

機電工程模組化實驗系統之研製與教學改進計畫：總計畫(III)

Research on the Education of Mechatronics Engineering and Implementation of a Modular Experiment System (III)

計畫編號：NSC 87-2512-S-009-004-EE

執行期限：86/08/01限87/07/31

主持人：鄒應嶼博士 國立交通大學電機與控制工程系 系 系

一、中文摘要：(關鍵詞：機電工程、數位信號處理器、微電腦控制、感測與量測、電力電子、馬達控制、智慧控制、機械系統、雙軸單擺平衡系統、模組化實驗教學系統)

本計畫擬研製一套具有整合性、實用性與前瞻性的機電工程(mechatronics engineering)教學實驗系統並規劃一個核心課程。此計畫的核心在於建立一個雙軸的單擺平衡系統，此單擺以 CCD 偵測之影像判斷其偏離平衡之角度，採用以經驗法則為基礎的模糊控制方法，使此單擺可倒立平衡或如吊車般的移動而不擺動。在研製此雙軸單擺平衡系統的同時，本計畫亦發展模組化的子系統與相關的實驗教材。總計畫包含五項子計畫，主要針對數位信號處理器、微電腦控制、感測與量測、電力電子、馬達控制、智慧控制、機械系統的整合性教學實驗提出具有實用性與前瞻性的教學實驗系統研製計畫，以培養學生使用先進的元件、電腦輔助設計軟體、與儀器設備而能自行設計製作機電系統的能力。本計畫以教學實驗為發展目標，課程教學之輔助實驗為導向，以理論實務相輔相成的觀念，加強學生實作動手與實驗分析能力，發展出新型的教學實驗設備與教材。

型文摘要：(Keywords: mechatronics engineering, digital signal processor, microcomputer control, sensing and measurement, power electronics, motor control, intelligent control, mechanical system, two-dimensional pendulum balancing system, modular experimental system)

This project has developed an integrated, practical, and innovative laboratory oriented modular experiment system for the education of mechatronics engineering. The kernel of this project is to construct a two-dimensional pendulum balancing system. The pendulum can be either inverted (upward) balanced or downward moving without swinging using fuzzy control scheme with real-time image detection of its balancing angle. The proposed mechatronics experiment system is constructed based on the modular design concept. The system is composed by modules

designed by several sub-projects. This three-year project consists of five sub-projects, which focus on the education of how to integrate new technologies developed in electronics, computer, sensing and measurement, power electronics, mechanical engineering, and intelligent control. The developed modular experiment system and laboratory course notes provide students a new environment to learn practical techniques and build up their system integration and analysis capability using new components, equipment, and techniques.

二、計畫緣由與目的的

機電工程是一門藉由自動控制而整合機械、電子、電腦的整合性工程技術，其觀念可以圖一來表示，因此機電工程可以說是藉由信號的傳輸與回系控制方法將電腦、電子、電力、感測、機械等技術整合為完成自動控制成的而發展出的一種工程技術[1]-[5]種

我國近年來電子與資訊工業發展迅速，但自動化工業之發展則相對緩慢，造成這種現象的原因一方面固然是因為自動化本是資訊化的後續發展，但自動化領域機電工程人才的才以培育尤為主要關鍵種雖然學者專家皆強調機電整合的重要性，但在我國當今的系育體制中，至今無論工專、技術學院、或大學均缺乏一套整體規劃的機電工程整合系育學程，而相關的實驗設備與系材尤其缺乏，因此在機電整合人才的培育上也就零星散漫，這也使得急需機電整合人才的自動化工業廠商才以招聘合適的人才，而工業界的機電整合人才也多是在經過多年自行摸索後而逐漸養成的種

機電工程之所以重要正因為它是自動化工業與工業自動化的基礎整合技術，這門新興的學問即使工業先進國家亦處於摸索發展階段，

因此相關的系育學程與系材也段處於發展階段[6]-[13]種我國高等系育的師資多來自美國，而美國在自動化工業的發展本身即不完整，其相關之研究與系學也不健全，因此也就缺乏學習摩仿的管道種但自動化工業技術的發展對我國未來在高科技的發展影響深遠，也是非做不可的事，克服此領域的發展瓶頸，根本之道即在於有系統的培育優秀的機電整合人才種為了落實這個想法，如何根據本土自動化工業的需要，吸取先進國家之經驗，自行發展具有本土特色的機電工程系學設備與整合學程即是本計畫的理念種理

本計畫旨在研擬一個具有整合性、實用性與前瞻性的機電工程模組化系學實驗系統並發展相關之系材與實驗講義種此計畫的核心在於建立一個雙軸的單擺平衡系統，此單擺以 CCD 偵測之影像判斷其偏離平衡之角度，採用以經驗法則為基礎的模糊控制方法，使此單擺可倒立平衡或如吊車般的移動而不擺動種在研製此雙軸單擺平衡系統的同時，本計畫亦發展模組化的子系統與相關的實驗系材種總計畫包含五項子計畫如表一所示，主要針對數位信號處理器、微電腦控制、感測與量測、電力電子、馬達控制、智慧控制、機械系統的整合性系學實驗慧出具有實用性與前瞻性的系學實驗系統研製計畫，以培養學生使用先進的元件、電腦輔助設計軟體、與儀器設備而能自行設計製作機電系統的能力種

三、研究方法的

本計畫是一個法年法整合性工程系育研究計畫法，擬研製一個以 PC 與數位信號處理器(DSP)為基礎的法機電工程模組化實驗系統法，此系統之組成如圖法所示，以雙軸法動控制平台為機電整何與自動控制的成標系統種總計畫負責定義各模組間的相互關係與界面標準，根據整體系統的需求逐步定義出硬體、軟體、與實驗系材的細部分工與界面標準種本計畫將以共同訂定之硬體界面為基礎，藉由數位信號處理器的快速法算能力以軟體控制

(software control)方算將系統整合種

本計畫採用模組化設計方法，以雙軸法動控制平台為機電整合與自動控制的實驗系學系統，擬研製「DSP 數位控制模組」、「模糊控制模組」、「量測感測模組」、「功率轉換模組」、「雙軸平台模組」等子系統，各子系統均將發展實驗系統與系學講義，並以這換子系統組合為機電整合實驗系學系統種

本階段主要進行法機電工程模組化實驗系統法之系統整合與整體實驗規劃，總計畫將定義各子計畫所發展之模組與實驗系材種在系統整合上由子計畫 2 與 5 發展智慧換雙軸吊車定位系統與雙軸精密定位系統種由於本計畫係以大學部的實驗系學為成標，因此各子計畫不密著重其連貫性，在內容上更強調以此具體成標的實驗設計與講義編寫種為了落實本計畫，總計畫主寫人將於八十五學年之第二學期於本系大法下學期第一次開系「機電工程」這門課，課程內容以本計畫所發展的系材為主，並逐年課行所發展的實驗設備與系材種此階段擬進行之工作摘錄於下：

1. 進行機電工程模組化實驗系統之系統整合
2. DSP數位控制之系統整合與系材編寫
3. 智慧換雙軸吊車定位系統之系統整合與系材編寫
4. DSP量測感測之系統整合與系材編寫
5. DSP伺服驅動之系統整合與系材編寫
6. 雙軸精密定位系統之系統整合與系材編寫

四、結論與成果的

本計畫的研究成果，可歸納為下列幾點：

1. 子計畫一研製以 16 位元 DSP 基礎的「DSP 數位控制模組」，及發展配合機電整合之實驗系材種針對數位訊號處理器實驗電路板，建立一個適合於控制系學的發展環境種計劃所製作之數位訊號處理器實驗系材境在國立交通大學電機資訊學院開設之實驗課程使用，對象為大法、境之學生選修種成前境開設法個學期種對此一領域技術人才培訓，境有具體成效，圖十二為上課之實效種

2. 子計畫二發展一套有趣且普及化的智慧型控制教材，包括第一年度開發了一個模糊類神經網路控制模組，第二年度配合子計畫四、五建立的吊車機構，成功的建立吊車定位控制的模糊經驗法則，並發展完成模糊定位控制器。第三年度進一步發展多目標模糊控制系統，使控制器能同時達成複雜多變的多目標控制的效應。在實際應用上，完成吊車系統多目標控制的”定位控制”與”擺動角度控制”的實驗，並完成兩個實驗講義的編撰。
2. 子計畫法主要針對機電整合感測實驗模組雛型研製及個別實驗設計，同時根據模組之介面定義，逐步進行總計畫規劃之系統整合實驗設計與施行。在教學方面，本計畫編撰實驗教材，配合本系大二、三之感測元件與實驗課程，進行實驗教學，作為改進推廣之參考。在本系大學部感測技術實驗室之支援下，本計劃以三年時間分階段進行並達成計畫之目標。
4. 子計畫境研製完成以單晶片 DSP 為基礎的伺服驅動模組，並發展以 DSP 為基礎的電力電子與電機控制實驗，其中包片片電機控制、變頻器控制、與交片電機控制之實驗規畫與講義頻寫種
5. 子計畫五目的在於說明精密運動控制之原理，並建立精密運動控制的實驗模組與教材，使學生與實際操作人員經由教學與實驗，瞭解運動控制的關鍵原理。本研究針對 DDA 及人機介面發展出兩個實驗，對相關的教學，可幫助學生深入瞭解其原理與應用。完成「雙軸平台模組」「輪廓法動之插值器設計、加減速控制器、CNC 之 G-code 功能、人機界面與實驗講義種理

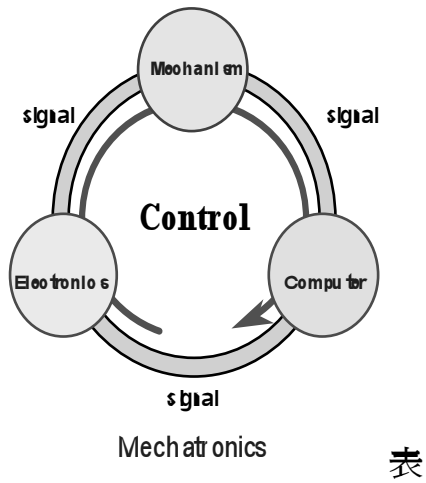
五、參考文獻

- [1] N. Kyura and H. Cho, "Mechatronics - an industrial perspective," *IEEE Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 1, pp. 10-15, March 1996.
- [2] F. Harashima, M. Tomizuka, and T. Fukuda, "Mechatronics - What Is It, Why, and How?" an editorial, *IEEE Transactions on Mechatronics*, vol. 1, no. 1, pp. 1-4, March 1996.
- [3] R. Comeford, "Mech ... what?" *IEEE Spectrum*, pp. 46-49, Aug. 1994.
- [4] K. Miura, *Mechatronics: Electromechanics and Controlmechanics*, New York, Springer-Verlag, 1993.
- [5] J. R. Hewitt, *Mechatronics*, New York, Springer-Verlag, 1993.
- [6] U. Ozguner, "Three-course control laboratory sequence," *IEEE Control System Magazine*, vol. 9, no. 3, pp. 14-18, April 1989.
- [7] G. F. Franklin and J. D. Powell, "Digital control laboratory courses," *IEEE Control System Magazine*, vol. 9, no. 3, pp. 10-13, April 1989.
- [8] K. Furuta and M. Yamakita, "A new inverted pendulum apparatus for education," *IFAC Conf. Advances in Control Education*, Boston, MA, pp. 191-196, June 1991.
- [9] P. Hsu, "Dynamics and control design project offers taste of real world," *IEEE Control Syst. Mag.*, pp. 31-38, Jun. 1992.
- [10] S. Saba, "Electronics challenges for innovation in industrial and social systems," in *Int. Power Elec. Conf. Rec.*, Tokyo, Japan, pp. 1-4, 1983.
- [11] M. K. Masten, "An industrial challenge to control system educators," in *Preprints 1991 IFAC Conf. Advances in Control Education*, Boston, MA, pp. 1-6, June 1991.
- [12] B. K. Bose, "Power electronics - an emerging technology," *IEEE Trans. on Ind. Electron.*, vol. 36, no. 3, pp. 404-412, Aug. 1989.
- [13] *Workshop Proc. on Development power electronics curriculum: courses, hardware and software laboratories*, March 24-26, 1996, Orlando, Florida, USA.
- [14] T. H. Slomas, "Laboratories for an undergraduate course in power electronics," *IEEE Trans. on Education*, vol. 38, no. 4, pp. 365-369, Nov. 1995.
- [15] S. Mori, H. Nishihara, and K. Furuta, "Control of unstable mechanical system - control of pendulum," *Int. J. of Control*, pp. 673-692, vol. 23, 1976.
- [16] K. Furuta and M. Yamakita, "A new inverted pendulum apparatus for education," in *Preprints 1991 IFAC Conf. Advances in Control Education*, Boston, MA, pp. 191-196, June 1991.
- [17] Q. Wei, W. S. Levine, and W. P. Dayawansa, "An experiment to demonstrate the bandwidth requirements of a nonlinear controller," in *Preprints 1991 IFAC Conf. Advances in Control Education*, Boston, MA, pp. 183-185, June 1991.
- [18] K. Pritchard, "PC-based simulation in control system design," *Control Engineering*, vol. 40, pp. 31-32, 1993
- [19] 胡竹生，1995，"簡介數位訊號處理器及其應用"，電子月刊，第3期，第155至162頁。
- [20] 蘇柏瑞，1997，"多功能數位訊號處理器電路板設計與其在低轉速馬達上之應用"，國立交通大學碩士論文。
- [21] 胡竹生、陳榮偉，定點數位訊號處理器應用程式設計與實驗，全華圖書公司，1998年5月。

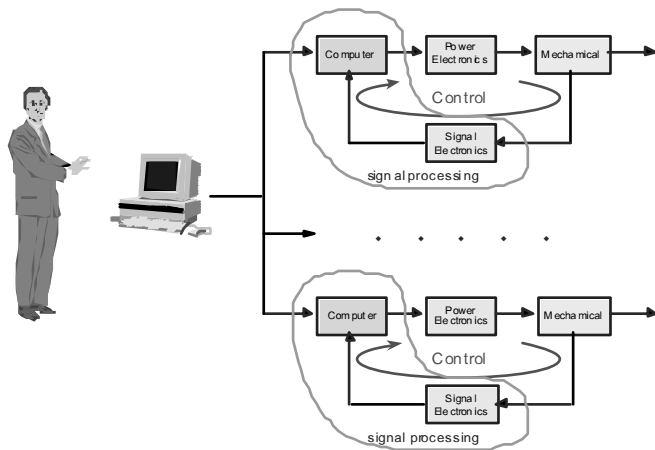
表(一) 機電工程教學改進計畫之子計畫

<p>總計畫名稱：機電工程模組化實驗系統之研製與教學改進計畫</p> <p>子計畫編號、主持人與計畫名稱：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.【胡竹生】數位信號處理模組化系統之研製與教學改進計畫 2.【林運盛】智慧型控制實驗模組之研製與教學改進計畫 3.【宋開泰】機電整合感測實驗模組之研製與教學改進計畫 4.【鄧應麟】電力電子與馬達驅動實驗模組之研製與教學改進計畫 5.【徐保羅】精密運動控制之模組整合關鍵技術之研究

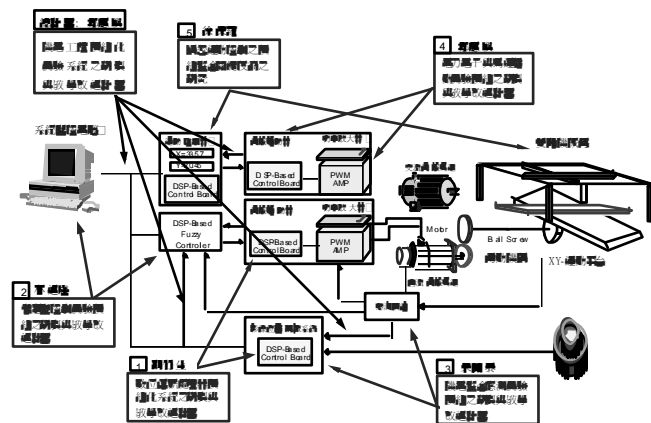
六、圖表表



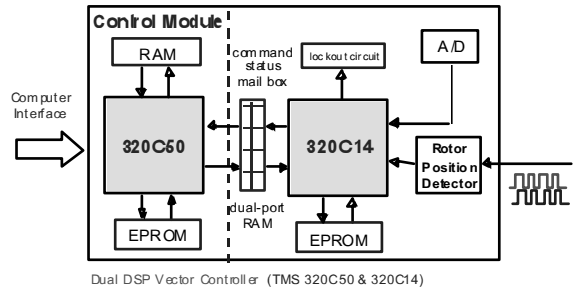
圖(一) 機電工程的觀念示意圖



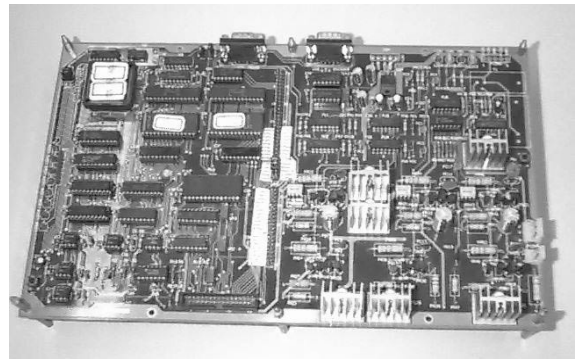
圖(二) 機電工程系統與控制系統的關係



圖(三) 機電工程模組化實驗系統



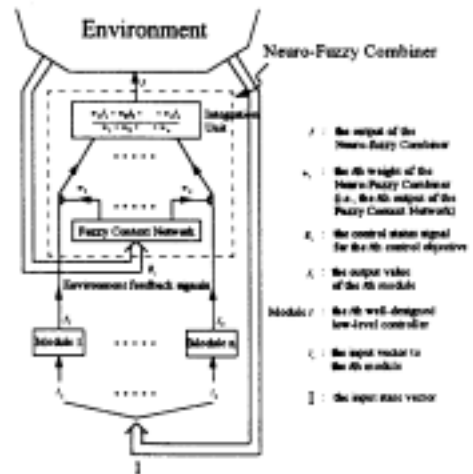
圖(四) 雙 DSP 控制板的系統架構圖



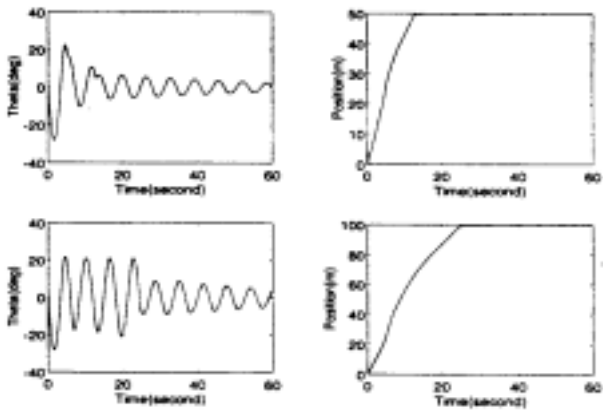
圖(五) 研製完成的雙 DSP 控制板



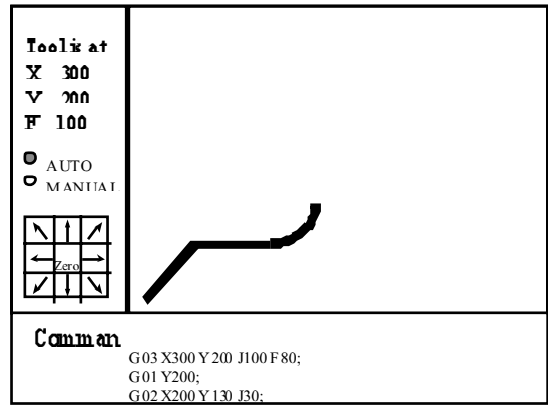
圖(六) 以 TMS320C5x 為中央處理器電路母板的基本架構圖



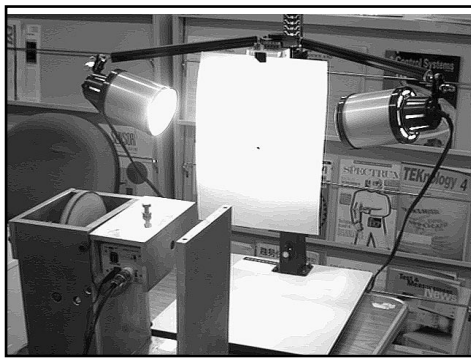
圖(七) 多目標模糊控制系統



圖(八) 子計畫二之吊車系統之位置控制器實驗結果



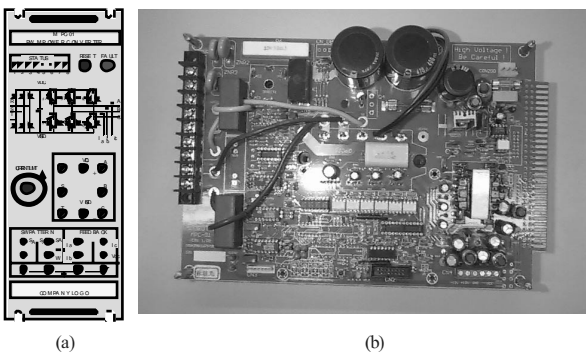
圖(十二)子計畫四發展之精密運動控制 CNC 實驗人機界面



圖(九) 子計畫三發展之即時影像實驗系統



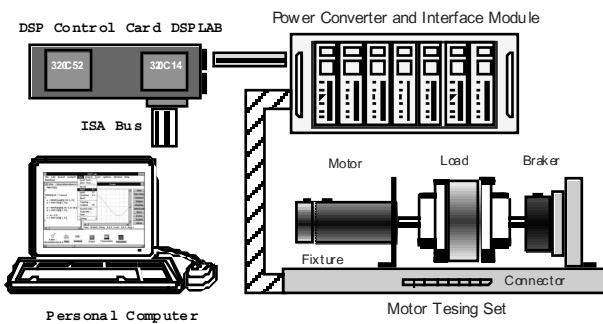
圖(十三) 總計畫整合之倒單擺實驗系統



圖(十) 子計畫四研製之(a)功率放大器的面板 (b)功率放大器的主電路板



圖(十四) DSP 實驗課上課情形



圖(十一) 子計畫四發展之模組化電力電子與馬達控制實驗系統