行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※
※　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　※
※　　多功能可攜式生理信號記錄系統-胃電之應用　　※
※　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　※
※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：ˇ個別型計畫　　□整合型計畫
計畫編號：NSC89－2213－E－002－132－
執行期間：89 年 8 月 31 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：王正一
共同主持人：趙福杉、謝銘鈞

本成果報告包括以下應繳交之附件：
□赴國外出差或研習心得報告一份
□赴大陸地區出差或研習心得報告一份
□出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
□國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：台大醫學工程研究所

中　華　民　國　90 年　10 月　31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

多功能可攜式生理信號記錄系統-胃電之應用

A general-purpose and portable system for the recording of biomedical signal- the application on EGG

計畫編號：NSC89－2213－E－002－132－

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：王正一　台大醫學工程研究所

共同主持人：趙福杉　台大醫學工程研究所

謝銘鈞　台大醫學工程研究所

計畫參與人員：研究生 張津愷　台大電機工程研究所

研究生 楊勝文　台大醫學工程研究所

研究生 葉昱甫　台大醫學工程研究所

一、中文摘要

我們開發了一組以微控制器為核心的多功能可攜式記錄系統，其中也包括了胃電、心電圖及腦波省電型放大器的設計，並應用非揮發性的記憶體 flash memory 作為生理信號的儲存，最後由新開發的擷取軟體將生理信號儲存於個人電腦中，供離線分析之用。

關鍵詞：微控制器、胃電、心電圖、腦波、前置放大器

Abstract - A general-purpose microcontroller based portable system was designed to record biomedical signal. We accomplished three low power biomedical amplifiers to record EGG, ECG, and EEG signal, respectively. Flash memory was used as the storage medium of the system due to its characteristics of non-volatilization and low power consumption. Finally, the acquisition software recorded the physiological signal into PC for further off-line analysis.

Keywords: microcontroller, EGG, ECG, EEG, preamplifier

二、前言

在門診檢查中，對於器質性等常發性的病變，醫院能夠提供儀器對病患進行不同類別的檢查，提供醫師進行正確診斷及醫療的依據。然而，對於陣發性或突發性的疾病，例如：心率不整、癲癇…等，若沒有發病時的記錄，僅由病發後的診查，往往不能記錄到發病時最有利於診斷的訊息。因此對於這一類的疾病，需要有讓病人隨身攜帶的儀器方能在突發狀況時記錄下病程相關之信號，提供醫師診斷的參考依據，最普遍的例子如：24 小時食道胃酸測定或 Holter 心電圖儀等。

為了增強攜帶型產品的功能，常以微控制器作為儀器的控制中樞，微控制器的使用使傳統產品的體積小型化，同時由於韌體的可塑性，於是可以在攜帶型產品加入適當的控制彈性，由微控制晶片來執行一些簡單的信號處理[1]。近幾年來更由於半導體製程的進步，已有不少家廠商，把微控制器與類比數位轉換電路整合，使得單晶片的微控制器具備了類比信號輸入的功能，因此有利於以微控制器進行生理信號的擷取及資料之傳送[2]。而微控制器也應用於人工心臟的發展[3]、[4]，作為人工心臟控制的中樞。

近年各家微控制器生產商都有微控制器內含 A/D 介面的產品，在國內外研討會中有不少篇此類晶片應用於生理信號擷取的實例[5]、[6]，而此類晶片的使用將有利於簡化電路，提高可靠度及降低除錯的難度。我們所使用的 PIC16F877 即屬此類的晶片，具有可靠度高及低耗能之優點，再加上 RISC 的指令架構, 很適合應用於可攜式系統。

可攜式的記錄系統相似度相當的高，普遍皆以微控制器作為控制中樞，除了放大倍率及濾波頻寬率略有不同外，其餘的就是 A/D 取樣頻率的差異。然而，重新開發一套可攜式系統，費時且費力， 因此我們針對可攜式的胃電記錄系統作進一步的改良，使其能省電化、小型化及加強抗 motion artifact 能力，並擴充其應用範圍能夠做較多種生理信號記錄，這裡我們除了胃電 EGG 記錄外，也在心電 ECG 及腦

電 EEG 的應用做嘗試。

三、系統及電路設計

此生理信號記錄器 (圖一) 是由數組個別的前級儀表放大器及微處理器系統所組成，依設計分別對三種不同的生理信號做記錄。在放大器擷取信號後，數位電路中的 PIC16F877 將信號作 A/D 轉換，最後將所得到的信號儲存在 FLASH 記憶體中，事後再經由電腦儲存及分析這些資料。

PIC16F877 是一組內含 A/D 省電型的微控制器，其待命狀態下的靜態電流只有 1 μA，配合非揮發性的 FLASH memory AT29C040A 及其他週邊電路，我們設計了此記錄系統的核心部分，其詳細電路如圖二所示，包含有 A/D 轉換及儲存生理信號的功能，並以串列方式，即時地輸出所轉換的生理信號，透由新設計能保護患者安全的隔離型的 RS232(圖三)準位轉換介面將生理信號傳至個人電腦，配合擷取軟體提供作為即時觀測之需要。整個電路設計是以低耗電為目標，因此在類比電路部分都使用 OP90 系列的運算放大器，其最大靜態電流只有 20 μA，並具有低雜訊的特性，相當適合攜帶型生理信號記錄的需求，以下是類比電路的設計，此三種不同的信號記錄結構相似，其中僅放大倍率、頻寬及取樣頻率依各別信號而有不同。

胃電放大器

胃電信號頻率相當的低，而信號也相當得小，大約每分鐘 3 下(0.05 Hz)數十到數百 μV 的微小信號。而一般認為 2-4 cpm 為正常的 normal EGG 信號，而 4-9 cpm 為 tachygastria 信號，而過慢的 1-2 cpm 稱為 Bradygastria。我們設計一組放大倍率為 800 倍，頻寬為 0.015-0.5 Hz 的省電型胃電信號放大器，其實際電路如圖四所示，由單一顆 AD490 的 4 組 OP 放大器及其它被動元件所構成，輸入級以兩組互相 match 的精密電阻，及兩組 AD490 的 OP 組合成雙 OP 結構的儀表放大器，並作十倍的放大，其後接的是一組主動式的 Butterworth 二階低通濾波器及一組被動式的一階高通濾波，之後再由非反向放大器作 40 倍的放大，使其輸出範圍調整到後級 A/D 所需的±1.2V 範圍。

心電圖放大器

心電圖放大器架構分成儀表放大、濾波及右腳驅動電路(Driving-right-leg circuit)等部份。心電信號從儀表放大器進入，並經由積分器回授抑制直流成分，再適當地將信號調整到適合±1.2 V 的電壓範圍內以利後續的 A/D 轉換，其後再進行低通之濾波，以防膺頻失真。

如圖五所示為所設計之心電放大電路，圖中亦包括了右腳驅動電路以抵消人體所感應之共模式電壓，除了標準的 3-OP 型式架構之外，設計以另一個運算放大器達成去直流成份的目的，儀表放大器之增益達 80，而使用積分器以負回授的方式抵消直流抵補電位可達成較滿意之特性。圖中連接於積分器之 3.2 MΩ電阻及 1 μF 電容決定了電路低頻之截止點在 0.3 Hz。除了前級之增益與高通濾波外，為了提高量測信號之訊號與雜訊之比值(S/N)，在其後增了一可變增益(1 至 100 倍)的放大器與二階低通濾波器，其頻寬考慮心電圖信號之頻譜分佈，此濾波器的高頻截止點定為 106 Hz 以兼顧 S/N 比值與信號之失真度。

腦電放大器

如圖六放大器是由 3-OP 架構的儀表放大器加以改良，首先以兩組高通濾波器濾掉直流成分，但如此還無法完全使直流成分消失，所以在迴授網路裡同樣加上一個積分器，否則微小的直流成分經過相當大的放大倍率後，訊號會因為 OP 飽和而無法放大。因為腦波的頻率範圍在 0.5~100 Hz 之間，所以在後級再串上一個低通濾波器，以濾掉高頻雜訊，使頻寬落在 0.1 100 Hz 之間，最後級也加入一個高通濾波器，去除高增益抵補電位的影響。為了配合數位電路的擷取範圍在±1.2 V 之間而將整個電路的增益設定為 2500 倍。

四、信號記錄

圖七是胃電記錄的一個例子，程式環境為 LabView，其主要頻率為 0.051 Hz(3.06 cpm)及 0.037 Hz(2.22 cpm)。圖八是 Lead II 的心電記錄由示波器所記錄到的信號，由於頻寬的問題，雖然 PQRST 波都相當明顯，但是和典型的 Lead II 仍有些差距，未來將繼續做改進。圖九是腦波記錄的例子，圖九 A 是儲存於 Flash memory 的信號，以 LabView 軟體重現，並與圖九 B 示

波器所擷取的同一時間信號做比較，證明了所設計系統的可行性。

五、討論及結論

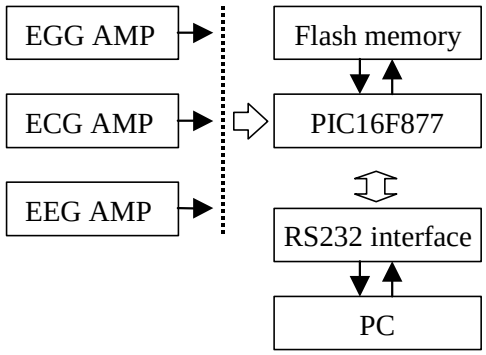
陣發性或突發性的疾病的生理信號資訊，珍貴而不易記錄，透過可攜式系統由病患自行長期記錄，勢必是最有效且可行的方式。我們以相同的 A/D 及記憶體部分，執行適合的韌體搭配各型的省電型放大器，系統總耗電流都在 2.2 mA 以下，實現多功能的可攜式記錄系統。

國內醫院所使用的記錄系統，清一色是國外儀器公司的產品。而小型的可攜式系統，具有成本低、以電池供電及安全性較高的優點，很適合國內的工業生產結構，在醫療工業急速成長的今天，期望我們的研究能對國內醫工產業有所幫助。

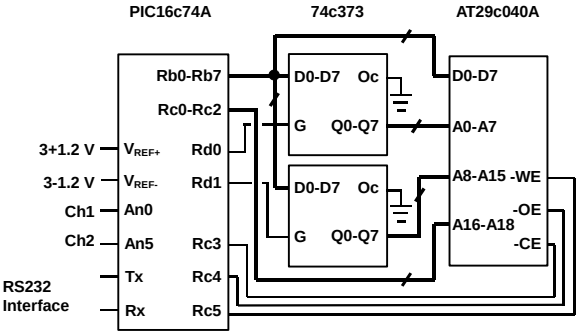
經由本計畫之執行目前已有了二篇研討會論文及一篇 EI 期刊論文[7]，而資料正著手整理中，預定明年初將另有一篇投稿至 SCI 論文期刊。

六、參考文獻

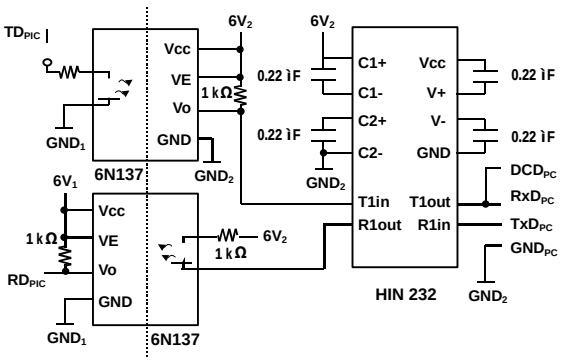
1. PJ. Bagwell and PH. Chappell, "Real time microcontroller implementation of an adaptive myoelectric filter," Medical Engineering & Physics, vol. 17(2), pp.151-60, 1995 Mar.
2. Z. McCreesh, NE. Evans, and WG. Scanlon, "Vaginal temperature sensing using UHF radio telemetry," Medical Engineering & Physics, vol. 18(2), pp. 110-4, 1996 Mar.
3. SH. Lee, WW. Choi, and BG. Min, "Development of a totally implantable total artificial heart controller," ASAIO Transactions, vol. 37(3), pp. M505-7, 1991 Jul-Sep.
4. DJ. Farrar, KE. Buck, JH. Coulter, and EJ. Kupa, "Portable pneumatic biventricular driver for the Thoratec ventricular assist device," ASAIO Journal, vol. 43(5), pp. M631-4, 1997 Sep-Oct.
5. F.-S. Jaw and C.-H. Chang, "Synchronous A/D card for biomedical applications: a tutorial," Biomed. Eng. Appl. Basis Comm., Vol. 11(5), pp. 21-28, 1999 Oct.
6. EJ.van Someren, et al., "A new actigraph for long-term registration of the duration and intensity of tremor and movement," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 45(3), pp. 386-95, 1998 Mar.
7. J. -K. Jang, T.-S Kuo and M. -J. Shieh, "Microcontroller-based EGG recording system," Biomed. Eng. Appl. Basis Comm., in press.



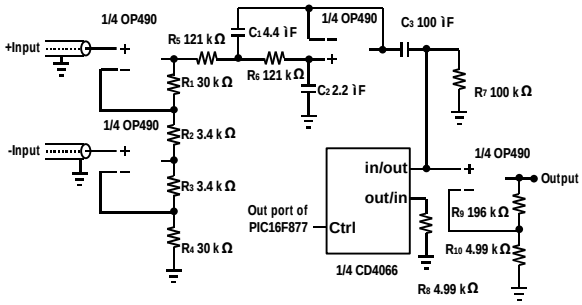
圖一、系統架構圖



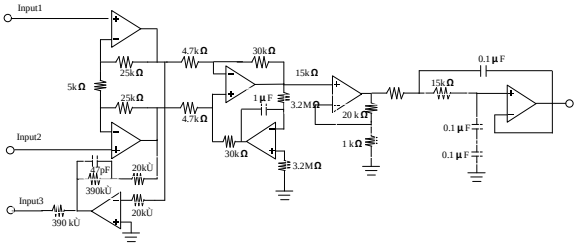
圖二、微控制器及記憶體電路



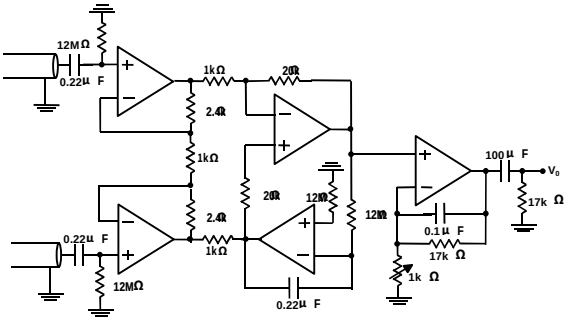
圖三、隔離型的 RS232 準位轉換介面



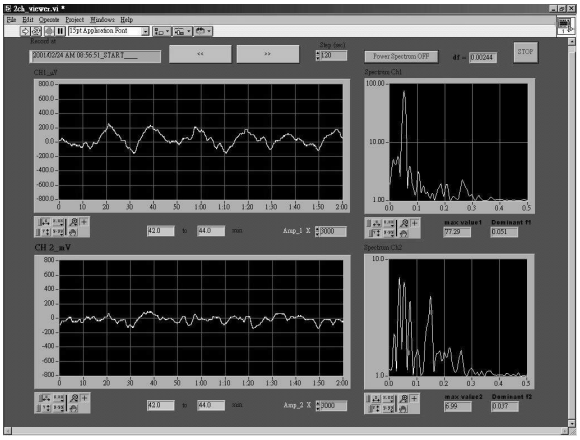
圖四、胃電放大器電路



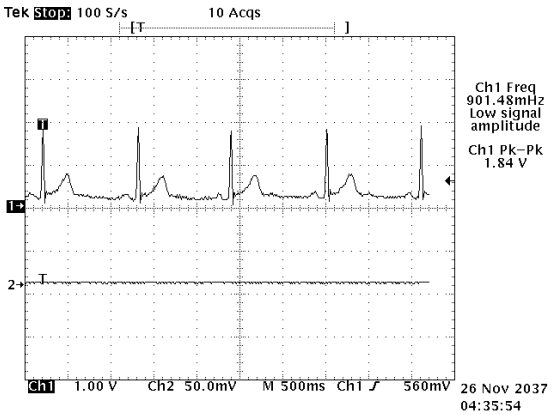
圖五、心電放大器電路



圖六、腦波放大器電路

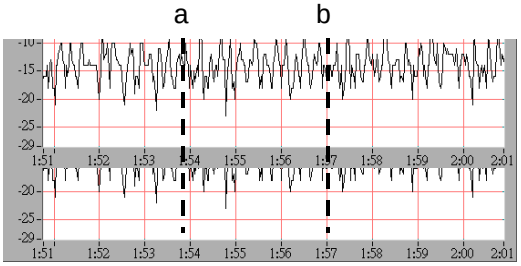


圖七、所記錄的胃電信號及頻譜

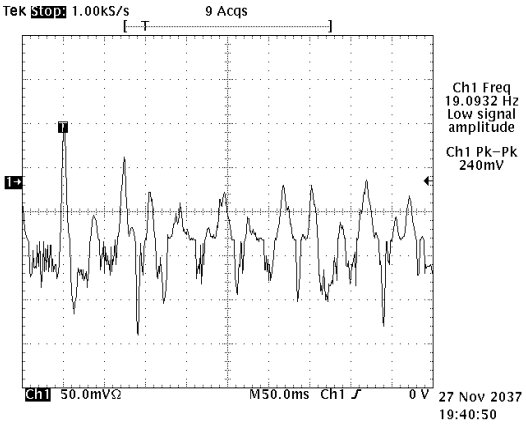


圖八、所記錄的心電信號

A



B



圖九、所記錄的腦波信號其中 B 圖為示波器的信號，A 圖為儲存於記憶體 IC（AT29C040A）中的信號，a,b 兩點間與示波器上信號為同時段之腦波 。