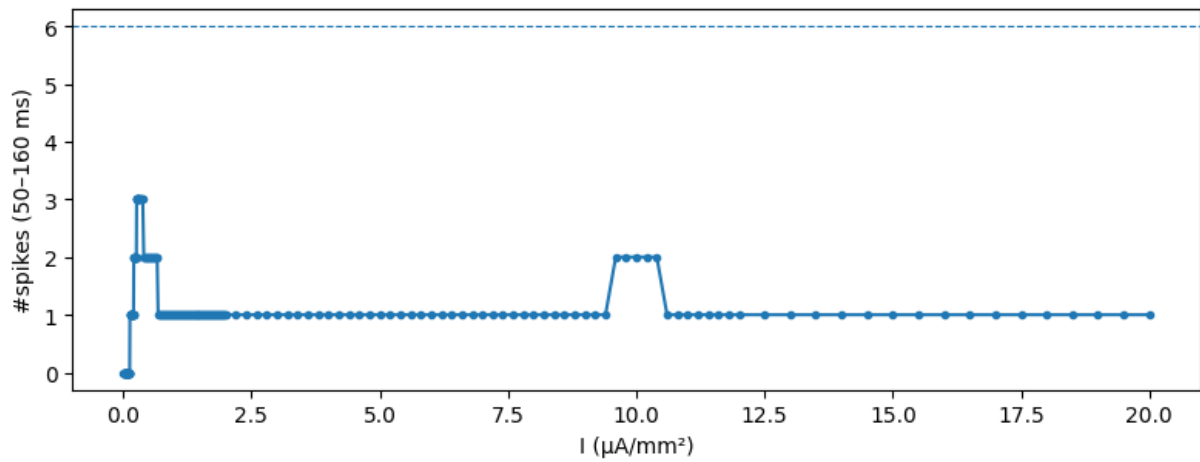
速率函式採用常見的 HH 參數 ($E_{\text{Na}} = 50$ mV、 $E_K = -77$ mV、 $E_L = -54.387$ mV ;
 $\bar{g}_{\text{Na}} = 1.2$ mS/mm²、 $\bar{g}_K = 0.36$ mS/mm²、 $g_L = 0.003$ mS/mm² ; $C_m = 0.1, \mu\text{F/mm}^2$) , 並用 `vtrap` 處理小分母以避免數值不穩。

兩法的膜電位幾乎完全重合 (見上圖 `ex1_overlay.png`) , 最大/平均誤差在機器精度範圍, 說明兩個步進器在這個條件下是等價的。參考老師上課的講義, 採用了相同的參數。

EX2 (方法與結果)



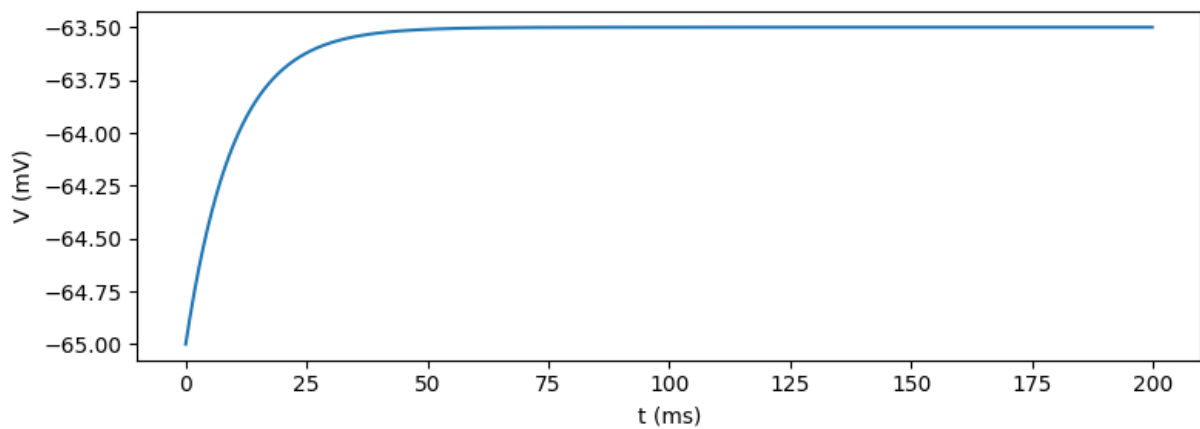
No ≥ 6 spikes in $0.005\text{--}20 \mu\text{A/mm}^2$ (50–150 ms).



依題意以 **50–150 ms** 方波刺激 HH 模型，採 crossing 門檻 **-20 mV**、不應期 **1 ms**，只在 **50–160 ms** 內計數；先粗掃 ($I \in [0.005, 20], \mu\text{A}/\text{mm}^2$)（低段密集），再以二分逼近。

掃描結果顯示在這個參數組合（在此範圍內）與 **100 ms** 窗格下，**找不到能在窗內累積 ≥ 6 發的電流**（見上二圖.png）；單次或兩次放電之後多半進入極化阻斷。這與教學範例中 $f-I$ 曲線對刺激與動力學敏感的描述一致。若延長窗格或增加溫度加速因子 ϕ (Q10)，頻率會上升，理論上較容易累積更多發。

EX3（方法與結果）



用 Brian2 做一次簡單的單區段模型驗證，**200 ms** 內能成功產生動作電位並繪圖（上圖 `ex3_brian2.png`）。Brian2 官方有提供提供標準的 HH 與 $f-I$ 範例，可據此直接把本作業的 HH 整段移植過去。