

簡易 RFID 訊號量測分析儀之研製

范俊杰 鄭世德 趙亮琳 王安松
聖約翰科技大學 聖約翰科技大學 聖約翰科技大學 力浦電子實業公司
副教授 研究生 副教授
chun@mail.sju.edu.tw 97M04001@stud.sju.edu jau@mail.sju.edu.tw peter@leaptronix.com
u.tw

摘要

本篇論文是研究一套方法，可以以一般實驗室現有的設備來達成 RFID 訊號之量測，其方法是利用自製環形天線，擷取讀取器及標籤之訊號，然後將訊號分乘兩路，一路經檢波電路輸入示波器(ch1)，目的可獲得讀取器及標籤波形，且可做同步用，另一路則直接接到示波器(ch2)，可觀測到已調變訊號。本研究已經成功的將 13.56MHz 的讀取器及標籤訊號讀取，此簡易且利用成本低廉之一般儀器設備，即可達成之技術，足可以提供給學校實驗室或業界之產品開發來參考使用。

關鍵字: RFID，環形天線，讀取器，標籤

Abstract

A measurement method for developing RFID signal, from laboratory using regular equipment, is proposed in this paper. The method uses self-made loop antenna to get the signal from reader and tag, then separate the signal into two paths. One path is through envelope detection circuit and onto ch1 of scope. The reasons are to get the waveform of reader and tag, and for synchronization. The other path goes directly to ch2 of scope, which could observe the modulated signal. This research has successfully fetched the reader and tag signals of 13.56 MHz. This technique could be implemented using simple plan and inexpensive equipment. This newfound technique could support or be reference to in school laboratory or industrial product development.

Keywords: RFID, loop antenna, reader, tag

1. 前言

在電子裝置極速發展的今日，帶給全球使用者不可言喻的便利性，隨著時代的進步，從 Bar Code 的發展一直到的電子標籤的出現，又將帶給全球人類一個新的震撼彈。由於 RFID 技術，深具無限之潛力，預估將會廣泛的應用在物流、醫療、航空、行動通訊、票卷、農漁畜產、安全及其它各種可能之領域，因此目前全球均極力的推廣 RFID 技術，而且思考及研究如何讓 RFID 能確實的提升效率及降低錯誤。

目前 RFID 的射頻量測設備，其價格多以新台幣百萬元起跳，昂貴的量測實驗設備並非一般公司或實驗室所能力購買，因此若能利用簡易之設備，而達到量測 RFID 訊號之目的，是從事 RFID 研發之產業所期盼的。

在 "Poor Man's 1-GHz" 的探棒[1]這篇報導中，其將 Poor Man 用的非常適切，即以最簡易的設備及方式來量測或製作，完成實驗目的，既可省大筆經費，又可在實驗過程中學習經驗，一舉數得。從這篇文章中，頗有感觸，現今之工程師，大多使用現有套件及先進量測儀器來做實驗，只要沒有先進之量測設備或設備損壞，即處於束手無策之狀態，不擅於利用現有簡易的設備，來克服困難。

市面上有幾款先進的 RFID 的量測設備[2][3]，這些設備無不具備寬廣的即時觸發和擷取功能，並可分析隨時間變化下的功率與頻率，然而這些功能強大，價格昂貴的設備，使得欲發展 RFID 的工程師為之怯步，也抑制了 RFID 整個市場的發展。因此為了改善簡化 RFID 量測環境，本研究從 RFID 的工作原理，訊號如何傳送、調變、回傳訊號等行為，分析後提出一個設備低廉及簡易的量測方式，即可達到量測 RFID 訊號之目的。本實驗將以現有實驗室設備配合自製簡易的量測電路，擷取 RFID 所傳送的電波予以分析驗證，並以最精簡的設備與成本來達成實驗的目的，將可為研究人員提供另一種量測上之選擇。

另外，在各類的 RFID 規格中，本文主要以使用最廣的 ISO-14443A[4] HF 13.56MHz 的 Mifare card [5]為實驗的主要規格，發展「非接觸式」的測量方法。

2. 簡易 RFID 訊號量測系統

由於 HF RFID Reader 與 Tag 之間的資料是以 13.56MHz 的電磁場在傳送，一般示波器探棒是接觸式的，無法量測到此高頻載波。又 Reader 送出高頻載波訊號，時間短暫，如無同步觸發信號不易儲存波形，更無法重複比對，且高頻載波與資料訊號混合一起，不易觀察。另外，Tag 回應的訊號很弱[6]，不易擷取，Tag 是以負載調變(Load Modulation)的方式回傳，資料信號強度很小與 Reader 傳送的載波訊號相比，信號功率大小差距可達 80~90dB，波形看似雜訊，不易擷取，相關之波形說明及實驗報告均無法在公開之文獻獲得，缺乏研究觀察的方向。

本研究提出一個利用簡易設備及電路來測得 RFID reader 及 Tag 之訊號，其系統圖如圖 2.1，整個系統所包含之設備有一般之示波器，自製之環型天線，檢波電路，及欲量測獲得訊號之讀取器及標籤。量測之方式是 reader 送出較強之電波經過環型天線，此環型天線可視為電波擷取工具，將擷取之 reader 訊號送往示波器，另外，待測之 Tag 受到 reader 電波能量之啟動，回應訊號在經過環型天線送給 reader，Tag 訊號經環型天線被擷取，緊接著送至示波器，在送至示波器之電磁波訊號分為 2 路；在 ch-1 那路，天線擷取之訊號傳送至檢波電路，經檢波後取得資料傳送至示波器 ch-1，ch-1 並作為示波器同步觸發參考訊號，可與 ch-2 所量的 RF 同時擷取儲存於示波器上，就可同時分析 RF 載波訊號及資料訊號，更可只分析 Tag 的波形，採用本法可避免一般示波器在單獨使用時，無法看到波形。

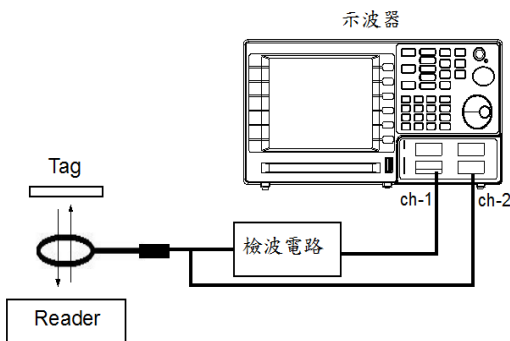


圖 2.1 非接觸式 RFID 量測系統

3. 量測系統電路之研製

本 RFID 訊號量測系統有兩個是自製之電路裝置，即環型天線及檢波電路，茲分述如下。

3.1 環型天線製作與測試

RFID 的工作原理是以磁場耦合的方式傳送信號，並以負載效應方式回送信號，故要擷取 RFID 訊號，必須選擇適當的天線放置於 Reader 與 Tag 之間，以擷取相互傳送的波形。典型的 LF(125KHz)及 HF(13.56MHz)RFID，其 Reader 及 Tag 都是採用環型繞法[6]，故本文採環型天線作為收集 125KHz 及 13.56MHz 之電磁波的前端工具[7]。

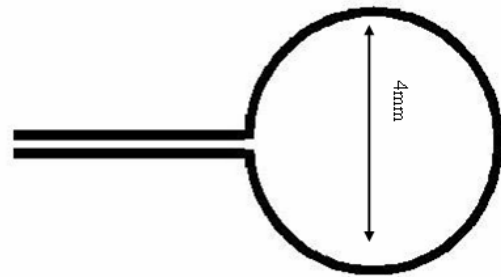


圖 3.1 環型天線

一般環型天線的半徑與波長 λ 成比例，如 $\lambda/2$ 、 $\lambda/4$ 、等，但是 125KHz 及 13.56MHz 的波長長達數公尺，故在此僅以 1mm 銅線彎成直徑 4 公分圓圈當天線；並以接近 4x7cm Reader 天線的規格(如圖 3.1)[8]去製作出實際之環型天線，其成品如圖 3.2。



圖 3.2 環型天線之實體

為了測試所製作之環形天線，是否能正確的擷取電波訊號，本研究做了如下驗證；即由信號產生器送出 10MHz~20MHz 之弦波訊號，經由 Reader 的 PCB 型天線來測試增益，由環型天線擷取波形，再顯示在示波器上，如圖 3.3 之驗證系統圖所示。經量測之結果，測試電壓 AC 1-5V 都可以很容易的測量到，顯見此環形天

線擷取電波之能力相當好，其實際波形之顯示，會在量測結果那單元呈現。另外此天線亦可作為電場量測用，故可稱為「磁場探棒」。

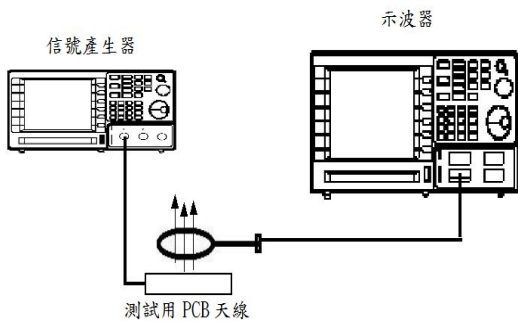


圖 3.3 天線驗證系統圖

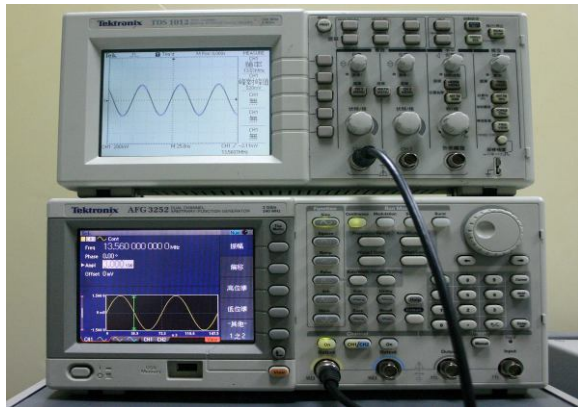


圖 3.4 示波器及波形產生器

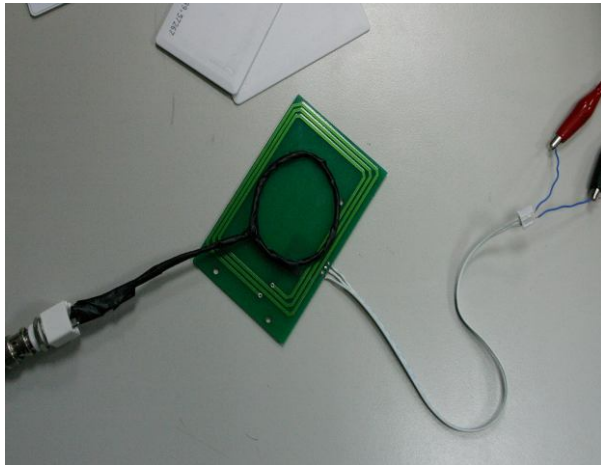


圖 3.5 FR4 PCB 型天線

3.2 檢波電路之研製與驗證

在本研究中，RFID 射頻訊號經環形天線擷取之後，須有解調之動作；因 LF 及 HF Reader 採用 ASK 10%~100% 調變，所以解調只要採用傳統之檢波電路即可，其完整之系統電路圖如圖 3.4。其

運作行為即環形天線擷取到 RFID 射頻訊號之後，經一簡易耦合電路(在 TP1 那點)將訊號接收下來，然後經過一個波峰檢波器(在 TP2)，其電路介在 TP1 及 TP3 之間，當已調變訊號之波峰(代表之訊息)被檢出後，再經後面電路之放大及比較器(介在 TP3 與 Output 間)轉為數位訊號，此即可獲得 RFID Reader 及 Tag 之數位資料。

為了將設計之電路，研製完成之後，檢驗其電路是否能正確且正常的將訊號解調出來，本研究利用圖 3.5 之驗證系統圖，來檢驗電路是否正常運作，其原理即 Reader 及 Tag 在資料傳送的過程中經由環型天線的收集，在檢波電路去除直流後，經示波器顯示資料波型，並以此為示波器觸發條件與原 RF 資料同步，即可擷取隱藏在高頻 ASK 之數位資料，期驗證之結果，呈現在量測結果那單元。

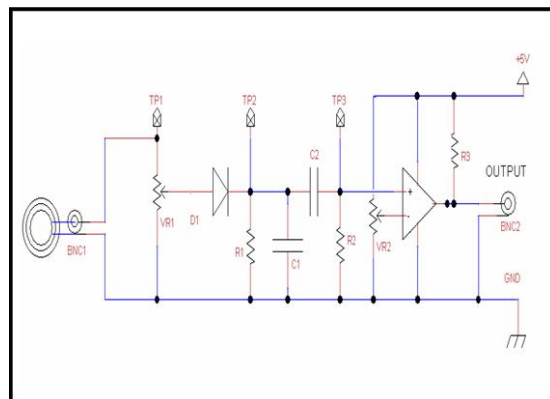


圖 3.6 檢波電路完整電路圖

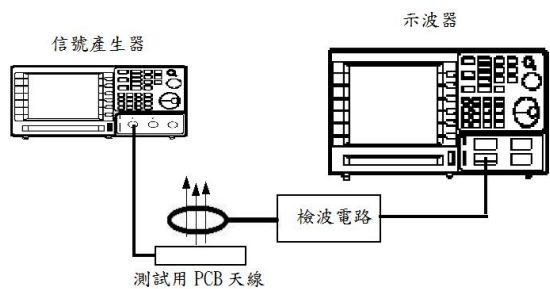


圖 3.7 檢波電路驗證系統圖

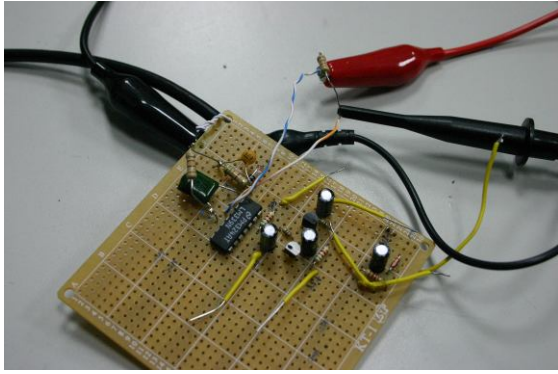


圖 3.8 實際檢波測試電路板

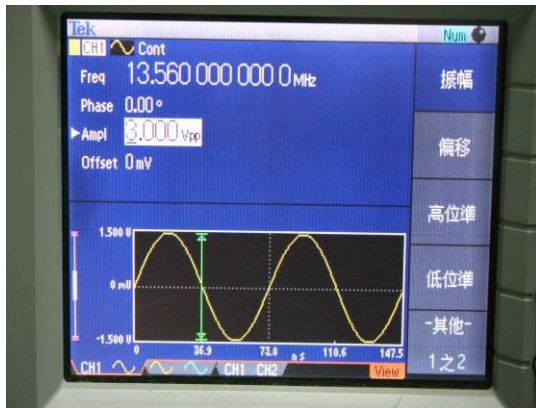


圖 3.9 訊號產生器所產生之 13.56MHz 之波形

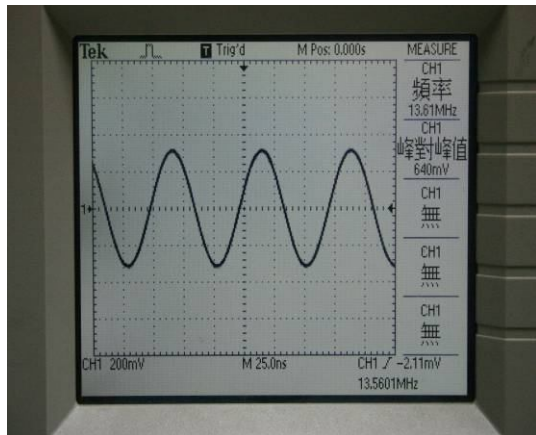


圖 3.10 示波器顯現天線擷取之 13.56MHz 之訊號

4. 量測實驗結果

本研究所提出之量測系統如圖 2.1，首先是以天線置放於 Reader 及 Tag 之間，擷取雙方通訊傳遞電波，經檢波電路解調成低頻(資料信號)，再去掉直流擷取 AC 資訊訊號，可由示波器放大之後，觀查資料波形，但示波器無法與 RF 訊號同步，故經解調後，ch1 可當同步訊號，調整示波器觸發位準(Trigger

Level)即可與 ch2 信號同步，如此可擷取完整到正確之資料。

本單元是在量測觀察 13.56MHz RFID 之訊號，首先觀察 Reader 之訊號波形，其即是在圖 2.1 中之 Reader 為 13.56MHz Reader(如圖 4.1)，然後經量測系統在示波器上可觀察到 Reader 之 ASK 訊號波形。

13.56MHz 所使用之 Reader 在圖 4.1 之左側，所測得 Reader 之訊號在圖 4.1 之右側，Reader data 約 10μ (4us low +6us high) 此與 RFID 手冊之規格相符，即 data rate $R=106Kbit/s=13.56MHz/128$ [6]。

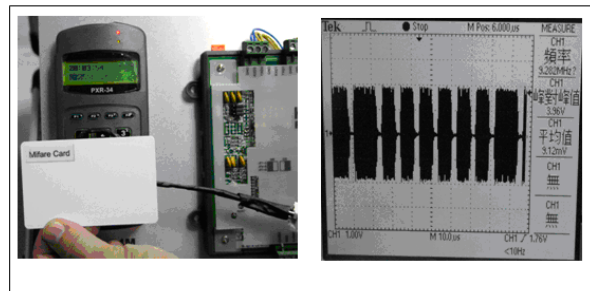


圖 4.1 13.56MHz Reader 及示波器顯示之波形圖

另外，當 Tag 靠近 Reader 時，可清楚的擷取到 reader 與 Tag 的關係波形圖，如圖 4.2 所示，其中 ch1 為天線收集到的 RF 波形，ch2 為去除載波解調後的波形，但未經比較器將其數位化。圖 4.2 中 ch1 及 ch2 之左側為 Reader 訊號，右後為 Tag 波形，從 ch1 中亦可觀察到 Tag 的電位略高於 Reader 數個 mV，又在 Reader 載波結束後約 $90\mu s$ 以內即觀察到 Tag 反射的波形，此與手冊規格 [6] 相符 RFID Tag 之訊號約 $90\mu s \sim 140\mu s$ 會出現，而且是微量的訊號加載在 RF 載波上，並且是一連串的訊號，約 $10\mu s$ 的轉態波形即 bit duration，此與規格 $9.64\mu s(1/106kbit)$ 亦相吻合 [6]，從 ch1 的 RF 訊號上可以看的出來，Tag 波形與 Reader 相差很多，容易誤認為雜訊，如無本文檢波電路是無法辨識的，可見檢波電路之其重要性。

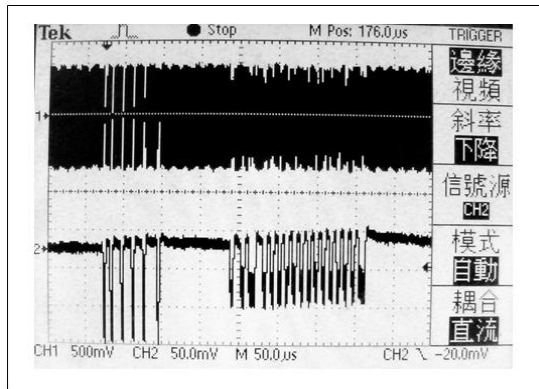


圖 4.2 13.56MHz Reader and Tag 波形

由於圖 4.2 中所示，無法精確的觀察到微小 Tag 之波形，故再進一步的將 Tag 訊號予以放大，如圖 4.3 之 ch2，並將其數位化後，顯示於圖 4.3 之 ch1。

從圖 4.3 中可清楚的看到 Tag 之波形寬度，易於分析，且 Tag 的反射波形是使用 Manchester Code 編碼[5]。

上述之實驗所得數據均與手冊規格相符，證實是 Reader 及 Tag 之訊號。

最後提供實驗之經驗，即實驗時，天線，Tag 與 Reader 的距離會影響測量的數據及擷取電波的穩定性，環型天線與 Tag 都是扁平式的，必須平行擺放在 Reader 表面，先從近距離量測，再調整距離，觀察其中的變化，便可了解其相互之間的關係。

5. 結論

有關量測 RFID Reader 及 Tag 之訊號波形，很少看到文獻在討論，尤其是量測 Tag 傳送的波形及其分析更是罕見，目前所使用之量測方法及設備均是採用昂貴的儀器，所測得之結果，亦少有報告，因此要從事硬體研發，Tag 訊號分析之工程師，若無充裕設備之經費，此項研發及驗證之工作均等同於放棄。本研究所提供之量測方法及設備，很成功的測得 13.56MHz 之 Reader 及 Tag 之訊號波形，並與書中有關 Reader 及 Tag 訊號之規格相符，證實本實驗方法及電路正確無誤；基本簡易 RFID 訊號量測系統之研

製已大功告成，並且有關自製電路部份，其材料成本約在 100 元以內，可說是完全達到省錢的目地，正符合所謂的克難儀器 (Poor Man Instrument) 的條件。

由於本研究針對 13.56MHz 的 RFID 系統，事實上，125KHz 之 RFID 系統，亦可以同樣之方式量測而得，只是未呈現在本文中；對於超高頻 (UHF 922M~928MHz) 及 2.4GHz 之 RFID 系統尚未予以測試，由於頻率更高，所面臨之挑戰更多，諸如示波器及訊號產生器等級之提升，環型天線及檢波電路之製作，均可能面臨新的挑戰，此是針對本實驗，未來可進一步研究之項目。

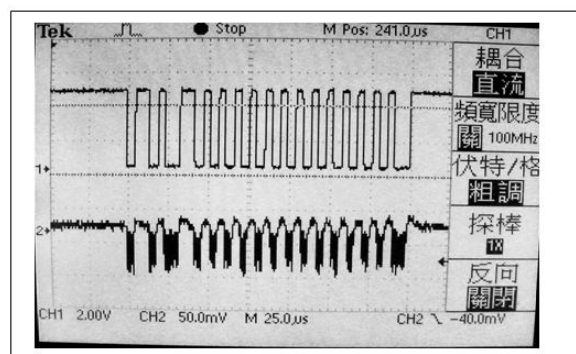


圖 4.3 13.56MHz Tag 之訊號及數位化後之波形

參考文獻

- [1] Agilent, www.Agilent.com, 2009.
- [2] David Jewsbury, "Poor Man's 1-GHz" elektuur -4/2004
- [3] Dominique Paret, "RFID and Contactless Smart Card Applications", Translated by Roderick Riesco, MA, John Wiley & Sons, Ltd., 2005
- [4] Johnl. Volakis, "Antenna Engineering Handbook 3 edition" McGraw Hill, 1993.
- [5] Klaus Finkenzerler, "RFID Handbook" Wiley, 2003.
- [6] Nxp, www.nxp.com, 2009.
- [7] Philips Semiconductors, mifare, "MF RC500 datasheet" 2005
- [8] Tektronix, www.Tektronix.com, 2009.