

# 應用FPGA與人機介面設計之模糊PID控制器

林德、胡永栢

E-mail: 9419693@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

Fuzzy PID 控制器在近十年來已廣泛的被使用，在許多學者的研究和實驗中，證明Fuzzy PID 控制法比傳統PID 控制法更具強健性與效率。但同一組Fuzzy PID 控制法則並不適合全部的受控平台，甚至造成控制系統的不穩定。故使用描述方程式(DF)來分析系統的穩定度，並修正Fuzzy 演算法，使得控制系統更穩定與完善。本論文利用現場可規劃邏輯陣列(FPGA)晶片及Verilog 硬體描述語言設計一PID 控制晶片，在個人電腦中以Fuzzy 演算法計算PID 控制法則的比例參數、微分項參數與積分項參數，並藉由人機介面透過電腦並列埠介面傳送給PID 控制晶片以進行控制。使用馬達為受控平台中，其位置回饋也透過平行埠至電腦的人機介面以進行Fuzzy 運算與位置曲線分析。

關鍵詞：Fuzzy PID 控制、描述方程式、現場可規劃邏輯陣列晶片、人機介面

## 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 . . . . .	
. . . . . ix 表目錄 . . . . .		xi 第一章 緒論 1.1 研究動機及目的 . . . . .	1
. . . . . 2 1.3 論文架構 . . . . .	5	第二章 應用模糊演算法於PID 控制器 2.1 直流馬達特性與數學模式 . . . . .	6
馬達 . . . . . 6 2.2 PID 控制器理論 . . . . .	9	2.3 模糊控制理論 . . . . .	11
模糊控制理論 . . . . . 11 2.3.1 模糊集合 . . . . .	12	2.3.2 歸屬函數 . . . . .	14
2.3.3 描述方程式 . . . . .	19	2.3.4 模糊控制 . . . . .	15
2.4 Fuzzy PID 控制 . . . . .	22	第三章 PID 數位積體電路設計 3.1 PID 命令產生模組 . . . . .	27
3.2 AB 相回授位置解碼模組 . . . . .	32	3.3 脈衝寬度調變命令輸出模組 . . . . .	35
3.4 第四章 Fuzzy PID 控制介面軟體設計 4.1 平行埠傳輸介面 . . . . .	38	4.2 FPGA 實驗電路板 . . . . .	39
4.3 PWM 訊號控制之直流馬達驅動電路 . . . . .	40	4.4 人機介面之設計 . . . . .	40
4.4 第五章 結論與展望 5.1 實例分析 . . . . .	42	5.2 展望 . . . . .	46

## 參考文獻

- [1] 施慶隆，李文猶，控制系統實務-圓周倒單擺系統之PID 與模糊控制，飛統出版社，2003。
- [2] 施慶隆，李文猶，機電整合與運動控制:原理與單軸平台實例，高立圖書有限公司，1997。
- [3] Gupta, M.M., Trojan, G.M., and Kiszka, J.B., IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 16, 576-582. 1986.
- [4] C.C. Hang, K.J. Astrom and W. K. Ho. " Refinements of the Ziegler-Nichols tuning fomula, " Automatica, vol. 138, no. 2, 111-117, 1991.
- [5] Kwok, D.P., Tam, P., Li, C.K., and Wang, P., " Linguistic PID controller ", IFAC 11th Conq. Proc., 1990.
- [6] Eli Sternheim, Rajvir Singh, Rajeev Madhavan, Yatin Trivedi, " Digital Design and Synthesis with verilog HDL, " Automata Publishing Company, 1993.
- [7] Douglsa, J. Smith, " HDL Chip Design: A practical guide designing, synthesizing and simulating ASICs and FPGAs using VHDL or Verilog, " Doone Publications, 1990.
- [8] Pedrycz, w., Int. j. Control, 34, 402-421.
- [9] 楊克勤，" 設計直流馬達轉速遠端模糊監控系統 "，國立台灣海洋大學電機工程研究所碩士論文，2001。
- [10] F. Aubepart, P. Poure, C. Girerd, Y.A. Chapuis, and F. Braun, " Design and simulation of ASIC-base system control: application to direction torque control of induction machine, " IEEE ISIE Proc., vol. 3, pp. 1250-1255, 1999.
- [11] Ray, K.S., and Majumder, D.D., IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 14, 345-349., 1984.
- [12] Douglas J. Smith, " HDL Chip Design ", Doone Publications, 1994.

- [13] J. Pasanen, P. Jahkonen, S. J. Ovaska, O. Vainio, H. Tenhunen, " An Integrated Digital Motion Control Unit, " Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions, vol.40, pp. 654 – 657,1991.
- [14] A. H. Scottedward and C. E. Hall, " Variable-structure PID control to prevent integrator windup, " IEEE Trans. Ind. Electron., vol.48, no. 2, pp. 442-451, Apr. 2001.
- [15] S. Kumar, K. Forward, M. Palaniswami, " A fast-multiplier generator for FPGAs, " VLSI Design, Proceedings of the 8th International Conference on, pp. 53-56, 4-7 Jan 1995.
- [16] E. Samahy, " Adaptive Multi-Layer Self-Tuning High Performance Tracking Control for DC Brushless " , IEEE Transactions on Energy Conversion for, Vol.9, No.2, 311-316, Jul.1994.
- [17] J. G. Ziegler and N. B. Nichols, " Optimum settings for automatic controllers " Trans. ASME, vol.64,759-768,1942.
- [18] Y. Khalilollahi, " Switching elements, the key to FPGA architecture, " Idea/Microelectronics, Conference Record, pp. 682-687, 27-29 Sep 1994.