

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

DSP 伺服控制板研究 Study and Design of DSP Based Servo Control Board

計畫編號： NSC 87-2212-E-009-003

執行期間：86年8月1日至87年7月30

主持人：成維華 交通大學機械系 教授

一、中文摘要(關鍵詞:數位信號處理、FFT、參數鑑別)

在切削精密加工業的發展中，控制器的速度與能力，佔有極重要的地位。為配合計畫的總體目標，本計畫採用TI TMS320C50 DSP晶片做為中央處理器，以發展、設計所有需要的附屬電路。

DSP(數位信號處理器)是專為高速數值計算所設計的微處理器，在數位濾波器、FFT與適應控制等應用，使用DSP能夠得到極高的效能，是一般微處理器所無法達到的。本計畫之目標是建立一套用於PC-based控制系統，以DSP為基礎之伺服控制板，在個人電腦ISA-bus上運作。其特點包括：(1)在架構方面，ISA-bus可安裝多組DSP板，具有同時處理資料的能力。(2)在速度方面，使用TMS320C50 DSP具有20 MIPS乘法計算能力。(3)在運用方面，主機CPU及DSP板可以同時處理不同的計算工作，或是一組資料分別由多組DSP處理。(4)在資料傳輸方面，使用32K words 高速SRAM，可在主機與DSP之間做大量資料的及時傳輸。(5)在DSP軟體方面，可使用組合語言及C語言開發應用軟體。(6)在主

機控制軟體方面，物件導向之設計降低使用之困難。(7)在價格方面，以DSP為基礎，建立低成本之高性能伺服控制板。

最後以完成之硬體，進行即時FFT頻譜顯示應用，並進行以DSP做伺服系統及時參數鑑別之研究，以作為將DSP伺服控制板應用於加工控制之基礎。

英文摘要(Keywords: Digital Signal Processor, FFT, Parameter Estimation)

The speed and ability of the controller play an important role in modern industry. To reach the goal of optimal loop shaping control in high speed motion, we are planning to use TI DSP TMS320C50 as its processor, and to develop all required circuits.

DSP(Digital Signal Processor) is a high speed numerical processor. DSP achieves high performance digital filters, FFT and adaptive control systems. General purposed processors can not approach the computational speed of DSP.

The goal of the project is to build up a DSP-based servo control board worked on the personal computer's ISA-bus.

Some of the key features of the proposed system are:

1. Multiple DSP boards configuration performs concurrent processing.

2. The TMS320C50 DSP is capable of 20 MIPS MAC instruction.

3. By using the 32K words of high speed SRAM, we can process the memory of host CPU and global data memory of DSP concurrently, so that real-time massive data transfer can be achieved.

4. Assembly or C-language can be used as the DSP applications developing tools.

5. Object-oriented host application interface library.

6. Low cost DSP-based servo control board.

It is also described methods for implementing real-time FFT spectrum display and real-time parameter estimation using the DSP board. By examining the applicability, advantage and limitation of the controller, the design and implementation of DSP based high speed controller can be achieved successfully.

二、計劃緣由與目的

數位信號處理器(DSP)具有即時(Real-Time)信號取樣並快速演算處理之能力，常常運用在數位信號濾波、迴旋運算、信號間的比較和信號的矯正放大及轉換。這些功能在傳統上都是使用類比電路來完成，但是類比電路無法完成複雜控制動作。一直到最近，隨著半導體技術進步，使用者才能利用DSP處理這些功能的運作。

DSP可以很容易的進行數位

濾波、信號處理、資料處理、數字運算、調變和頻譜分析等動作，因而被廣泛應用於電信通訊、資料通訊、無線通訊、電腦、影像處理、儀器、高速控制等方面。所有類比濾波器能做出的濾波功能都可以利用DSP達成。此外，DSP具元件少、效率佳、應用領域廣，不易受雜訊和電源影響、不需濾波器調整，且擁有較高的抗雜訊能力等優點。

在精密加工業的發展中，控制器的速度與能力，佔有極重要的地位。本計畫採用TI TMS320C50 DSP晶片做為中央處理器，以發展、設計所有需要的附屬電路。運用DSP高速、強大的計算能力，設計研製一DSP高速伺服控制板，來控制伺服系統，彈性製造出任何不同特性的工件。

三、研究方法與成果

本研究計畫發展以TMS320C50 DSP為基礎之伺服控制板，並作成個人電腦附加卡(Add-on card)的形式。設計重點在於主機Host CPU與DSP能夠做多處理器同時處理，並能夠做即時大量資料傳輸。同時發展載入程式與界面程式，期望將日漸成熟的PC-based控制，引進DSP所特有的強大計算能力。此外，高效能的PC-based DSP控制系統，也可以成為開發DSP控制器的發展工具。在應用方面，使用這套系統進行即時FFT頻譜顯示與伺服系統即時參數估測應用的研究。

四、結果與討論

本研究計畫所發展完成的DSP伺服控制板(如圖一、圖二所

示)是以DSP為基礎之PC附加卡(Add-on card)，可視作PC-based控制的DSP延伸。完整的系統包含TMS320C50 DSP、32K x 16位元的SRAM、數位 I/O、A/D、D/A與Encoder界面等。設計目標是每片DSP板可以成為高性能之雙軸伺服控制器，同時必須能在一台PC主機上安裝多片的DSP板，做更多軸數的控制或多處理器應用。

DSP板的使用方式是利用PC主機將DSP的程式載入到DSP板上的SRAM，然後將DSP Reset，開始執行程式。DSP板與Host之間有16位元的雙向平行I/O，Host可以隨時命令DSP暫停(Hold)或繼續執行，也可以隨時對DSP板上的記憶體做直接記憶體存取(Direct Memory Access, DMA)，進行大量資料的傳輸，DSP可以當作Host的僕處理器(Slave processor)，實現DSP與Host的同時(Concurrent)處理運算。

在應用方面，以DSP板加上Host PC作為Real-time FFT頻譜顯示器用。DSP首先以100 KHz的速度做512點的取樣，儲存在整體記憶體中，然後執行FFT演算，將所得頻譜存放在整體記憶體中。經實驗結果，在486級的電腦上配合DSP板，可達到每秒44次的圖形更新率，超過一般認為Real-time顯示的需求。由於DSP負責處理取樣、FFT演算工作，Host CPU負責處理振幅頻譜計算、繪圖及人機界面工作，因此本DSP板具有平行處理功能。

伺服系統的參數估測方面，我們選用最小平方法(Least Square Method, LS)與遞推最小平方法(Recursive Least Square Method, RLS)進行參數估測。LS

用於方波信號效果良好，RLS則可適用於方波與PRBS信號。但兩者所估測參數均有振動之情形，可考慮在參數估測結果加入數位濾波器演算法，產生較平滑的結果。以LS與RLS應用在方波信號有較好的結果，都可以正確追蹤到參數隨時間變化之情形。LS在應用於PRBS信號時所得估測結果則相當不穩定，RLS則收斂良好。部份結果如圖三、圖四、圖五、圖六、圖七、圖八所示。

五、參考文獻

- 1."TMS320C5X User's Guide", Texas Instruments, 1993.
- 2."TMS320C3X User's Guide", Texas Instruments, 1992.
- 3."TMS320C5X DSP Starter Kit User's Guide", Texas Instruments, 1993.
- 4."Digital Signal Processing Application with the TMS320 Family Volume 1,2,3", Texas Instruments, 1991.
- 5.Rulph Chassaing, "Digital Signal Processing with C and the TMS320C30", John Wiley, New York, 1992.
- 6.R. E. Crochiere and L.R. Rabiner, "Optimum FIR digital filter implementations for decimation, interpolation and narrow-band filtering", 1975, IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ASSP-23 Oct., pp.444-456.
- 7.R. Chassaing, W.A. Peterson, and D.W. Horning, "A TMS320C25-based multirate filter", 1990, IEEE Micro., Oct. pp.54-62.
- 8.Y. Dote, "Servo Motor and Motion

Control Using Digital Signal Processors", 1990, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. Y..

9.S. Dimitri and W. Olson, "Fast, Accurate, DSP System Controls Eight Axes of Motion", Power Conversion & Intelligent Motion, Vol. 16, No.3, pp.131-135, Mar., 1990.

10.D. I. Kim, J. I. Song and S. Kim, "Design of Digital Signal Processor System for CNC systems", 1991, International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, Kobe, Japan, Oct. 28, Nov.1, pp.1861-1866.

11. 蔣旭堂, "端銑神經網路最佳化切削與顫振模糊控制", 1994, 博士論文, 國立交通大學機械工程研究所.

12. 李安謙, 成維華, "非圓切削智慧型混合控制 Intelligent Hybrid Control in Noncircular Cutting ", 1996, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, NSC 85-2612-E-009-035.

13. 工研院機械所, 「工業控制系統與變頻器技術發展四年計畫」, 經濟部技術處, 82年6月

14. 李棟樑, 「數位訊號處理微電腦界面板之實作與應用」, 國立中央大學, 碩士論文, 民國84年

15. 陳榮偉, 「DSP-Based 精密運動在PC-Based 控制器上之整體實現」, 國立交通大學, 計畫成果報告, 民國85年

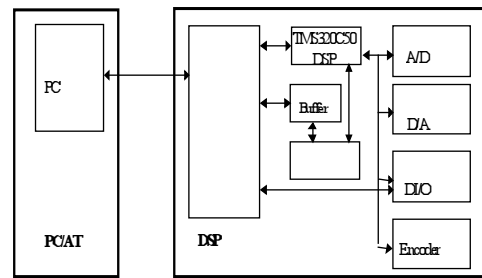
16. 廖俊期, 「發展新一代DSP運動控制單板及其FORTH語言之發展系統」, 國立交通大學, 計畫成果報告, 民國85年

17. 李安謙, " DSP Based 精密非圓切削強韌控制 ", 1997, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, NSC

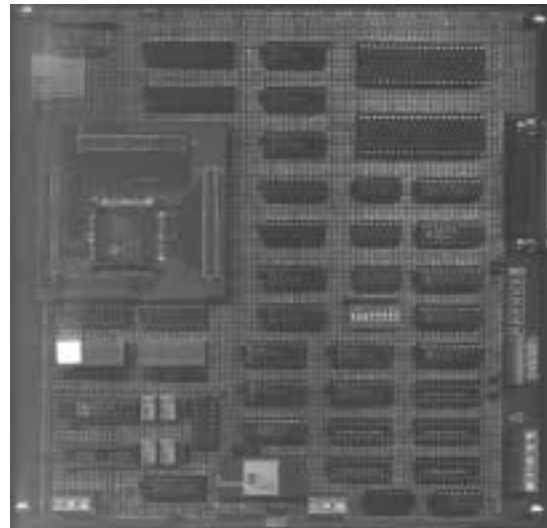
86-2221-E-009-084.

18. 成維華, " DSP Based 模糊類神經網路之設計應用", 1997, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, NSC 86-2221-E-009-083.

六、圖



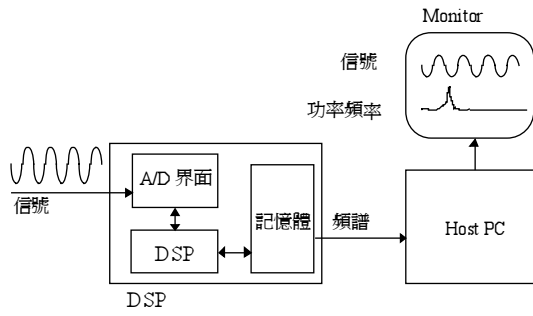
圖一 DSP 伺服控制板方塊圖



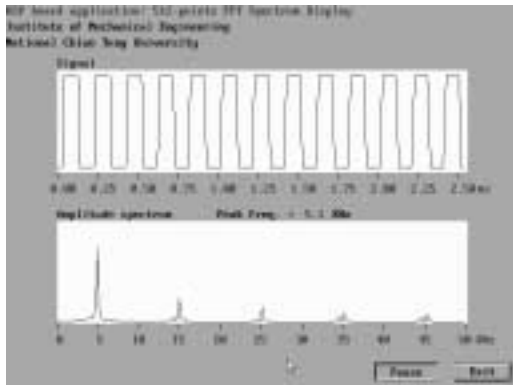
圖二 DSP 伺服控制板



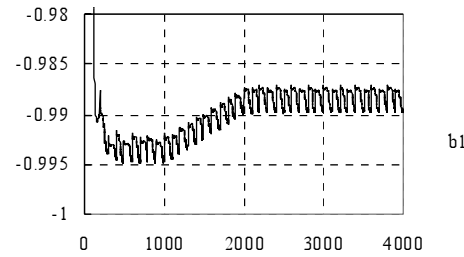
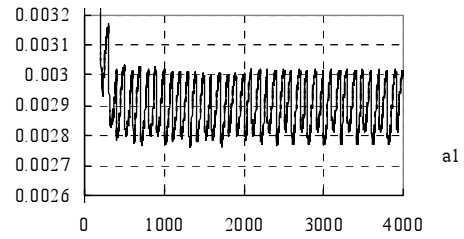
圖三 Windows 版本的DSP伺服控制板人機介面



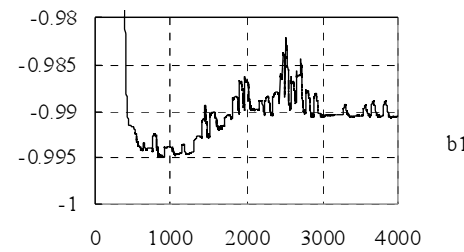
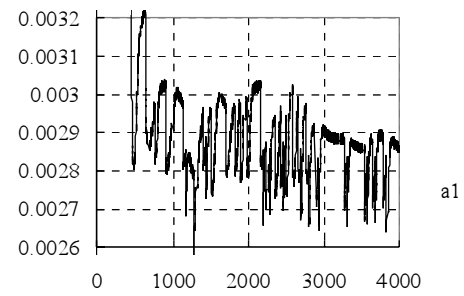
圖四 FFT頻譜顯示器系統架構



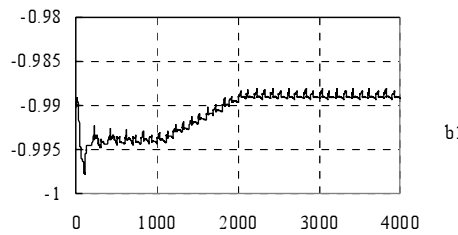
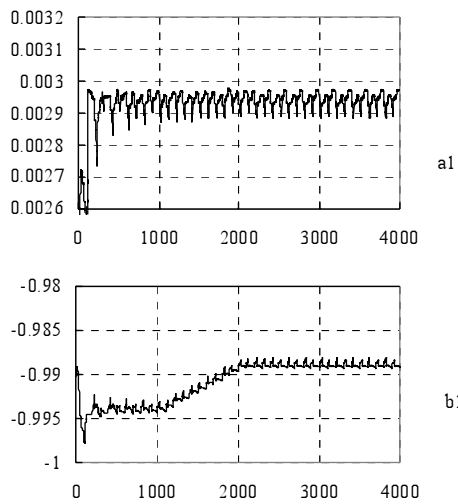
圖五 512 點 FFT 頻譜顯示



圖七 RLS參數估測(方波信號)



圖八 LS參數估測(PRBS信號)



圖六 LS參數估測(方波信號)