

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。

近年來電子產品的使用越來越頻繁，電磁波影響人體的醫療新聞以及相關報導也越來越多，在生活中有許多會發射電磁波的電子產品，例如：無線電話、藍芽(Bluetooth)[10]耳機、以及微波爐等產品，還有些發射電磁波的物品隱藏在住宅附近，例如：手機基地台、WiMAX[11]基地台、變電箱以及變電站，都會輻射出電磁波訊號，但是這些電子產品都與生活密不可分的，只能作迴避與遮蔽等防範措施，在探測這些電磁波的發射來源就要依靠檢波器的量測，檢測和鑑別輻射源最適合的儀器為頻譜分析儀[12]，但是體積大、不方便隨身攜帶，並且與市售的數位式射頻功率檢波器以及攜帶式檢波器的價位都相當昂貴，本文所提出的寬頻段電場強度檢波器將可大幅縮減成本，且體積小並擁有良好的實用性。

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 最小輸入功率範圍(MIN)	RF 最大輸入功率範圍(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。

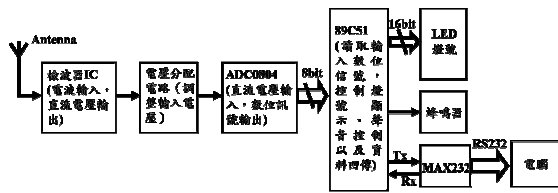


圖 1 寬頻段電場強度檢波器方塊圖

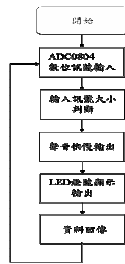


圖 2 89C51 程式流程圖

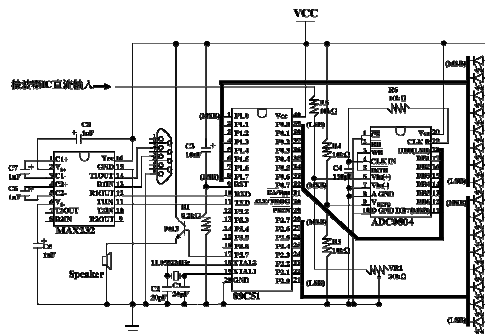


圖 3 檢波器邏輯顯示電路內部結構圖

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 $C9=0.1\mu\text{F}$ 、 $C10=100\text{pF}$ 、 $C11=1\text{nF}$ ，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。

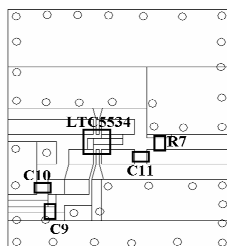


圖 4 LTC5534 檢波器電路 ($C9=0.1\mu\text{F}$, $C10=100\text{pF}$, $C11=1\text{nF}$, $R7=47\Omega$)

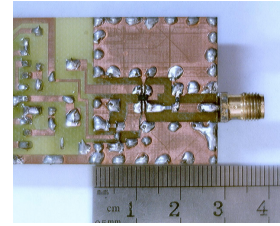


圖 5 檢波器實體電路 (LTC5534)

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 $C1=C2=20\text{pF}$ 、 $C3=10\mu\text{F}$ 、 $C4=150\text{pF}$ ，可變電阻 $VR1=30\text{k}\Omega$ ，電阻值 $R1=8.2\text{k}\Omega$ 、 $R2=R3=R4=R5=R6=10\text{k}\Omega$ 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 $C5=C6=C7=C8=1\text{pF}$ ，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。

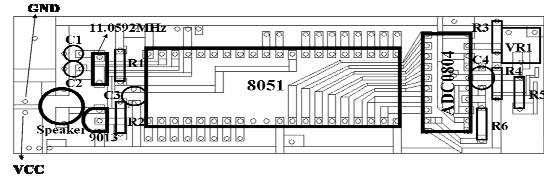


圖 6 (a) 電壓分配電路、類比轉數位電路與運算電路 ($C1=C2=20\text{pF}$, $C3=10\mu\text{F}$, $C4=150\text{pF}$, $VR1=30\text{k}\Omega$, $R1=8.2\text{k}\Omega$, $R2=R3=R4=R5=R6=10\text{k}\Omega$)

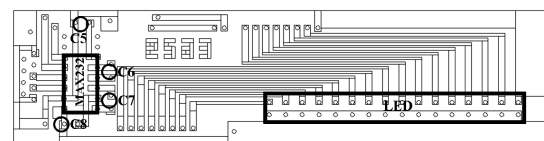


圖 6 (b) LED 顯示與回傳電路 ($C5=C6=C7=C8=1\text{pF}$)

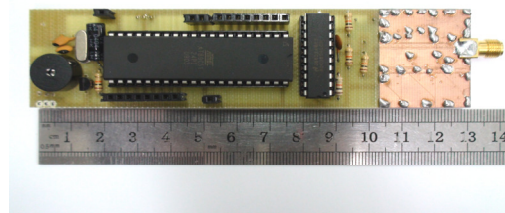


圖 7 (a) 電壓分配電路、類比轉數位電路與運算電路

- 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_AEQSidZ2654.aspx
- [13] 余文俊，8051 C 語言實習[入門篇]，匯高出版社，台中，88年5月。