# 大腦皮質場電位多通道紀錄系統研發

計畫編號：NSC 89-2320-B-002-138-M08
執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：趙福杉　　台灣大學醫學工程研究所
兼任助理：簡嘉男、・林家名

## 一、中文摘要

多通道同步的場電位記錄對於獲得神經信號在三度空間正確的分佈有其必要性，然而基於價格與技術的考量並不容易達成許多通道同步擷取之功能，因此本計畫試圖以〝近乎〞同步之方式來達成上述目標。以極低的取樣時間取樣緩慢變化的場電位信號其誤差十分小，因此這種架構之取樣提供了一折衷之方法，以低廉的成本達成多通道同步擷取之功能。本文詳述了整個記錄系統之設計，內容包了放大、濾波器、A/D 介面卡及及控制軟體等等，希望對於其他研究同好有所幫助。

**關鍵詞：場電位、類比/數位、放大器**

## Abstract

Synchronization among multi-channel recording is important for obtaining three-dimensional distribution of neural signals. The cost and technical complexity, however, prevent the application of this recording method. In this investigation an idea of “pseudo” synchronization was proposed to overcome this difficulty. The sampling speed is very high for the low-frequency field potential; that is, the introduced error caused by not synchronization is very small and can be neglected. In summary, this method is proved to be a tradeoff between cost and performance. Here we describe the design of the recording system in detail. The building blocks of the system include multi-channel amplifiers, filters, and the A/D card and its control program. We hope this information is useful for other laboratories.

**Keywords**: field potential, A/D, amplifier

## 二、前言

腦中的神經信號十分快速且複雜，對於同一個信號之處理可能在許多不同神經核間同時進行，因此研究大腦功能最好的方法是在各相關的位置記錄其信號之變化，並比較彼此間之關係，為了達成此目的本計畫建構了以近乎同步的多通道記錄系統，以記錄大鼠大腦皮質体感覺區之誘發電位，希望能以幾乎同時間之擷取來研究大腦皮質區誘發場電位之分佈。

〝近乎同步〞之構想如圖一所示，其取樣時序(圖一A)與一般之多通道取樣時序(圖一B)之差異在於前者在極短的瞬間將多個通道的信號幾乎同時取入電腦中，而一般的 A/D 卡則是如圖一 B 所示以固定間隔取樣，當通道數目多時最先取樣與最後取樣的通道間會有很長的時間差，因此對較大範圍的電位記錄十分不利。

## 二、方法

由於市售之Ａ／Ｄ卡具有同步功能的最多只有四個通道，因此若要達成六十四個通道同步之功能顯然不容易，因此我們提出近乎同步之想法。若Ａ／Ｄ轉換器配合多工器之切換速度遠高於所記錄的信號時，則不同通道匆之取樣可視為同步，為了達成此一要求我們必須自行設計整個記錄系統：包括六十四通道之 buffer 及放大、濾波電路，其次是 64 通道之Ａ／Ｄ轉換介面，所提出之系統架構如圖二所示。

此多通道記錄系統的架構主要為前級緩衝器、濾波器及信號放大器等部分。信號由多通道微電極拾取後，經緩衝器（由 OP90 運算放大器以 100％負回授達成）作阻抗匹配，由濾波器去除不必要的雜訊，然後經由放大器放大，最後由 A/D 介面卡取樣並儲存於電腦中。

## 三、結果

### 放大電路

本級主要由單個儀表放大器 AMP-01 所構成，之所以選擇此元件是基於它具有很高的輸出電流驅動能力，這點對於以排線為連接之多通道系統而言十分重要。此儀表放大器之增益設定為 2000（如圖三所示由 50 kΩ可變電阻與 100Ω之電阻值所決

定），由於其放大倍率相當大，因此每一個放大器須個別對其輸入抵補電位進行校正（由連接於 $V_{IOS}$ NULL 接腳兩端的 100 kΩ可變電阻來調整）。

## 濾波器電路

其次為濾波電路，將濾波器的頻寬設定在 0.5 50Hz 之間以記錄大鼠腦部場電位，如圖四所示為此低通濾波器的電路，圖中之運算放大器 OP-282，配合事先匹配挑選過的電阻及電容器，製作成截止頻率為 50Hz 的二階 Butterworth 低通濾波器，至於在高通濾波器的部分，則是利用電容耦合方式將信號連接至儀表放大器 AMP-01 之輸入端，而達到一階高通濾波的功能。

## A/D 卡硬體電路

在 A/D 介面卡方面圖五為其部分電路，首先由解碼電路劃分相對應且不與其他裝置衝突的輸出 / 輸入位址，經由多工器逐一將每個通道的信號切換進來，並且依序將此信號傳到 A/D 轉換器上作數位化轉換，然後再將轉換好的資料下載至電腦作儲存或進一步之分析處理。

在多工器部分選用了 ADG426 這個 IC，它是一顆 16 通道並且含有位址與控制栓鎖(address and control latches)功能的高速度多工器，可以使電路更簡化，其切換時的開始時間（$t_{ON}$）小於 160 ns。至於數位至類比轉換器則選用 AD7822，它是一顆 8-Bit 的類比至數位轉換器，其轉換時間為 420 ns，可調整其輸入抵補電壓使得輸入可接受雙極性（Bipolar）的信號，其次為了防止輸入信號過大而燒毀此轉換器，在其輸入端加上一顆 5.1 V 的齊納二極體和 51 Ω的電阻串接以保護輸入端。

## A/D 卡控制軟體

上述為電路之硬體架構，然而要讓硬體發揮它的功能就必須要有適當的控制軟體。如圖六所示為控制軟體的流程圖，其主要功能是判斷取樣之開始與結束，例如：500 Hz 的取樣則共需 2 ms，在這段期間軟體的工作包括了 A / D 擷取卡的重置、多工器通道的設定、類比數位轉換器的控制、信號取樣點數與取樣次數和資料的儲存等等。

我們選用 Borland C 來進行驅動軟體的開發語言，由於視窗（Windows）軟體的資源分配由其作業系統本身管理，一般操作者並不易控管處理，因此選用在 DOS 系統下操作的 Borland C 軟體來進行程式編碼，才能對硬體之性能作較直接且快速之掌控，而驅動軟體的流程圖架構就如之前所述，從 A/D 擷取卡參數值的設定開始，到判斷是否有觸發信號，如果有則開始執行資料擷取的工作，再將轉換完的信號儲存到記憶體內，同時也判斷取樣的次數是否已經達到我們要求的次數來判斷程式之結束。

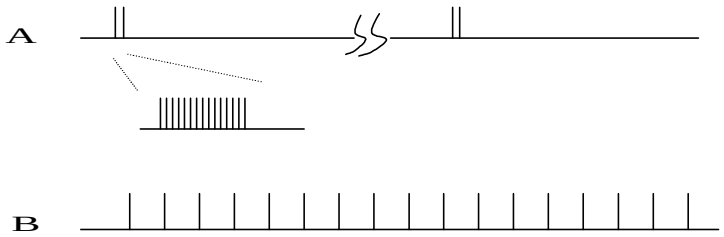
# 四、討論

本計畫已如期完成當初計畫之目標，並也測試各部份之硬體，此系統已可使用。我們也將這部份的成果分成Ａ／Ｄ介面之設計及多通道類比放大、濾波電路兩部份分別發表與研討會論文（1）、（2），後者還僥倖得到了佳作獎，最近我們已準備利用此系統進行大鼠大腦皮質誘發電位之記錄，待有更進一步的結果將會以最快的速度發表於研討會或期刊論文，以利學術之交流。

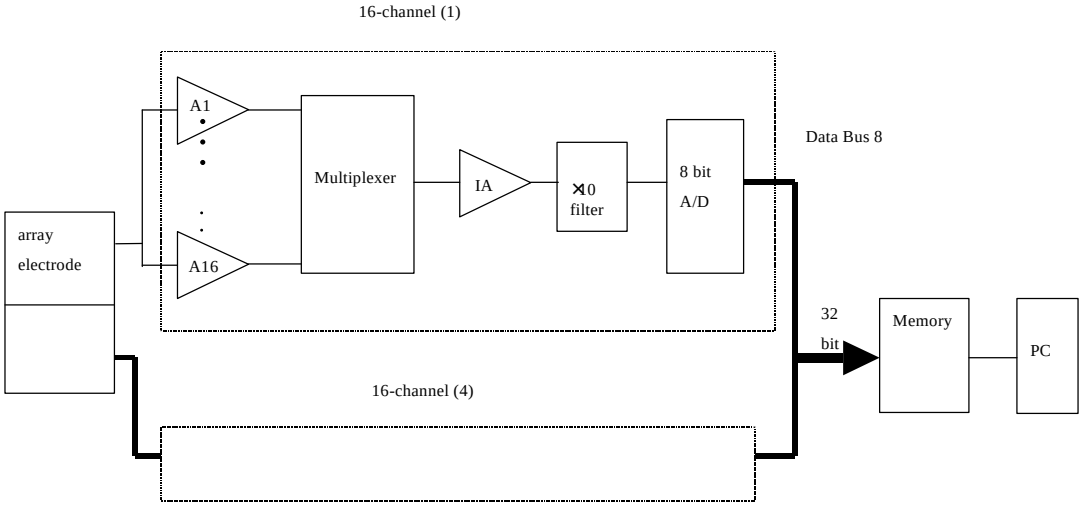
# 五、參考資料


1. C. -M. Lin, J. -K. Jang and F. -S. Jaw, “Implementation of a 64-channel amplifier for electrophysiology,” Chinese biomedical engineering society annual meeting, December 2000.

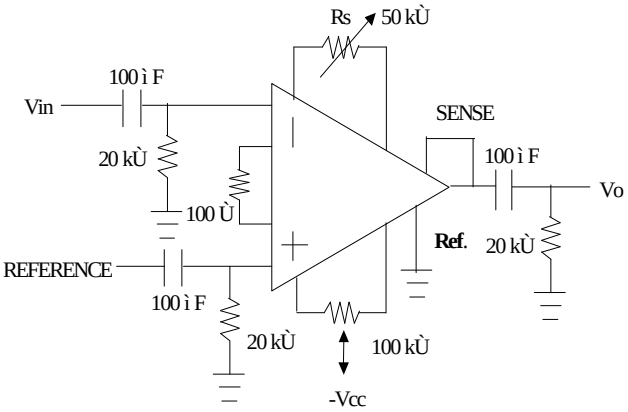
2. C. -N. Chien, J. -K. Jang and F. -S. Jaw, “Study on a “pseudo” synchronous A/D card for the mapping of multi-channel signals,” Chinese biomedical engineering society annual meeting, December 2000.


A
B

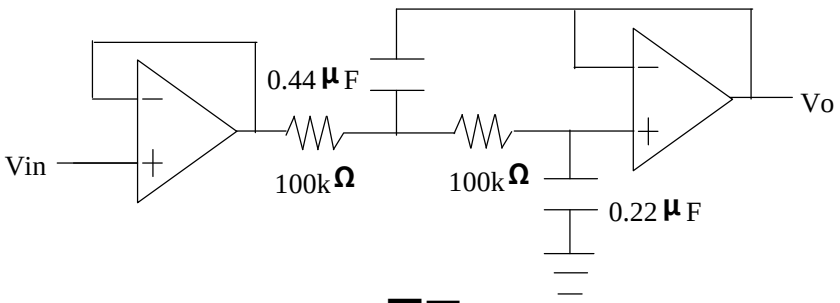
圖一


16-channel (1)
A1
A16
Multiplexer
IA
×10
filter
8 bit
A/D
Data Bus 8
array
electrode
32
bit
Memory
PC
16-channel (4)

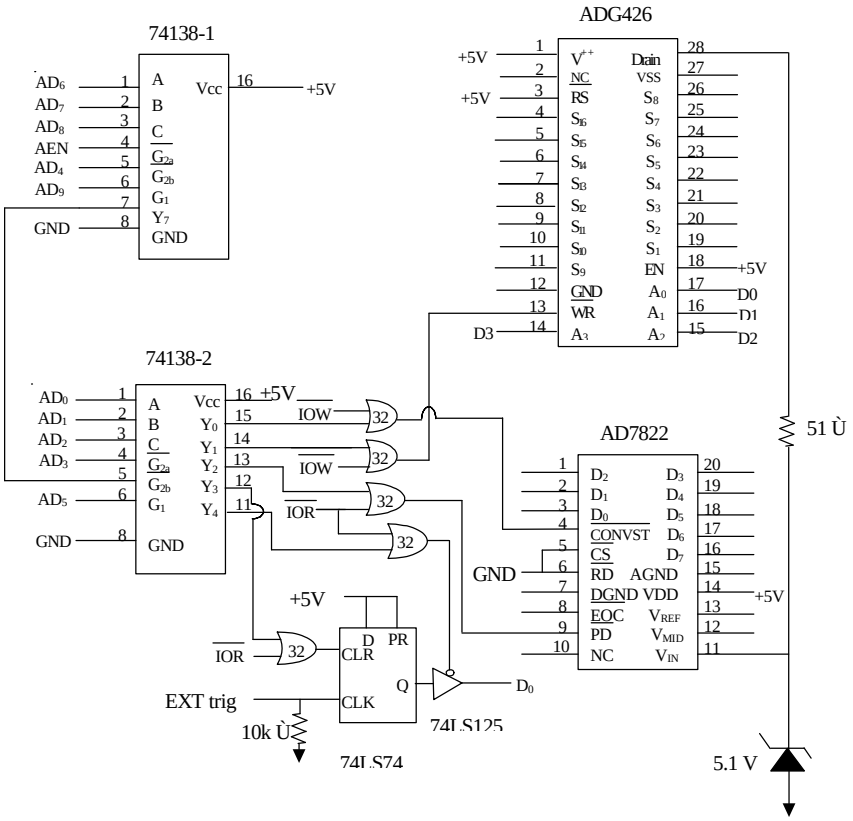
圖二


Rs
50 kÙ
100 ì F
Vin
20 kÙ
100 Ù
SENSE
100 ì F
Vo
Ref.
20 kÙ
REFERENCE
100 ì F
20 kÙ
100 kÙ
-Vcc

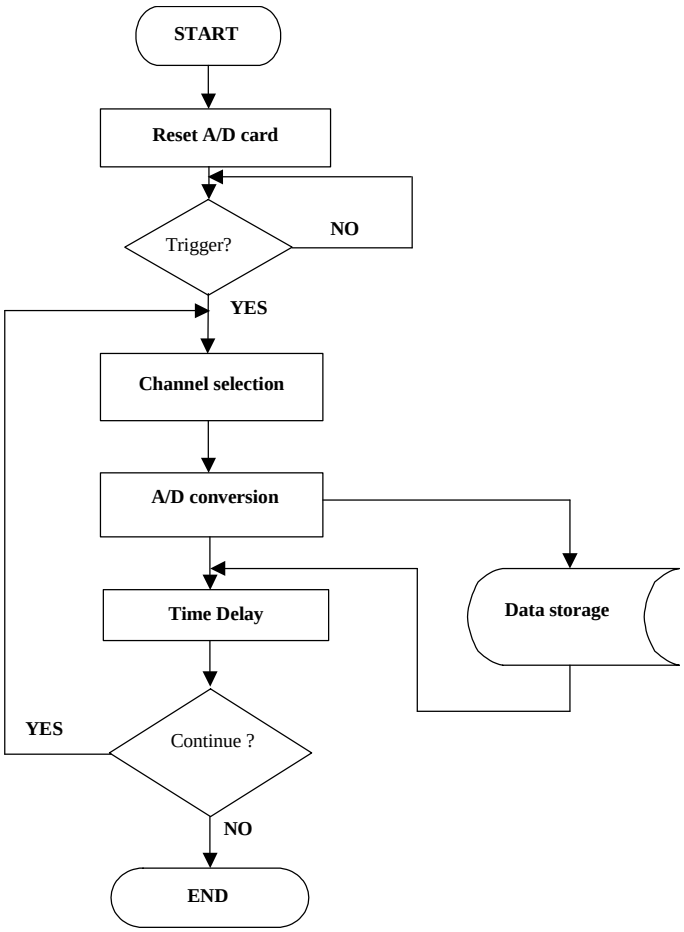
圖三


0.44 μF
Vin
100kΩ
100kΩ
Vo
0.22 μF

圖四


74138-1
ADG426
74138-2
AD7822
74LS74
74LS125
+5V
GND
IOW
IOR
EXT trig
10k Ù
51 Ù
5.1 V
D0
D1
D2
D3

圖五


START
Reset A/D card
Trigger?
NO
YES
Channel selection
A/D conversion
Time Delay
Data storage
Continue ?
YES
NO
END

圖六