



多軸伺服驅動器設計

Multi-Axis Servo Drive Design

周信宏

工研院機械所
控制核心組
高階伺服技術部
經理

龔應時

南台科技大學
電機系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 可程式化邏輯晶片 FPGA
- 多軸機械手臂 Multi-Axis Robotic Arms
- 向量控制 Vector Control
- 永磁伺服馬達 PMSM

摘要(Abstract)

多軸機械手臂為目前伺服控制系統較為熱門的發展目標與趨勢，因此本文主要介紹多軸伺服驅動器設計，並利用一顆晶片整合。本架構主要以 Altera FPGA 晶片為基礎建構之系統整合晶片 (SoPC) 來發展多軸伺服驅動技術，此系統整合晶片以數位硬體方式實現並以 Verilog 描述其電路，

其功能主要為多軸馬達之位置/速度/電流迴路控制器實現，也就是多顆永磁同步馬達之電流向量控制器、空間向量脈波寬度調變產生、速度 PI 控制器與位置 P 控制器等，全部由硬體數位電路實現。由於 FPGA 的快速計算、並行處理、軟硬體共同設計等優點，將能提升多軸控制器之運動性能。最後，為了驗證多軸伺服驅動器之有效性，利用市售的六軸關節型機械手臂作為本文的驗證載體，驗證本多軸伺服驅動器之正確性。

This paper focuses on the design of multi-axis servo drives and the integration in a single chip due to the predominant trend towards multi-axis robotic arms in the field of servo control. The architecture is implemented in a SoPC (System on a Programmable Chip) built on an Altera FPGA chip to develop multi-axis servo drive techniques. The SoPC is



developed using hardware description language Verilog, realizing the position/speed/current loop control of multi-axis motors. Thus, the hardware digital circuit carries out all the modules of a multi-PMSM system, including current vector control, space vector PWM, speed PI control, and position P control. Due to the advantages of FPGA, such as fast computation, parallel processing, and co-design of hardware-software, the performances of multi-axis control are highly improved. Finally, in order to testify the effectiveness of multi-axis servo drives, a commercially available six-axis articulated robotic arm is adopted to verify the correctness of the proposed multi-axis servo drive.

1. 前言

目前整個自動化製程漸漸往無人工廠與工業 4.0 的目標前進。在無人工廠的階段中，多軸機械手臂是相當關鍵的模組，可將機械手臂視為單一模組，而多軸機械手臂的組成可分為伺服驅動模組，控制器與機械結構等三大部份，其中在伺服驅動模組中，最重要的部份為伺服控制晶片。在傳統上，伺服控制晶片多採用 DSP 晶片或微控制器，但是這多只限於單軸控制，若要多軸控制，則其晶片數會隨受控軸數增加而晶片數增加；且多軸控制其聯動性比多台機械設備聯動性的要求更高，因此，如何在多顆晶片整合多軸位置控制與多軸同動變成較難的課題。故唯有朝多顆控制晶片整合成一顆運動控制晶片的趨勢邁進。接下

來本文將一一介紹如何挑選實現的平台與實現的方法。

2. 六軸機械手臂伺服控制系統

本文所提以 FPGA 為基礎建構之六軸機械手臂伺服控制系統如圖 1 所示。在 FPGA 晶片內包括兩個 IP (智材)，一個為 Nios II 處理器 IP 而另一個為六軸伺服控制 IP。Nios II 處理器 IP 負責需彈性之程序且不需快速運算，例如點對點運動軌跡產生及響應資料收集等。六軸伺服控制 IP 負責六個伺服控制模組，而每個模組將執行位置 P 控制器、速度 PI 控制器電路、電流 PI 控制器與座標轉換電路、一組空間向量脈波調變電路(space vector pulse width modulation, SVPWM)及絕對式編碼器介面電路等功能。因此六軸機械手臂伺服控制器可在一顆 FPGA 內實現。

3. 單顆永磁同步馬達伺服控制

永磁同步馬達伺服控制系統內所需的演算法有電流迴路向量控制、速度迴路 PI 控制器及位置迴路 P 控制器。

3.1 電流迴路向量控制器設計

典型永磁同步馬達數學模式以同步旋轉參考座標為主可表示如下式

$$\frac{di_d}{dt} = -\frac{R_s}{L_d} i_d + \omega_e \frac{L_q}{L_d} i_q + \frac{1}{L_d} v_d \quad (1)$$

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】392期・104年11月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw