

A Study of The Wireless Surface Acoustic Wave Torque Sensing Based on CANBUS

鍾澤敏、林志哲

E-mail: 9707439@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The research of this thesis, mainly lies in installs on the rotation axis the SAW pattern torque sensor element wireless sound wave gauging, uses 8051 chip systems control RF chip to take the transmitting and the receiving, and aim at SAW the characteristic design center frequency search formula, the goal are must when the rotation axis the torque change may gauge its change degree immediately, applies by the immediate monitor way in the vehicles electron domain perhaps needs the immediate monitoring in the precise processing environment, may in measure thing torque when transmitted receives signal and with other system communication the torque size, the system mainly uses the RSSI to find the SAW center frequency value, and has not calculated the drift of frequency with the stressful condition. The wireless part installs by the short distance type antenna on the axis, will not influence the signal transmission. The drift of frequency result passes to CANBUS , may penetrate the CANBUS communication with the present vehicles electron system.

Keywords : SAW, Torque Sensor, 8051, RF, RSSI, CANBUS

Table of Contents

| | |
|--|-----|
| 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..... | x |
| 表目錄..... | xv |
| 第一章 緒論 1.1 前言..... | 1 |
| 1.2 研究目的..... | 2 |
| 1.3 文獻回顧..... | 3 |
| 1.4 論文架構..... | 6 |
| 第二章 SAW感測器與無線通訊原理 2.1 SAW感測器原理..... | 7 |
| 2.1.1 壓電效應..... | 7 |
| 2.1.2 壓電基板..... | 8 |
| 2.2 SAW感測器的型式及應用..... | 9 |
| 2.2.1 延遲線 (delayline) 型SAW感測器..... | 9 |
| 2.2.2 共振型SAW感測器..... | 12 |
| 2.2.3 SAW對於扭力量測之應用..... | 13 |
| 2.3 無線通訊原理..... | 14 |
| 第三章 詢答模組與控制系統架構 3.1 MAX7032主動式詢答模組..... | 17 |
| 3.1.1 發射電路..... | 21 |
| 3.1.2 接收電路..... | 23 |
| 3.1.3 三線串列式傳輸控制..... | 26 |
| 3.2 CC1100詢答模組..... | 28 |
| 3.2.1 CC1100控制軟體..... | 34 |
| 3.2.2 四線SPI串列式傳輸介面..... | 35 |
| 3.2.3 頻率設定..... | 38 |
| 3.2.4 輸出功率調整..... | 39 |
| 3.2.5 晶體振盪器..... | 40 |
| 3.3 控制系統介紹..... | 41 |
| 3.3.1 8051萬用實驗板..... | 42 |
| 3.3.2 AT89C51RD2控制模組..... | 43 |
| 3.3.3 CC03控制模組..... | 45 |
| 3.3.4 CAN通訊協定..... | 47 |
| 第四章 實驗與討論 4.1 MAX7032詢答模組功能測試..... | 49 |
| 4.1.1 發射功能測試..... | 49 |
| 4.1.2 接收功能測試..... | 53 |
| 4.1.3 RSSI輸出測試..... | 56 |
| 4.1.4 雙工測試..... | 60 |
| 4.2 CC1100詢答模組功能測試..... | 63 |
| 4.2.1 發射與接收功能測試..... | 64 |
| 4.2.2 RSSI輸出測試..... | 69 |
| 4.3 SAW感測器扭力量測系統整合實驗..... | 71 |
| 4.3.1 扭力量測架構介紹..... | 71 |
| 4.3.2 詢答模組與控制系統之整合..... | 73 |
| 4.3.3 CANBUS封包測試..... | 75 |
| 4.3.4 天線距離測試..... | 78 |
| 4.3.5 SAW感測器量測實驗..... | 80 |
| 第五章 結論 5.1 結論..... | 91 |
| 5.2 未來展望..... | 91 |
| 參考文獻..... | 92 |
| 圖目錄 圖1.1 ITU通訊頻譜圖 2 圖1.2 三種無線式SAW感測器 5 圖1.3 共振型SAW與脈衝式詢答系統感測架構 6 圖2.1 正壓電效應 8 圖2.2 逆壓電效應 8 圖2.3 無反射元件型SAW感測器 10 圖2.4 可調變反射元件型SAW感測器 10 圖2.5 同軌跡反射元件型SAW感測器 11 圖2.6 不同軌跡反射元件型SAW感測器 11 圖2.7 單埠型SAW元件 12 圖2.8 雙埠型SAW元件 12 圖2.9 單埠型SAW等效電路圖 13 圖2.10 SAW量測主軸示意圖 14 圖2.11 開-關鍵控(OOK)調變 15 圖3.1 MAX7032內部架構 17 圖3.2 QFN封裝 18 圖3.3 PCB板層設計與內部散熱示意圖 19 圖3.4 MAX7032應用電路圖 19 圖3.5 MAX7032接地線 20 圖3.6 詢答模組架構及功能說明 20 圖3.7 發射電路架構 21 圖3.8 功率放大器輸出電路圖 22 圖3.9 接收電路架構 23 圖3.10 整數N分頻鎖相迴路電路 24 圖3.11 鎖相迴路端點輸出波形示意圖 25 圖3.12 三線串列傳輸數據輸入時序圖 26 圖3.13 三線串列 | |

式傳輸時序圖 27 圖3.14 CC1100腳位圖 29 圖3.15 CC1100內部電路簡圖 31 圖3.16 CC1100電路應用圖 (433 MHz) 31
圖3.17 CC1100EM- 433 MHz 32 圖3.18 狀態簡化圖與電流消耗 33 圖3.19 SmartRF Studio操作介面 34 圖3.20 四線SPI串列傳
輸介面 35 圖3.21 SPI暫存器讀寫型式 35 圖3.22 八個PATABLE 39 圖3.23 外部晶體振盪電路 41 圖3.24 IO51實驗板 42
圖3.25 AD之應用層 43 圖3.26 處理核心層 44 圖3.27 網路連結層 44 圖3.28 AT89C51RD2模組實體圖 45 圖3.29 CC1100建立
於CC03應用層 46 圖3.30 PCA82C251配置圖 46 圖3.31 資料訊框圖 47 圖3.32 CAN資料封包 (a)標準封包 (b)延伸封包 48
圖4.1 發射實驗示意圖 51 圖4.2 發射實驗環境 51 圖4.3 頻譜分析儀輸出結果 52 圖4.4 高頻示波器輸出結果 52 圖4.5 接收實
驗示意圖 54 圖4.6 接收實驗環境 54 圖4.7 混波中頻輸出 55 圖4.8 中頻濾波器輸出 55 圖4.9 RSSI電壓大小關係圖 56 圖4.10
單SAW測試單元 57 圖4.11 RSSI實驗示意圖 58 圖4.12 網路分析儀量測單SAW結果 59 圖4.13 MAX7032的 T/R 切換腳位 61
圖4.14 雙工實驗示意圖 62 圖4.15 發射獨立測試 62 圖4.16 接收獨立測試 62 圖4.17 詢答模組量測示意圖 63 圖4.18 TI公
司CC1100DK-433 64 圖4.19 CC1100發射之434 MHz訊號 65 圖4.20 CC1100與MAX7032結合測試 66 圖4.21 結合測試中頻
濾波輸出結果 66 圖4.22 中頻輸出示波器結果 67 圖4.23 CC1100與MAX7032之RSSI量測 68 圖4.24 RSSI補償值 70 圖4.25
LABView接收RSSI電壓畫面 71 圖4.26 扭力量測示意圖 72 圖4.27 實驗平台設計圖 73 圖4.28 實驗軸本體 73 圖4.29
CC1100EM-433與header 74 圖4.30 CC1100建立於應用層 74 圖4.31 供電系統修改 75 圖4.32 Measurement & Automation
Explorer觀測畫面 76 圖4.33 LABView設定畫面 77 圖4.34 LABView顯示介面 77 圖4.35 單SAW結合測試CANBUS 78 圖4.36
短距離天線實體圖 78 圖4.37 一組天線最大可用距離 79 圖4.38 兩組天線最大可用距離 79 圖4.39 天線距離對RSSI訊號的影
響 79 圖4.40 實驗用雙SAW感測器 80 圖4.41 網路分析儀量測雙SAW結果 81 圖4.42 雙SAW量測LabView程式內容 81 圖4.43
雙SAW量測結果 82 圖4.44 靜態施力實驗平台 83 圖4.45 原始數據與曲線擬合後之結果 83 圖4.46 433.42峰值變化 84 圖4.47
433.92峰值變化 84 圖4.48 順時針施力(433.42) 86 圖4.49 順時針施力(433.92) 86 圖4.50 逆時針施力(433.42) 88 圖4.51 逆時針
施力(433.92) 88 圖4.52 頻飄量對應扭力(433.42) 90 圖4.53 頻飄量對應扭力(433.92) 90 表目錄 表2-1表面聲波壓電基板材料特
性 9 表3-1串列式資料時間設定特性表 27 表3-2 CC1100最大條件值與工作條件 30 表3-3 CC1100外部元件典型應用值 32
表3-4 SPI介面時序表 36 表3-5 CC1100狀態位元組 37 表3-6 0x0D頻率設定高位元組 38 表3-7不同頻率與輸出功率的最佳設
定 40 表3-8無設定下輸出功率與電流消耗 40 表3-9不同CL之電容值 41 表4-1發射暫存器設定 50 表4-2接收暫存器設定 53
表4-3無SAW時RSSI訊號結果 58 表4-4有SAW時RSSI訊號結果 59 表4-5 10 KHz間隔掃頻之RSSI訊號結果 60 表4-6發射頻率
與RSSI訊號值 (V) 68 表4-7未施力時中心頻率值 85 表4-8順時針施力中心頻率值 87 表4-8逆時針施力中心頻率值 89

REFERENCES

- [1] J. Enderlein, J. Schonberg, E. Chilla, and H.-J. Frohlich, " Integrable SAW Sensor with Identification Facility, " 1994 IEEE Ultrason. Symp., pp. 491 - 494.
- [2] J. Enderlein, S. Bechstein, J. Schonberg, E. Chilla, and H.-J. Frohlich, " Two Channel SAW sensor signal-transmission system, " Sensors and Actuators A 61 (1997). pp. 309 - 312.
- [3] D. Puccio¹, D. C. Malocha¹, D. Gallagher, and J. Hines, " SAW Sensors Using Orthogonal Frequency Coding, " 2004 IEEE Frequency Control Symposium and Exposition, pp. 307 - 310.
- [4] K. Hohkawa, K. Komine, N. Araki and H. Suzuki, " Surface Acoustic Wave devices for pulse position modulated spread spectrum communication systems, " 1995 IEEE Ultrason. Symp., pp. 151 - 154.
- [5] Ivan D. Avramov, and Zdravko G. Georgiev, " A Surface-Acoustic -Wave Comb Spectrum Oscillator for Sensor Applications, " 1991 IEEE Trans. Ultrason. Freq. Contr. VOL. 38, pp. 334 - 336.
- [6] Lord Rayleigh: " On waves propagation along the plane surface of An elastic solid " ,Proc,London Math.Soc.Vol.17,pp.4-11,1885 [7] R. M. White and F. M. Voltmer: " Direct piezoelectric coupling to surface elastic waves " , Appl. Phys. Lett., Vol.7, pp.314-316,1965.
- [8] F. Seifert, A. Pohl, R. Steindl, L. Reindl, M.J. Vellekoop, and B. Jakoby, " Wirelessly interrogable acoustic sensors. " 1999 IEEE INTERNATIONAL FREQUENCY CONTROL SYMPOSIUM., pp. 1013 - 1018.
- [9] J. Beckley, V. Kalinin, M. Lee, and K. Voliansky, " Non-Contact Torque Sensors Based on SAW Resonators, " 2002 IEEE International Frequency Control Symposium and PDA Exhibition.
- [10] Victor Kalinin, Transense Technologies plc., Bicester Oxon. OX25 5HD, and UK, " Passive Wireless Strain and Temperature Sensors Based on SAW Devices. " 2004 IEEE Radio and Wireless Conference., pp. 187 - 190.
- [11] Victor Kalinin, Transense Technologies plc., Bicester Oxon. OX25 5HD, and UK, " Influence of Receiver Noise Properties on Resolution of Passive Wireless Resonant SAW Sensors. " 2005 IEEE Ultrasonics Symp., pp. 1452-1455.
- [12] 吳朗, " 表面聲波元件的應用及未來發展趨勢, " 簡報 2004/10/22.
- [13] 許伯涵, " 表面聲波感測器資料擷取系統的研製 " ,碩士論文, 國立成功大學電機所, 民國92年6月.
- [14] Weidong Cheng, Yonggui Dong, and Guanping Feng. " A Multi - Resolution Wireless Force Sensing System Based upon a Passive SAW Device, " IEEE Trans. Ultrason. Freq. Contr. Vol. 48, NO.5, Sept. 2001. pp. 1438 - 1441.
- [15] G. Scholl, C. Korden, E. Riha, C. C. W. Ruppel, U. Wolff, G. Riha, L. Reindl, R. Weigel, " SAW-based radio sensor systems for short-range applications, " IEEE microwave magazing, December 2003. pp. 68 - 76.

- [16] 張武正, “ 無線、短距表面聲波扭力感測詢答系統的研製 ”, 碩士論文, 國立中正大學光機電整合工程研究所, 民國95年7月.
- [17] A.Lonsdale, Transence Technologies, and N.Schofield, MST Ltd. “ An Intergrated Low Cost Sensor For The Direct Torque Control of Brushless DC MOTORS ” .
- [18] MAXIM, MAX7032 ASK/FSK/OOK Transceiver with Fractional-N PLL data sheet.
- [19] Application Note, “ Thermal Considerations of QFN and Other Exposed-Paddle Packages, ” MAXIM 11/20/2001.
- [20] Behzad Razavi, “ RF MICROELECTRONICS, ” 1998 Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 07458.
- [21] TI, Chipcon, CC1100 Single Chip Low Power Transceiver data sheet.
- [22] TI, Chipcon, SmartRF Studio User Manual Rev.6.5.2.
- [23] Winbond, W78E516B data sheet.
- [24] ATMEL, AT89C51RD2 data sheet.
- [25] ATMEL, AT89C51CC03 data sheet.