

# Study on the Linear Motor Driving System Based on DSP Control Architecture

蔡凱宸、陳昭雄

E-mail: 9510776@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

This thesis develops a linear synchronous motor driving system based on DSP control architecture. The hardware employees DSP of TMS320VC33 served as a main controller and FPGA of XILINX Spartan XC2S200 as an auxiliary logic circuit. Moreover, we also design an IGBT driving circuit, a current feedback circuit, an encoder feedback circuit and a stator detecting circuit for the driving system to complete a closed loop control system. DSP is used to run control program, such as coordinate transformation, decoupling, and state feedback control. It also sends three phase voltage command to FPGA. According to this voltage command, FPGA puts out PWM signal to switch IGBT's driver and then drive the linear motor to complete a precision position control. For the design of the controller, we firstly derive the dynamic model of the linear motor. This model is transferred to a linear and decoupling system using d-q coordinate transformation and state feedback linearization. Based on this linear model, we design a state feedback controller with pole assignment to guarantee the performance of the position control of the linear motor. Finally, we establish a practical driving system of the linear motor. Experiments confirm the effect of our proposed method. Key Words : linear synchronous motor, DSP , FPGA , state feedback control

Keywords : linear synchronous motor、 DSP 、 FPGA、 state feedback control

## Table of Contents

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 iv 英文摘要 v 誌謝 vi 目錄 vii 圖目錄 x 表目錄 xiv 符號說明 xv 第一章 緒論 1.1 研究動機 1 1.2 研究目的與方法 2 1.3 文獻回顧 3 1.4 內容大綱 5 第二章 線性永磁式同步馬達硬體架構 2.1 線性永磁式同步馬達硬體系統規格與規劃 7 2.2 線性永磁式同步馬達動作原理與分類 11 2.3 設計流程概念 14 第三章 DSP驅動控制系統 3.1 線性永磁式同步馬達驅動電路與週邊電路規劃設計 17 3.1.1 換流器/變頻器(Inverter) 17 3.1.2 光耦合器(Photo Coupler)電路 20 3.1.3 光學尺電路(Linear scale) 25 3.1.4 霍爾電流感測?授電路 31 3.1.5 DC電源供應器(DC power supply) 33 3.1.6 霍爾感測器電路 36 3.2 變頻器與脈寬調變原理與實現 37 3.2.1 三相方波變頻器 39 3.2.2 正弦脈波寬度調變變頻器 54 3.3 TMS320VC33 DSP規格介紹 57 3.4 TMS320VC33 DSP 微控制器結構配置 61 3.4.1 DSP數位控制卡 62 3.4.2 記憶體配置及I/O配置 63 3.5 控制軟體開發設計 68 3.6 FPGA硬體架構介面 71 3.6.1 FPGA開發設計流程 73 第四章 建模與控制器設計 4.1 磁場導向向量控制 77 4.2 座標轉換 77 4.3 線性永磁式同步馬達之動態建模 80 4.4 狀態迴授控制器設計 85 第五章 結果與討論 91 第六章 結論 105 參考文獻 106

## REFERENCES

- 參考文獻 [1]Gokios, Showa and Nagoya(1995), " DSP-Base Intelligent Motor / Motion Control ", American control conference, Vol.1, pp.490-494.
- [2]Ying-Yu Tzou and Tien-sung kou(1997), " Design and Implementation of an FPGA-Based Motor control IC for Permanent Magnet AC Servo Motors ", IEEE, Vol.2, pp.943-947.
- [3]Omar A.M. and N.A. Rahim(2003), " FPGA-based ASIC design of the three-phase synchronous PWM flyback converter ", IEEE, Vol.150, pp.263-268.
- [4]杜昌隆 (民 88), " 以FPGA為基礎之三階變頻器研究 ", 國立交通大學電機與控制工程學系, 碩士論文。
- [5]趙英宏 (民 86), " 數位式三相電流控制晶片之研製 ", 國立交通大學控制工程研究所, 碩士論文。
- [6]江晉毅 (民 87), " 以CPLD為基礎泛用型交流馬達控制IC之研製 ", 國立交通大學電機與控制工程學系, 碩士論文。
- [7]蔡明宏、龔應時 (2005), " 應用SoPC技術來延至永磁線性同步馬達伺服控制晶片 ", 南台科技大學電機工程學系, 2005自動化研討會CACS, 台南。
- [8]王振宇 (民 91), " 以CPLD為基礎之永磁式同步馬達伺服控制IC之研製 ", 國立交通大學電機與控制工程學系, 碩士論文。
- [9]賴逸軒、童建強、鄒應嶼 (2005), " 以DSP為基礎發展永磁同步馬達使用線性型或爾感測器之控制方法 ", 國立交通大學電機與控制工程學系, 2005自動化研討會CACS, 台南。
- [10]Ying-Shieh Kung(2005), " DSP-based Motion controller for Linear Motor Drive ", 2005 CASA, Tainan.
- [11]林信宏 (民 92), " 應用DSP/FPGA混合式系統於擁持式同步伺服馬達向量控制 ", 國立台灣科技大學電機工程系, 碩士論文。

- [12]Famouri P.(1992), " Control of a linear permanent magnet brushless dc motor via exact linearization methods ", IEEE Trans.Energy Conversion, Vol.7, NO.3, pp.554-551.
- [13]Miller C.E., A. van zyl and C.F. Landy(2002), " Modelling a Permanent Magnet Linear Synchronous Motor for control purposes ", IEEE, Vol.2, pp.671-674.
- [14]劉蘊陶 (民 90) , " 電機學 " , 頁425-452 , 新文京開發出版有限公司。
- [15]鄭振東 (民 88) , " 換流器驅動技術 " , 建興出版社。
- [16]劉昌煥 (民 92) , " 交流電動機控制:向量控制與直接轉矩控制原理 " , 第二版 , 頁71-80 , 東華書局。
- [17]TMS320C3x User ' s Guide(1997), Texas Instruments.
- [18]TMS320C3x C Source Debugger(1993), Texas Instruments.
- [19]TMS3203x/4x Optimizing C Compiler, Texas Instruments.
- [20]TMS320C3x/4x Assembly Language Tools, Texas Instruments.
- [21]Setting UP TMS320 DSP Interrupts in C, Texas Instruments.
- [22]Bootting a TMS320C32 Target System in a Environment, Texas Instruments.
- [23]唐佩忠 (民 93) , " VHDL與數位邏輯設計 " , 高立圖書。
- [24]Krause P.C.(1990), " Electric Machinery " , McGraw-Hill,New York.
- [25]Demerdash N.A. and T.W. Nehl(1980), " Dynamic Modeling of Brushless DC Motor for Aerospace Actuation " , IEEE Transactions on Aerospace and Electronic systems, Vol.16,pp.811-821.
- [26]張碩 (民 90) , " 自動控制系統 " , 第五版 , 鼎茂圖書。