

Fuzzy Controller Chip for Spindle Motor

張宗桓、洪進華

E-mail: 9223693@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

In this thesis, the fuzzy theory has been used to control the spindle motor of the CD-ROM. The rotational speed can reach to the target value rapidly and stably. Traditionally, the fuzzy controllers are almost implemented by microprocessor, which has lower operation frequency and results in lower performance of the system when dealing with more complex and high speed system [1]. Therefore, the hardware structure achieved by FPGA had been developed to improve the performance [2-4]. In this thesis, we propose further the ASIC design flow to implement fuzzy controller and expect it to be useful for the "real time system". We design a speed controller and take a spindle motor as the controlled plant. Finally, we use Matlab and Simulink tools to simulate the inference of the controller, and use the hardware description language Verilog to implement hardware architecture.

Keywords : Fuzzy ; Spindle Motor ; ASIC

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iv	英文摘要.....	v
誌謝.....	v	目錄.....	vi	圖目錄.....	vii
表目錄.....	x	第一章 緒論.....	xiii	1.1 前言.....	1
1.2 研究動機.....	1	1.3 研究方法.....	2	1.4 論文架構.....	2
第二章 模糊理論之探討.....	4	2.1 模糊理論簡介.....	4	2.2 模糊集合.....	5
2.3 歸屬函數.....	5	2.4 模糊控制器.....	6	2.4.1 模糊化介面.....	8
2.4.2 資料庫.....	8	2.4.2 資料庫.....	9	2.4.3 規則庫.....	9
2.4.3 規則庫.....	9	2.4.4 推論引擎.....	10	2.4.4 推論引擎.....	10
2.4.5 解模糊化介面.....	10	第三章 光碟機主軸馬達簡介.....	14	3.1 光碟機主軸馬達簡介.....	14
3.1.1 無刷直流馬達種類.....	14	3.1.2 霍爾元件.....	14	3.1.2 霍爾元件.....	14
3.1.3 無刷直流馬達驅動法.....	15	3.1.4 主軸馬達動作原理.....	16	3.2 主軸馬達數學模式.....	18
3.1.4 主軸馬達動作原理.....	16	第四章 主軸馬達模糊速度控制器.....	21	4.1 系統架構.....	21
4.1 系統架構.....	21	4.2 模糊控制系統.....	23	4.2.1 輸入與輸出變數.....	24
4.2 模糊控制系統.....	23	4.2.2 歸屬函數之定義.....	24	4.2.2 歸屬函數之定義.....	24
4.2.3 規則庫之定義.....	26	4.2.4 解模糊化方法之定義.....	26	4.3 模擬結果.....	28
4.2.4 解模糊化方法之定義.....	26	第五章 電路實現與模擬結果.....	29	5.1 硬體電路架構.....	33
4.3 模擬結果.....	28	5.1.1 浮點數表示法.....	34	5.1.2 模糊化系統.....	35
5.1 硬體電路架構.....	33	5.1.2 模糊化系統.....	34	5.1.3 推論系統.....	37
5.1.1 浮點數表示法.....	33	5.2 Cell Based設計流程.....	39	5.2 Cell Based設計流程.....	39
5.1.2 模糊化系統.....	34	第六章 結論與未來發展.....	46	參考文獻.....	48
5.1.3 推論系統.....	37	圖目錄.....	5	圖2.1 傳統集合.....	5
5.2 Cell Based設計流程.....	39	圖2.2 模糊集合.....	6	圖2.3 高斯型歸屬函數.....	6
第六章 結論與未來發展.....	46	圖2.4 三角型歸屬函數.....	7	圖2.5 梯形型歸屬函數.....	7
參考文獻.....	48	圖2.6 模糊系統基本架構.....	8	圖2.7 模糊推論過程.....	11
圖目錄.....	5	圖2.7 模糊推論過程.....	11	圖2.8 單值模糊推論過程.....	12
圖2.1 傳統集合.....	5	圖3.1 霍爾元件之原理.....	15	圖3.2 半波驅動方式.....	16
圖2.2 模糊集合.....	6	圖3.2 半波驅動方式.....	16	圖3.3 全波驅動方式.....	16
圖2.3 高斯型歸屬函數.....	6	圖3.3 全波驅動方式.....	16	圖3.4 利用霍爾元件之無刷直流馬達.....	17
圖2.4 三角型歸屬函數.....	7	圖3.4 利用霍爾元件之無刷直流馬達.....	17	圖3.5 主軸馬達等效模式.....	18
圖2.5 梯形型歸屬函數.....	7	圖3.5 主軸馬達等效模式.....	18	圖3.6 主軸馬達之等效方塊圖.....	19
圖2.6 模糊系統基本架構.....	8	圖4.1 主軸馬達模糊控制器系統架構.....	21	圖4.2 開迴路方塊模糊圖.....	22
圖2.7 模糊推論過程.....	11	圖4.2 開迴路方塊模糊圖.....	21	圖4.3 輸入電壓1V之馬達響應(無載).....	23
圖2.8 單值模糊推論過程.....	12	圖4.3 輸入電壓1V之馬達響應(無載).....	23	圖4.4 輸入電壓1V之馬達響應(有載).....	23
圖3.1 霍爾元件之原理.....	15	圖4.4 輸入電壓1V之馬達響應(有載).....	23	圖4.5 輸入輸出方塊圖.....	24
圖3.2 半波驅動方式.....	16	圖4.5 輸入輸出方塊圖.....	24	圖4.6 歸屬函數(一).....	26
圖3.3 全波驅動方式.....	16	圖4.6 歸屬函數(一).....	26	圖4.7 歸屬函數(二).....	26
圖3.4 利用霍爾元件之無刷直流馬達.....	17	圖4.7 歸屬函數(二).....	26	圖4.8 馬達控制步階響應圖.....	27
圖3.5 主軸馬達等效模式.....	18	圖4.8 馬達控制步階響應圖.....	27	圖4.9 模糊控制器模擬方塊圖.....	29
圖3.6 主軸馬達之等效方塊圖.....	19	圖4.9 模糊控制器模擬方塊圖.....	29	圖4.10 歸屬函數一之馬達響應圖(無載).....	29
圖4.1 主軸馬達模糊控制器系統架構.....	21	圖4.10 歸屬函數一之馬達響應圖(無載).....	29	圖4.11 歸屬函數一之輸出操作量(無載).....	30
圖4.2 開迴路方塊模糊圖.....	22	圖4.11 歸屬函數一之輸出操作量(無載).....	30	圖4.12 歸屬函數一之馬達響應圖(有載).....	30
圖4.3 輸入電壓1V之馬達響應(無載).....	23	圖4.12 歸屬函數一之馬達響應圖(有載).....	30	圖4.13 歸屬函數一之輸出操作量(有載).....	30
圖4.4 輸入電壓1V之馬達響應(有載).....	23	圖4.13 歸屬函數一之輸出操作量(有載).....	30	圖4.14 歸屬函數二之馬達響應圖(無載).....	31
圖4.5 輸入輸出方塊圖.....	24	圖4.14 歸屬函數二之馬達響應圖(無載).....	31	圖4.15 歸屬函數二之輸出操作量(無載).....	31
圖4.6 歸屬函數(一).....	26	圖4.15 歸屬函數二之輸出操作量(無載).....	31	圖4.16 歸屬函數二之馬達響應圖(有載).....	31
圖4.7 歸屬函數(二).....	26	圖4.16 歸屬函數二之馬達響應圖(有載).....	31	圖4.17 歸屬函數二之輸出操作量(有載).....	32
圖4.8 馬達控制步階響應圖.....	27	圖4.17 歸屬函數二之輸出操作量(有載).....	32	圖5.1 硬體系統電路架構.....	33
圖4.9 模糊控制器模擬方塊圖.....	29	圖5.1 硬體系統電路架構.....	33	圖5.2 IEEE 754浮點數標準定義法.....	34
圖4.10 歸屬函數一之馬達響應圖(無載).....	29	圖5.2 IEEE 754浮點數標準定義法.....	34	圖5.3 浮點數定義法.....	35
圖4.11 歸屬函數一之輸出操作量(無載).....	30	圖5.3 浮點數定義法.....	35	圖5.4 模糊化系統.....	36
圖4.12 歸屬函數一之馬達響應圖(有載).....	30	圖5.4 模糊化系統.....	36	圖5.5 減法器模擬圖.....	36
圖4.13 歸屬函數一之輸出操作量(有載).....	30	圖5.5 減法器模擬圖.....	36	圖5.6 資料庫.....	37
圖4.14 歸屬函數二之馬達響應圖(無載).....	31	圖5.6 資料庫.....	37	圖5.7 Data Base模擬圖.....	37
圖4.15 歸屬函數二之輸出操作量(無載).....	31	圖5.7 Data Base模擬圖.....	37	圖5.8 推論系統.....	38
圖4.16 歸屬函數二之馬達響應圖(有載).....	31	圖5.8 推論系統.....	38	圖5.9 推論系統模擬圖.....	38
圖4.17 歸屬函數二之輸出操作量(有載).....	32	圖5.9 推論系統模擬圖.....	38	圖5.10 解模糊化系統.....	39
圖5.1 硬體系統電路架構.....	33	圖5.10 解模糊化系統.....	39		

圖5.11 解模糊化系統模擬圖.....	40	圖5.12 加法器運算流程.....	40	圖5.13 乘法器運算流
程.....	41	圖5.14 乘法器演算法.....	41	圖5.15 除法器運算流程.....
圖5.16 除		圖5.17 Cell Based設計流程.....	43	圖5.18 Gate Level模擬波形
法器演算法.....	42	圖5.19 Overshoot模擬波形圖.....	44	圖5.20 晶片佈局圖.....
圖.....	44	表目錄		
表4.1 馬達參數表.....	22	表4.2 控制規則表.....	28	表5.1 預計規格
表.....	45	表6.1 電路比較表.....	46	

REFERENCES

- S.J Sharkey, D.J Brookfield, and W.M Steen, " Software for real time temperature control Sharkey ", Software Engineering for Real Time Systems of Third International Conference, pp. 93-97, 1991. Bao-Sheng Hu and Jing Li, " The Fuzzy PID Gain conditioner:Algorithm, Architecture and FPGA Implementation ", IEEE International Conference on Industrial Technology , 1996. Yi-Chi Yang, " Design of PID Fuzzy Controller IC Using FPGA ", Master Dissertation, Da-Yeh University, 2002. 許晨馨、李祖聖, " 以FPGA實現動態模糊控制器IC之設計 ", 成功大學碩士論文, 1999. 李明中, " 以模糊理論設計光碟機主軸馬達速度控制器 ", 逢甲大學碩士論文, 2000. L. A. Zadeh, " Fuzzy Sets ", Information and Control, Vol. 8, pp.338-353, 1965. 楊英魁、孫宗瀛、鄭魁香、林建德、蔣旭堂, " 模糊控制理論與技術 ", 全華出版社, 1996. 蘇木春、張孝德, " 機器學習:類神經網路、模糊系統以及基因演算法則 ", 全華出版社, 2002. H. Ichihashi and T. Watanabe, " Learning control by fuzzy models using a simplified fuzzy reasoning ", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems , pp.429-437, 1990. Chung-Cheng Wang, " Study for the Brushless Spindle DC Motor of a High—Speed CD-ROM Drive ", Master Dissertation, National Chiao Tung University, 1996. 黃昌圳、孫清華, " 最新無刷直流馬達 ", 全華出版社, 2001. 辰白, " 馬達驅動電路技術 ", 建興出版社, 1999. Gwo-Ruey Yu and Shun-Qin Yang, " Adaptive fuzzy-VSS control for the spindle motor of cd-rom systems ", IEEE International Conference on Industrial Technology, Vol.2, pp.1116-1121, 2002. D. A. Patterson, J. L. Hennessy, " Computer Organization & Design the Hardware/Software Interface ", Morgan Kaufmann Publishers, 2000.