



六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統設計與性能量測

Design and Performance Measurement of Servo Drive Control System for Six - Axis Joint Robotic Arm

周信宏¹ 吳永靖² 臧錫智² 田秋寶²

¹工研院機械所 控制核心技術組 高階伺服技術部 經理

²工研院機械所 控制核心技術組 高階伺服技術部

摘要

本文主要發展以 FPGA 為基礎之六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統。首先，將推導具有以永磁同步馬達為致動器之機械手臂數學模式。其次，在位置控制器採用模糊控制器以提高位置控制的穩健性。接著，以 Altera 公司發展具有可嵌入一顆軟核心 Nios II 處理器之 FPGA 晶片來開發六軸關節型機械手臂伺服驅動控制晶片。此晶片內含有兩個模組。第一個模組為 Nios II 處理器，以軟體方式來發展點對點運動軌跡規劃，而第二個模組，以數位硬體方式來實現六軸位置/速度/電流控制器。FPGA 晶片由於具有快速的硬體運算能力、平行處理能力及軟硬體共同設計能力，因此極適合用來發展此六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統。最後，位置步級響應測試與點對點位置重現性測試，將用來評估所提控制系統的性能。

Abstract

An FPGA-based (Field Programmable Gate Arrays) servo drive controller system for a six-axis articulated robot manipulator is developed in this paper. Firstly, a mathematical model which combines the Robot manipulator structure and the actuator with PMSM is derived. Secondly, the position loop adopts fuzzy controller to increase the robustness of the controller performance. Next, an Altera FPGA chip and a Nios II embedded processor are used to develop the servo drive controller IC for the six-axis articulated Robot manipulator. The proposed controller IC has two modules. The first module is a Nios II embedded processor which is used to realize the point-to-point motion trajectory planning by software. The second module is used to realize the six-axis position/speed/current controller. Because FPGA has such advantages. As fast computation, parallel processing ability and software-hardware co-design, it is suitable to develop the six-axis articulated Robot manipulator servo drive controller system. Finally, the performance of the proposed servo drive controller system is evaluated through position step response test and the point-to-point position motion test.



關鍵詞

可程式化邏輯晶片、機械手臂、多軸伺服控制晶片

Keywords

FPGA、Robotic Arms、Multi-Axis Servo Control Chip

前言

近年來由於全球的產業升級需求與缺工的影響，工廠自動化更為以往重視，因此，世界各國皆提出另一個工業革命，如歐洲、美國、台灣、中國...等，皆提出如工業 4.0 的新革命議題。在工業 4.0 中，除了自動化的議題外，另一個主要重點就是產能也能升級，在同一個工廠面積下，員工不增加，但產能可提升至兩倍。要達到此目的，工業機器人在裡面扮演的角色非常重大，將目前自動化的革命提升至人機共工與人機協同，然而，國內工業機器人的關鍵零組件如減速機、驅動器、馬達...等多需仰賴國外進口，其中減速機與驅動器更佔了工業機器人成本的 30% 以上。

目前工業機器人的多軸驅動器皆由一軸一個模組組成多軸控制。較少數使用多軸一體驅動器，因此本文利用 FPGA 實現多軸驅動器，藉以整合多軸伺服控制，包含位置、速度與電流迴路...等，藉以實現驅動器 All in one，減少成本與體積，並由六軸機械手臂驗證定位精度，以確認多軸一體驅動器之有效性，並提升國內工業機器人的競爭力。

FPGA-based 六軸關節型機械手臂伺服驅動控制系統

本文所提以 FPGA 為基礎建構之六軸

關節型機械手臂伺服驅動控制系統如圖 1 所示。在圖 1 之 FPGA 晶片內包括兩個智財(IP)，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動態性能響應資料收集等。六軸伺服控制 IP 負責 6 個伺服控制模組，而各模組將執行位置迴路之模糊控制器、速度迴路之 PI 控制器電路、電流迴路磁場導向控制器(field oriented control, FOC)與座標轉換電路、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，第 i 軸伺服控制器如圖 2 所示。因此六軸關節型機械手臂伺服控制器可在一顆 FPGA 內實現。

具有以永磁同步馬達為致動器之機械手臂的數學模式

具有 n 連桿機械手臂的動態方程式為 [1]：

$$M(\theta)\ddot{\theta} + V_m(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + F(\dot{\theta}) + G(\theta) = \tau \quad (1)$$

其中 $M(\theta)$ 為慣量矩陣； $V_m(\theta, \dot{\theta})$ 為柯氏力/離心力(Coriolis/centripetal)向量； $G(\theta)$ 為重力向量； $F(\dot{\theta})$ 為摩擦力向量。至於 θ 、 $\dot{\theta}$ 、 $\ddot{\theta}$ 及 τ 為各自代表位置、速度、加

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】410期・106年5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