

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一：以數位處理器為基礎的神經肌肉刺激系統之研發 與微型化(3/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2614-E-002-003-

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學醫學院復健科

計畫主持人：賴金鑫

共同主持人：郭德盛，王顏和

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 12 月 18 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

脊髓損傷者之神經科技輔具的研發與應用(III)

子計劃四:頸髓損傷患者上肢神經科技輔具之研究

Development and Miniaturization of a DSP-based Neuromuscular Electrical Stimulation System (III)

計畫編號：NSC 91-2614-E-002-003

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：賴金鑫

國立臺灣大學復健科

協同研究人員：郭德盛

國立臺灣大學電機系

協同研究人員：陳友倫

私立華夏工專電機科

一、中文摘要

肢體的麻痺導會往往導致嚴重的運動功能及日常活動功能喪失。然而在傳統的復健治療下，脊髓損傷的病人的預後往往只能以殘存的肌肉功能來決定。而神經科技輔具(neural prosthesis)利用電腦控制電刺激取代失去的神經系統功能，產生既定的動作，可以重建患者所失去的功能。因此神經科技輔具為現代復健治療上，恢復失能者日常生活能力的一種重要的工具。

本研究的目的，即在於研究一本土的神經輔具系統之核心——神經肌肉刺激器。本計畫之目標為刺激器設計，並提供刺激器供其他子計劃使用。目前已順利完成此項目標。

關鍵詞：神經科技輔具、脊髓損傷、電刺激器

Abstract

The loss of motor function of limbs will cause severe impairment of daily activity. In classical rehabilitation program, the outcomes of the spinal cord injury (SCI) patients are determined by the residual motor function. Neural prosthesis, which replaced the functions of damage neural system, could restore the motor functions which could not be done in classical program. Therefore, using neural prosthesis to restore the abilities for activities of daily living is one of the

major therapeutic methods in rehabilitation.

The aim of this study is to develop the kernel of neural prosthesis-the neuromuscular stimulator. The goals of this project were to design the stimulators and to provide them to other subprojects. Now the goals were completed as proposed.

二、緣由與目的

神經科技輔具是利用電刺激癱瘓肢體的神經肌肉，使肌肉產生收縮，進而產生功能上有用的動作。神經科技輔具在復健上的運用首先是由 Liberson 等人用於中風病人步行時的懸垂足(foot-drop)矯正[1]。自此之後神經科技輔具使用便用來重建中樞神經病變或受傷的病人所喪失的功能。

脊髓損傷(Spinal Cord Injury, SCI)是因為病人的脊髓受到病變或外傷導致四肢及軀幹完全或者不完全麻痺。而對不同位置的受傷病患，會產生不同程度的功能喪失。其中頸髓受傷的患者往往是這類患者中其中功能受損最嚴重的一群。

在國內，已有臺灣大學電機工程研究所及成功大學醫學工程研究所對此題目進行研發。並已有成果發表於國內外之期刊[2-4]。然而對於全身癱瘓的脊髓損傷患者，目前國內並沒有研究者對此進行研究；而在國外的相關研究仍有一些問題存在，必須要解決。舉例而言，目前所能控制的動作仍是十分地不自然，不能使病人

的心理接受；不容易有回饋的信號（如觸覺、壓覺、溫度覺）…。此外，由於專利的問題，引進國內要花費大量的經費，不符合成本的效益。

本研究的目的，即在於研究一本土的神經輔具系統之核心——神經肌肉刺激器。此刺激器有多種輸出入控制能力、可用於多種損傷程度使用的神經肌肉刺激器。

三、研究方法與進行步驟：

本功能性電刺激系統架構可分為三大部分：

1. 個人電腦與其上之人機介面
2. 數位訊號處理器（DSP）為核心的數位控制電路
3. 定電流類比隔離輸出模組與交換式昇壓電路（switching power supply）。

臨床實驗者可以透過在電腦視窗作業系統下撰寫的圖形化介面設計或控制電刺激的各項參數，經由電腦的串列傳輸埠傳送資料與命令到達電刺激器的數位控制部分。由數位訊號處理器解讀和運算之後，輸出電壓刺激波形，再經電壓電流轉換電路配合交換式昇壓電壓源，便經電極貼片將真正刺激電流輸入人體。

關於人機介面部份，本研究是使用 Borland C++ Builder® 程式語言與 National Instrument Labview 程式語



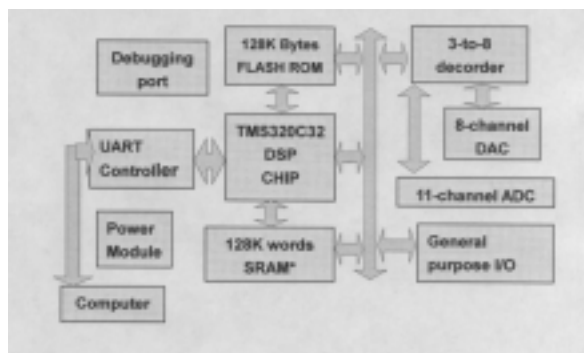
圖一 視窗下之介面

言在 Microsoft Windows® 作業系統的環境之下開發的視窗化人機介面程式。



圖二 Labview 之控制介面

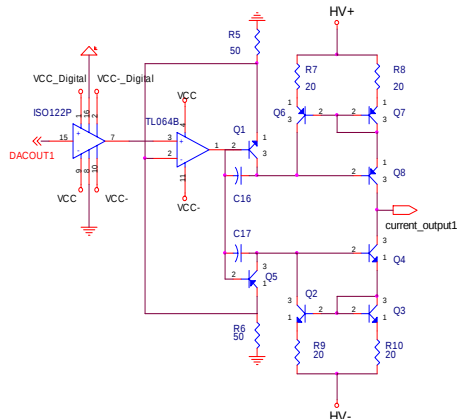
本系統數位控制電路部分的硬體方塊圖如圖三所示，包括數位訊號處理器 TMS320C32 作為系統主控制器，快閃唯讀記憶體（Flash Random Access Memory, Flash ROM）儲存系統程式及資料，靜態隨機存取記憶體（Static Random Access Memory, SRAM）則是系統操作時的暫存空間，DSP 負責即時合成刺激波形並透過數位類比轉換器（Digital to Analog Converter, DAC）透過解碼器輸出至定電流類比隔離電路。類比數位轉換器（Analog to Digital Converter, ADC）則經由組碼器之後將類比訊號回傳至 DSP，可收取各種電刺激反應訊號進行回授控制。系統另有通用輸入／輸出腳位（General I/O）可接受或輸出數位形式的訊號做為回饋控制或控制其他週邊元件。UART 控制器是連接個人電腦與 DSP 之間的通訊溝通。另外，電源模組則提供數位系統所需之正負電源，除錯埠（Debugging Ports）則提供系統發展除錯所用。



圖三 系統架構圖

本系統目前有四個輸出通道，每個通道都有一組定電流隔離類比電路將來自數位控制電路的刺激波形電壓，轉換成經過

隔離，且不會因人體皮膚阻抗隨時改變而改變的定電流刺激輸出。定電流電路設計如圖四



圖四 定電流電路

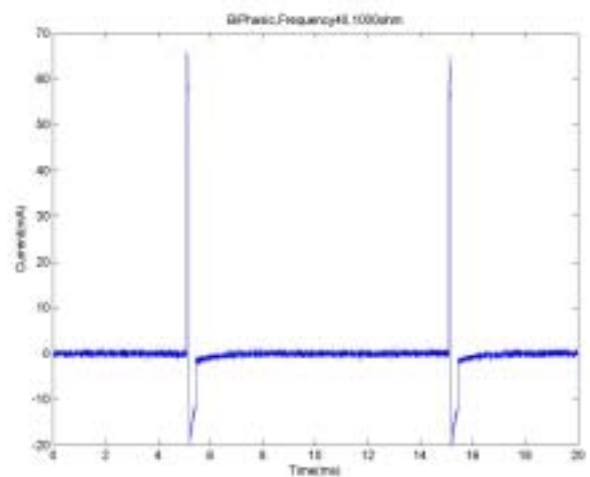
四、結果與討論

本計劃第三年所設計之刺激器規格描述如下：

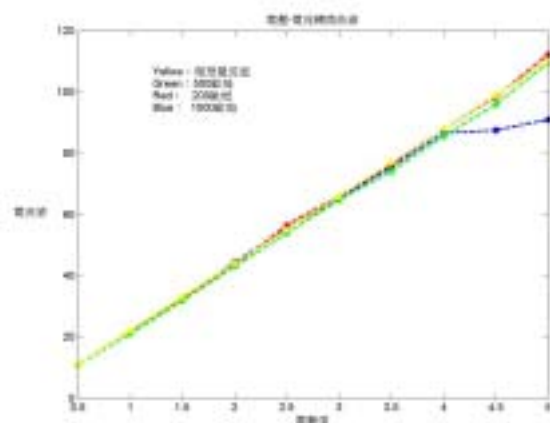
1. 可輸出通道數：4
2. 刺激元素參數調整範圍：
 - 波寬（pulse width）及間波休止區間（inter-pulse interval）：最小 40us，最大 6300us
 - 解析度：最大 40us，正常可用 50us
 - 非對稱補償倍率：2~10 共九種倍率選擇
 - 脈波頻率：1Hz~200Hz
 - 脈波頻率解析度：1Hz
3. 刺激包波調整範圍：
 - 描述刺激時間：最小 10ms，最大 60s
 - 解析度：0.05ms
 - 電流描述極限最大值：正負 180mA（負載 500 歐姆）
 - 電流描述解析度：1mA
4. 符合 IEC-601-1-1 及 IEC601-2-10 之安全規範，無臨床使用之安全顧慮。



圖五 刺激器外觀



圖六 不同解析度下非對稱波波形



圖七 電流線性度

五、計畫成果自評

目前本計畫已順利完成預訂目標，並於其他子計劃中使用此刺激器。本計畫之初步研究成果已進行投稿[4]，也吸取許多寶貴經驗，完整的研究成果正積極準備進一步發表中。

六、參考文獻

[1] H. J. Chizeck, R. Kobetic, E. B. Marsolais, J. J. Abbas, I. H. Donner, and E. Simon, "Control of functional neuromuscular stimulation system for standing and locomotion in paraplegics," Proc. IEEE, vol.

76, no. 9, pp. 1155-1165, 1988.

[2] G-C Chang, J-J Luh, G-D Liao, J-S Lai, C-K Cheng, B-L Kuo, and T-S Kuo, "A neuro-control system for the knee joint position control with quadriceps stimulation," IEEE Trans. Rehabil. Eng. vol. 5, no. 1, pp.2-11, 1997.

[3] C-C Ku and K. Y. Lee, "Diagonal recurrent networks for dynamic systems control," IEEE Trans. Neural Networks. vol. 6, no. 1, pp.144-156, 1995.

[4] H.C. Wu, S.C. Wang, J. S. Lai, T. S. Kuo, and S. T. Yang "A novel constant current stimulator for neural prosthesis" submitted to Electronic Letter.