

FPGA-BASED 控制器之發展

許勝程、黃其泮

E-mail: 9019005@mail.dyu.edu.tw

摘要

FPGA-BASED控制器系統架構採用FPGA元件做為控制系統的可程式化硬體基礎，並建立整合型發展環境來完成控制系統功能設計、系統行為驗證、故障診斷信號分析、系統實現、實際運轉等五個工作階段。它由整合發展環境與可重建硬體模組兩個次系統所組成，其中整合發展環境結合了控制功能編輯器、階梯圖對派翠網轉譯器、系統行為驗證器、故障診斷分析器、派翠網對硬體高階語言轉譯器、硬體電路合成與下載器、即時運轉監控等七個軟體工具，形成有效率、系統化、結合建模、分析、與模擬驗證之控制器，確實將控制器的功能制訂、模式化、動態行為驗證、錯誤分析、與實際運轉監控等機制整合於一體，並做為另一開放式工業控制器發展基礎。CPLD或FPGA建構的可重建硬體模組為整個控制器功能執行的硬體機制，由輸入輸出段、功能核心段、與控制段組成，為一個可線上重建的開放性架構，具備高可靠度、有系統組合彈性及易於擴展之控制器。在控制系統功能制定上，依循IEC1131-3的語言標準，促成系統各部份模組可並行研發及易於整合，並做為研發團隊成員間相互溝通的媒介，以提高整體研發效能與經驗的交流再用。控制系統的驗證模型引進了巨集轉換的觀念到派翠網中，使得系統描模可以在不同抽象層次與系統規模上達成。系統驗證階段配合觸發序列推導代數，藉由系統化的步驟導出派翠網模型中所有的轉換觸發序列，以做為控制系統功能驗證與行為分析的基礎，用以加強系統實際運轉之可靠性。另外，主動附加的即時故障診斷分析信號與故障循跡模組，用於加速完成故障檢修來提高控制系統的妥善率以降低停機的損失。控制系統的硬體實現以VHDL描述語言為媒介。VHDL具有極佳的相容性，可用於大量需求時做為ASIC元件的基礎設計，並減輕與簡化由系統模型到硬體結構的轉譯負擔。在系統模型到VHDL轉譯上，以元件式技術為依據，以元件之封裝性、再用性及擴展性提升了轉譯效率，使得轉譯能進一步地吸納多方面的成果，更助長了整體系統實用性與提昇技術更新速率。

關鍵詞：FPGA-BASED 控制器、整合發展環境、可重建硬體模組、PLC階梯圖、IEC1131標準語言、派翠網、巨集轉換、VHDL、FSDA、元件式技術

目錄

第一章 緒論--P1 第二章 FPGA-BASED控制器架構--P6 2.1整合發展環境--P7 2.2 可重組硬體模組--P10 2.2.1輸入輸出段--P10 2.2.2 功能核心段--P10 2.2.3 控制段--P11 第三章 系統驗證及描模工具--P12 3.1 系統控制功能制定工具--P12 3.1.1 PLC語言--P12 3.1.2階梯圖(LADDER DIAGRAM)--P13 3.1.3 階梯圖設計--P15 3.2 系統描模工具 - 派翠網--P18 3.2.1 派翠網之數學定義--P18 3.2.2派翠網之圖形表示法--P19 3.2.3 派翠網之執行法則--P20 3.2.4 巨集轉換--P21 3.3 系統驗證工具 - 觸發推導序列--P22 3.3.1 觸發序列推導代數--P23 3.3.2推導觸發序列--P25 3.3.3行為分析及可達分析--P28 第四章 系統建模及驗證--P31 4.1 模式建立--P31 4.1.1 化簡及標準化--P32 4.1.2 模組轉換--P33 4.1.3 邏輯關係建立及整合--P37 4.2系統行為驗證--P38 4.2.1 邏輯錯誤分析--P39 4.2.2程序錯誤分析--P42 4.3 實際運轉故障診斷分析--P44 4.3.1即時故障診斷信號--P45 4.3.2 設計調整--P46 4.3.3即時故障循跡--P47 第五章 系統實現--P49 5.1 派翠網轉譯為VHDL程--P49 5.1.1 元件的表示方式--P50 5.1.2 特徵萃取--P53 5.1.3 元件提取--P56 5.1.4 元件調適--P56 5.1.5 元件連結--P58 5.2 硬體合成--P62 第六章 結論--P67 參考文獻--P70 附錄A--P74

參考文獻

- 一、中文部分 [1] 李克明, 陳瑞錡, 蔡友遜, 可程式控制器原理與應用, 全華科技圖書股份有限公司, 1996。
- [2] 邱清城, 三菱可程式控制器電腦連線原理, 全華科技圖書股份有限公司, 1996。
- [3] 黃立增, "開放式PLC與IEC 1131-3," 電機月刊, 80期, PP. 170-173, 八月1997。
- [4] 曾文鵬, "PC-BASED控制器-精密機械應用," 機械工業雜誌, PP. 87-93, 四月1996。
- [5] 張漢傑, 良瑞芳, 呂宗訓, 劉興昌, 顏嘉偉, "PC-BASED 控制器應用於國產機械實例," 機械工業 雜誌, PP 115-122, 四月1998。
- [6] 楊文瑩, "我國PC-BASED控制器發展態勢分析," 電機月刊, PP.102-106, 六月 1998。
- [7] 何昌祐, "DSP 用於PC-BASED 運動控制器之設計," 機械工業雜誌, PP 115-122, 四月1998。
- [8] 仲成儀器公司編輯部, PC-BASED數位控制系統, 全華科技圖書股份有限公司, 1995。
- [9] 黃其泮, "知識系統用於機器人工作層規劃與執行架構之發展與研究," 國立台灣工業技術學院, 電子工程技術研究所, 博士學位論文, 1996。

- [10] 戴家坦, 可程式控制器的順序控制, 文笙書局股份有限公司, 1993。
- [11] 雙象貿易股份有限公司, 三菱可程式控制器使用範例大全, 文笙書局股份有限公司, 1998。
- [12] 廖文賢, 三菱可程式控制器 指令應用例100題, 文笙書局股份有限公司, 四月1999。
- [13] 黃昕暉, 完全剖析COM, 華彩軟體股份有限公司, 三月2000。 二、 外文部分 [14] E. WAL, "INTRODUCTION INTO IEC 1131-3 AND PLCOPEN," IEE COLLOQUIUM ON THE APPLICATION OF IEC 61131 TO INDUSTRIAL CONTROL: IMPROVE YOUR BOTTOM LINE THROUGH HIGH VALUE INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS, PP 2/1-2/8, 1999.
- [15] M. MASLAR, "PLC STANDARD PROGRAMMING LANGUAGES: IEC 1131-3," IEEE CONFERENCE ON PULP AND PAPER INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, PP. 26-31, 1996.
- [16] C. P. JOBLING AND L. W. LEWIS, "PROGRAMMING INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS USING IEC 1131 -3," IEEE COMPUTING & CONTROL ENGINEERING JOURNAL, VOL. 73, PP 135, JUNE 1996.
- [17] E. WAINGOLD, M. TAYLOR, D. SRIKRISHNA, V. SARKAR, W. LEE, V. LEE, J. KIM, M. FRANK, P. FINCH, R. BARUS, J. BABB, S. AMARASINGHE, AND A. AGARWAL, "BARING IT ALL TO SOFTWARE: RAW MACHINES," IEEE COMPUTER, VOL. 30, NO. 9, PP.86-93, SEPT. 1997.
- [18] MENCER, M. MORF, M. J. FLYNN, K. L. POCEK, AND J. M. ARNOLD, "PAM-BLOX: HIGH PERFORMANCE FPGA DESIGN FOR ADAPTIVE COMPUTING," PROCEEDINGS OF IEEE SYMPOSIUM ON FPGAS FOR CUSTOM COMPUTING MACHINES, PP. 167-174, 1998.
- [19] C. P. HWANG AND C. S. HO, "A KNOWLEDGE-BASED TASK-LEVEL PROGRAMMING AND EXECUTION ENVIRONMENT FOR ROBOTS," INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS AND COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING, VOL. 12, NO. 4, PP. 329-351, 1996.
- [20] INTERNATIONAL ELECTRO TECHNICAL COMMISSION, "IEC 61131-3, 2ND ED., (PROPOSED) PROGRAMMABLE CONTROLLERS-PROGRAMMING LANGUAGES," PLCOPEN, [HTTP://WWW.PLCOPEN.ORG/](http://www.plcopen.org/), 1997.
- [21] J. L. PETERSON, PETRI NET THEORY AND THE MODELING OF SYSTEMS, PRENTICE-HALL, ENGLEWOOD, CLIFFS, N.J., 1981 [22] A. A. DESROCHERS, AND R. Y. AL-JAAR, APPLICATIONS OF PETRI NETS IN MANUFACTURING SYSTEMS, IEEE PRESS, NEW YORK, 1995.
- [23] M. ZHOU, PETRI NETS IN FLEXIBLE AND AGILE AUTOMATION, KLUWER ACADEMIC PUBLISHER, MASSACHUSETTS, 1995.
- [24] K. VENKATESH, M. ZHOU, AND R. J. CAUDILL, "COMPARING LADDER LOGIC DIAGRAMS AND PETRI NETS FOR SEQUENCE CONTROLLER DESIGN THROUGH A DISCRETE MANUFACTURING SYSTEM," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 41, NO. 6, PP. 611-619, DEC. 1994.
- [25] M. ZHOU AND Y. ZHUANG, "CONTROL LOGIC DESIGN WITH PETRI NETS FOR INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEMS," PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. 2, PP. 986-991, 1992.
- [26] M. UZAM, A. H. JONES, AND N. AJLOUNI, "CONVERSION OF PETRI NET CONTROLLERS FOR MANUFACTURING SYSTEMS INTO LADDER LOGIC DIAGRAMS," PROCEEDINGS OF IEEE EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION, VOL. 2, PP. 649-655, 1996.
- [27] P. JACKSON, INTRODUCTION TO EXPERT SYSTEM, ADDISON WESLEY, ESSEX, ENGLAND, 1999.
- [28] G. F. LAUGER AND W. A. STUBBLEFIELD, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, ADDISON WESLEY, ESSEX, ENGLAND, 1998.
- [29] J. KOLODNER, CASE-BASED REASONING, MORGAN KAUFMANN PUBLISHER INC., SAN MATEO, CA, 1993.
- [30] C. H. ROTH, DIGITAL SYSTEMS DESIGN USING VHDL, PWS PUBLISHING COMPANY, BOSTON, 1998.
- [31] J. BHASKER, VHDL PRIMER, PRENTICE-HALL PTR, NEW JERSEY, 1999.
- [32] XILINX INC., THE PRACTICAL XILINX DESIGNER LAB BOOK, PRENTICE-HALL PTR, NEW JERSEY, 1998.
- [33] XILINX INC., FOUNDATION SERIES 2.1I QUICK START GUIDE, XILINX INC., 1999.
- [34] T. WILLIAMS, "REUSABLE COMPONENTS FOR EVOLVING SYSTEMS," PROCEEDINGS OF IEEE SOFTWARE REUSE ON FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE, PP. 12-16, 1998.
- [35] M. L. GRISS, "ARCHITECTING FOR LARGE-SCALE SYSTEMATIC COMPONENT REUSE," IEEE TECHNOLOGY OF OBJECT-ORIENTED LANGUAGES, PP. 8-16, 1998.