

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

單細胞神經動作電位電腦化擷取及分析

計畫編號：NSC88-2314-B002-071-M08

執行期限：87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人：趙福杉

臺大醫學工程學研究所

一、中文摘要

為了解決傳統動作電位分析記錄系統的不便，設計了一組資料擷取系統，包含 4 組濾波器、一組比較器及 A/D 介面卡的擷取系統，這系統具有棘波觸發、觸發前取樣、即時顯示數位資料及數位延遲線的特別設計。使用個人電腦達成了即時顯示及資料縮減，進行長時間動作電位的擷取，使我們能更正確的區分動作電位，提供後續研究單一神經信號的記錄工具。

關鍵詞：動作電位、比較器、資料擷取、濾波器

Abstract

For long-time acquisition of action potentials (AP), a data acquisition system was designed. It consists of 4 filters, a comparator, an analog I/O port, and a digital delay line. Several novel ideas were proposed and implemented in this system: spike-trigger acquisition, pre-trigger acquisition, real-time display of the digitized data, and a digital delay line. This system is helpful for multi-unit recording.

Keywords: Action Potential, Comparator, data acquisition, filter

二、前言

多神經元動作電位(AP)之傳統研究方式是利用電壓區分器(window discriminator)與積分器作定量分析，由於此方法須重複播放磁帶記錄機並分次改變區分器之準位設定，以進行不同 AP 之分析，十分費時且不便，最重要的是由於只利用電壓來區分不同的 AP，對於電壓大小接近但脈波寬度或波形不同的 AP 並無法

區分(圖 1)。目前有越來越多的電生理記錄與分析都利用到微算機以便利用更多的波形參數(如振幅、波寬、頻域成分或形狀等等)進行不同 AP 之辨識以達到省時且高準確性之優點[1]。然而以微算機達到高速度且長時間的擷取，必須先克服數位化後資料量過於龐大的問題，但一般神經細胞之放電頻率除了少數 inter-neuron 外很少高於 200 Hz，在時間軸上最多佔有 20% 的比例，因此可行的方法是以 AP 觸發 A/D 卡進行擷取之工作，然而這種觸發方式會產生波形只能擷取觸發後的部分之問題。為了克服此問題 A/D 介面卡之取樣必須領先觸發信號一段時間(稱為 pre-trigger acquisition)，這樣子就可以避免波形擷取不全的問題，在此我們以先進先出 FIFO (first in first out) 之管線設計來避免這個問題。

此外記錄系統必須有即時顯示的功能以提供線上的監視，由於 AP 信號比一般生理信號取樣頻率較高，我們便以硬體方式來達成，不增加電腦圖形處理的負荷，完成線上即時顯示的功能。

三、方法

基於上述需求我們設計了濾波器、比較器及 A/D & D/A 介面卡，其功能性及實際電路之方塊圖如圖 2 所示。。

由於胞外 AP 在場電位的影響下會有基線上下飄移之現象以及高頻之雜訊，會造成比較電路無法正確檢測 AP，因此設計了抑制基線飄移及濾除高頻雜訊這兩組濾波器共同組成一帶通濾波器(圖 3 是其頻率響應)，其目的是協助 AP 檢測電路(圖 4)正確地偵測出 AP 發生的時間，然後經由檢測電路中的單穩態震盪器產生一相容於

TTL 的脈波以觸發取樣[2]。

10, pp. 347-350, 1998..

為了防止取樣時發生膺頻失真 (aliasing), 在 A/D 之前加上 5 階的 Bessel 低通濾波器, 以限制 A/D 輸入端信號之頻寬。

四、結果

在完成了此系統後我們進行實際之動物實驗, 以驗證本系統之實用性。猶如以往的動物實驗, 我們對大鼠薦髓 S3 背根電刺激, 然後在視丘以玻璃微電極作細胞外之誘發 AP 之記錄, 結果如圖 5 所示, 在視丘記錄到的 AP 還原之後與示波器顯示結果相符。

為了比較本系統之長時期記錄能力, 因此作了簡單之測試, 在讀取 10 秒 AP 波形並記錄於硬式磁碟機中, 經過本系統取樣的資料量約有 300 kBytes, 與直接全部波形擷取的量 1.25 Mbytes 相比較, 約減少了 75% 以上。

五、討論

本系統已可進行 AP 的記錄, 並且發現濾波器在 300 Hz 至 1 kHz 的範圍內, 比較器可以有較高的辨識率。藉由棘波觸發及觸發前取樣的技術, 在初期的實驗中約可達成 3/4 的資料縮減, 同時也由於採用 32 位元的計時器, 可計時達 19 個小時, 這個特點有利於高速而且長時間記錄 AP。而以硬體達成的即時顯示功能, 在不增加電腦圖形處理的負荷下, 能即時顯示數位化的結果, 確保資料擷取無誤十分方便。

經由本計畫之執行已有了一篇碩士論文與兩篇研討會論文, 並將比較部分刊登於國內期刊, 而進一步結果目前也投稿至國外期刊進入審查階段。

六、參考文獻

- [1] Edward M. Schmidt, "Computer separation of multi-unit neuroelectric data: a review", J. Neurosci. Methods, vol. 12, pp. 95-111, 1984.
- [2] J.-K. Jamb, F.-S. Jaw, "Action potential detector for extracellular recordings," Biomed. Eng. Appl. Basis Comm., vol.

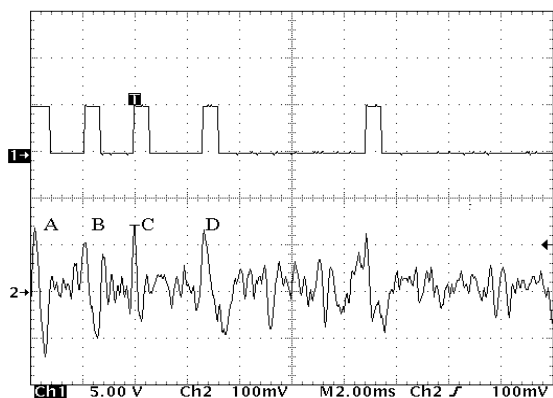


圖 1、多細胞動作電位（下方波形）經由振幅比較後（其準位如圖右箭頭所示）產生一序列之脈波（上方波形），圖中 A、B、C、D 四個神經元之動作電位被誤認為是同一個神經元所產生的四個動作電位。

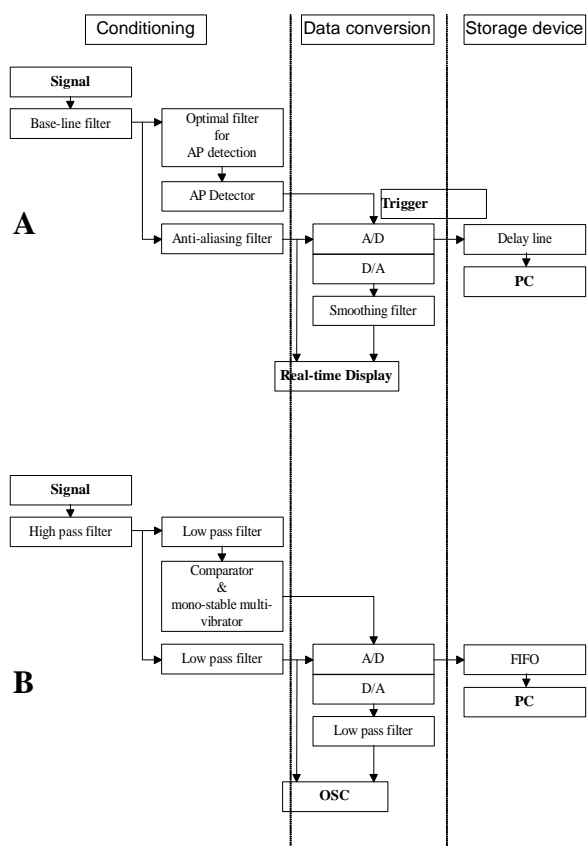


圖 2、系統架構圖。(A)功能性，(B)實際電路方塊。從左半部的信號前置處理，到右半部的信號轉換及儲存，達成棘波觸發以及即時顯示的功能。

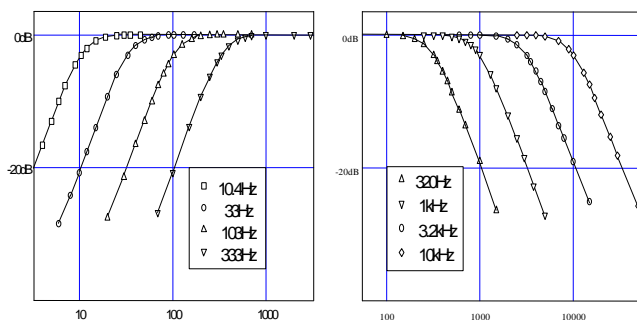


圖 3 左側與右側分別為高通濾波器與低通濾波器的頻率響應。

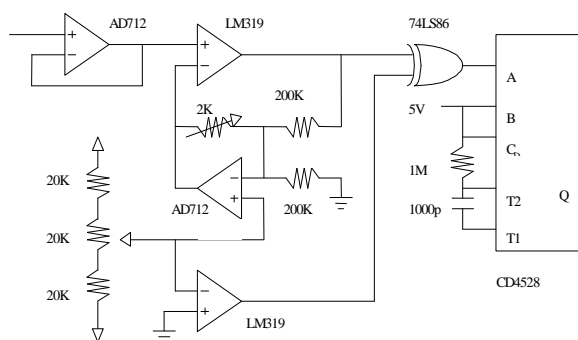


圖 4、比較器電路。

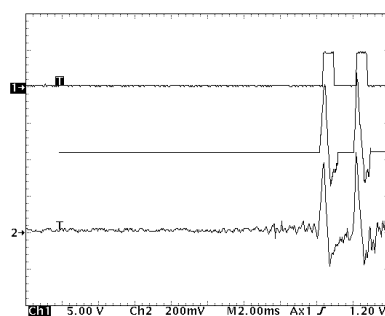


圖 5 上方一條波形為比較器輸出之脈波，中間的波形為取樣至硬碟之 AP 波形，而最下方的波形則是示波器上之波形。