# 寬頻段電場強度檢波器

# 陳柏軒 國立勤益科技大學電子工程系 kimahri7719@yahoo.com.tw

# 曾振東 國立勤益科技大學電子工程系 jdtseng@ncut.edu.tw

### 摘要

本文提出一個運用在射頻之寬頻段電場強度 檢波器,使用 LTC5534 檢波器 IC 進行電路設計, 電路由無線射頻檢波電路 (RF Power Detector Circuit)以及邏輯顯示電路(Logic Display Circuit)組 成,檢波器可偵測之頻段為 50MHz 到 3GHz。電 路可以運用在 RFID、手機以及微波爐等電子產品 的訊號檢測,並以發光二極體亮燈的多寡以及蜂鳴 器聲音的快慢觀察出電場訊號強度。本電路具有成 本低、體積小且實用性高的特性。

關鍵詞:寬頻段、電場、檢波器、RFID

#### 1. 前言

自有電報以來通訊技術就不斷的演進,目前通訊技術中所運用的高頻元件計有開關、低雜訊放大器[1]、混波器[2]、濾波器[3]、檢波器[4-7]、振盪器[8]、鎖相迴路[9]等。檢波器(Detector)是一種可取出發射訊號中的類比或數位資訊的電路,其原理是接收外部的發射訊號,透過檢測電路將訊號去除雜訊、整流最後放大輸出,主要用於調幅訊號的解調,藉由量測檢測輸出,可了解接收的訊號強度與直流輸出電壓變化間的關係。

本文提出寬頻段電場強度檢波器使用 LTC5534檢波器IC進行電路設計,所包含的頻率範圍在50MHz到3GHz,其中涵蓋超高頻(VHF)頻段、 特高頻(UHF)頻段、800MHz行動電話、 902MHz~928MHz ISM頻段、2GHz個人通信系統 (Personal Communication Services, PCS)/通用移動電信系統(Universal Mobile Telecommunications System, UMTS)、2.4GHz ISM頻段,電路可以運用在RFID、手機以及微波爐的訊號檢測,並以發光二極體亮燈的多寡對照訊號源發射的電磁波訊號強度,且電路經設計可與電腦連接並回傳紀錄,與市面上產品相較起來本電路實用性高且效能較佳。

#### 2. 電路設計與分析

檢波器 IC 的功能是將射頻輸入功率轉換成電壓輸出,本檢波器選用 LTC5534 檢波器 IC 進行電路設計,其射頻 RF 訊號之工作範圍為 60dB,工作頻率分別為 50MHz 到 3GHz,其頻率與輸入功率範圍如表一所示,從表一可得知各種頻率輸入功率範圍,可運用在微波爐與手機中,微波爐頻率為 2.4GHz, LTC5534 檢波器可接收的範圍約從-63dBm 到-3dBm,手機頻率為 900MHz,檢波器可接收的範圍約從-60dBm 到 0dBm。

表一 頻率與輸入功率範圍對照表

RF頻率	RF最小輸入功	RF最大輸入功率
	率範圍(MIN)	範圍(MAX)
50MHz	-58	+2
900MHz	-60	0
1900MHz	-63	-2
2500MHz	-63	-3
輸入功率單位為(dBm)		

寬頻段電場強度檢波器方塊圖如圖 1 所示, 首先電磁波訊號從天線接收進入無線射頻檢波電 路(RF Power Detector Circuit), 在檢波器 IC 的電路 中,訊號進行濾除雜訊、整流與放大的動作,最後 以直流電壓輸出,接著進入邏輯顯示電路(Logic Display Circuit), 電路設計參考 8051 C語言實習[13] 進行設計,首先直流電壓進入電壓分配電路中,依 照串聯電阻分壓原理控制輸入ADC0804 IC的直流 電壓,藉此可進行不同檢波器之間校準與調整等工 作,接著電壓進入 ADC0804 IC 中,將類比訊號轉 換成數位訊號,最後數位訊號傳入單晶片 89C51 進行處理與判斷,其程式流程圖如圖 2 所示,從 ADC0804 訊號輸入後,首先進行輸入訊號大小的 判斷,接著控制聲音快慢、LED 燈號顯示與資料 回傳等作業,依照燈號的顯示數目以及聲音的快慢 就可以判斷出電磁波訊號強弱。圖3為檢波器邏輯 顯示電路內部結構圖,訊號由檢波器 IC 直流輸出

後進入邏輯顯示電路,本電路結構雖然簡單,但具 有成本低、方便攜帶以及實用性佳的特性。



圖 1 寬頻段電場強度檢波器方塊圖

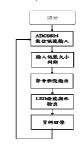


圖 289C51 程式流程圖

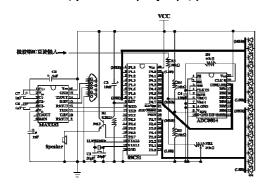
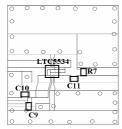


圖 3 檢波器邏輯顯示電路內部結構圖

#### 3. 電路實作與量測

寬頻段電場強度檢波器由無線射頻檢波電路 (RF Power Detector Circuit)以及邏輯顯示電路 (Logic Display Circuit)所組成,電路實作使用 FR-4 雙面板進行,基板厚度為 1.6mm,相對介電常數為 4.3,其中無線射頻檢波電路為檢波器 IC 電路,其電路如圖 4 所示,在圖 4 中所使用的 IC 型號為 LTC5534,電路設計參考應用頻率以及 datasheet 得到電容值 C9=0.1uF、C10=100pF、C11=1nF,電阻值  $R7=47\Omega$ ,電路實體圖如圖 5 所示,電路尺寸為 31.93mm x 26.9mm。



**圖** 4 LTC5534 檢波器電路(C9=0.1uF, C10=100pF, C11=1nF, R7=47Ω)

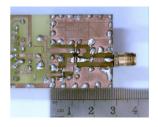


圖 5 檢波器實體電路(LTC5534)

邏輯顯示電路部份由電壓分配電路、類比轉 數位電路、運算電路、LED 顯示以及回傳電路所 組成,由於受到體積上的限制,將電路分成兩個區 塊,其電路佈局如圖 6(a)、(b) 所示。在圖 6(a) 中,電路為電壓分配電路、類比轉數位電路以及運 算電路,依照功能所需得到電容值 C1=C2=20pF、 C3=10uF、C4=150pF,可變電阻 VR1=30k $\Omega$ ,電 阻值 R1=8.2kΩ、R2=R3=R4=R5=R6=10kΩ 以及 石英晶體 11.592MHz, 在圖 6(b) 中, 電路為 LED 顯示與回傳電路,其電容值為 C5=C6=C7=C8=1pF, 電路板正面如圖 7 (a)、背 面如圖 7 (b) 所示, 電路尺寸為 31.93mm x 128.47mm。最後將無線射頻檢波電路以及邏輯顯 示電路連結,電路與電池安裝至圓筒外殼,電源電 壓 VCC 設定為 4.5V,實體圖如圖 8 所示,電路尺 寸長為 200mm, 直徑為 40mm, 其中發光二極體讀 取方向是由左往右讀取。

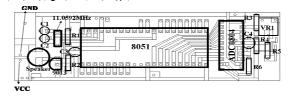


圖 6 (a) 電壓分配電路、類比轉數位電路與運算電路 (C1=C2=20pF, C3=10uF, C4=150pF, VR1=30kΩ, R1=8.2kΩ, R2=R3=R4=R5=R6=10kΩ)

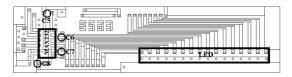


圖 6 (b) LED 顯示與回傳電路 (C5=C6=C7=C8=1pF)

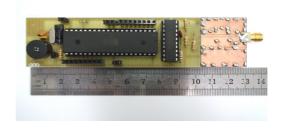


圖 7 (a) 電壓分配電路、類比轉數位電路與運算電路

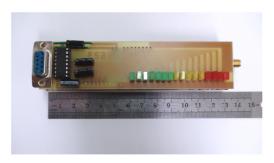


圖 7 (b) LED 顯示與回傳電路



圖 8 寬頻段電場強度檢波器實體

電路量測方法使用 Agilent N9310A 訊號產生 器將訊號直接接入,調整各種頻率,觀察輸入訊號 的強度與 LED 亮燈數目的變化情形, LED 顯示 與訊號強度關係如圖 9 所示,圖中 X 軸為 LED 顯 示數目,Y 軸為訊號強度。在圖 9 中菱形線、方形 線、圓形線、三角形線、十字線、星形線、田字線、 實心倒三角形線、實心星形線以及實心圓形線,所 表示的頻率分別為 13.56MHz、98MHz、315MHz、 433MHz \ 560MHz \ 925MHz \ 1575MHz \ 2GHz \ 2.45GHz 以及 3GHz。圖中量測頻率皆為日常生活 中常見的頻率,經觀察後可得到本檢波器具有相當 良好的線性度,可確保實際量測之準確性。最後將 圖 9 LED 顯示與訊號強度關係圖整理後得到 LED 顯示與訊號強度對照表,如表二所示,其觀察頻段 為 RFID 所使用的 925MHz, 從表二中可觀察出檢 波器在量測訊號強度時 LED 顯示數目的變化情 形。

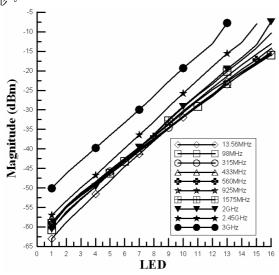


圖9LED 顯示與訊號強度關係 (LTC5534)

### 表二 LED 顯示與訊號強度對照表 (LTC5534, 925MHz)

輸入功率(dBm)	發光二極體亮光狀態	
-58	<b>-</b> 00000000000000	
-48		
-40		
-30		
-24		
-18		
-13		

### 結論

本文提出一個可運用在射頻之寬頻段電場強度檢波器設計,此檢波器使用 LTC5534 檢波器 IC 進行電路設計,可偵測之頻段為 50MHz 到 3GHz,電路經設計與量測後驗證本檢波器具有良好的線性度,確保量測之準確性,在實際量測中可運用於RFID、手機以及微波爐等電子產品的訊號檢測中,與市面上產品相較起來本電路成本低、體積小且實用性高。

## 参考文獻

- [1] R. E. Lehmann, D. D. Heston, "X-Band Monolithic Series Feedback LNA," *Microwave Theory and Techniques*, vol. 33, pp. 1560-1566, 1985.
- [2] A. R. Petrov, "System approach for low 1/f noise, high IP2 dynamic range CMOS mixer design," *University/Government/Industry Microelectronics Symposium*, pp. 74-77, 2003.
- [3] Ming-Yu Hsieh, Shih-Ming Wang, "Compact and wideband microstrip bandstop filter," *Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 15, pp. 472-474, 2005.
- [4] K. Yamamoto, M. Miyashita, M. Kurusu, N. Ogawa, T. Shimura, "A Current-Mirror-Based GaAs-HBT RF Power Detector for Wireless Applications," Compound Semiconductor Integrated Circuit Symposium, pp. 1-4, 2007.
- [5] Tao Zhang, W. R. Eisenstadt, R. M. Fox, "A novel 5GHz RF power detector," *Proceedings of the 2004 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 1, pp. I-897-900, 2004.
- [6] Yijun Zhou, M. Chia Yan Wah, "A wide band CMOS RF power detector," 2006 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp. 4228-4231, 2006.
- [7] R. G. Meyer, "Low-power monolithic RF peak detector analysis," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 30, pp. 65-67, 1995.
- [8] E. L. Ginzton, L. M. Hollingsworth," Phase-Shift Oscillators," *Proceedings of the*

- IRE, vol. 29, pp.43-49, 1941.
- [9] T. M. Almeida, M. S. Piedade, "High performance analog and digital PLL design," *Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium*, vol. 4, pp. 394-397, 1999.
- [10] Cheol-Hee Park, Jong-Ho Paik, Young-Hwan You, Min-Chul Ju, Jin-Woong Cho, "Techniques for channel estimation, DC-offset compensation, and link quality control in Bluetooth system," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 46, pp. 682-689, 2000.
- [11] N. Chauville, D. Chatelain, B.J.van Wyk, "WiMax access over GSM/GPRS in rural areas," *Electron Devices for Microwave and Optoelectronic Applications*, pp.106-109, 2004
- [12] http://www.us.anrutsu.com/products/MS2721 A-Spectrum-Master\_ARSPG\_AEQQSidZ265 4.axpx
- [13] 余文俊,8051 C 語言實習[入門篇],匯高出版社,台中,88年5月。