

# A Near-Field Loop Tag Antenna Design for UHF RFID System

Chen Chen

School of Electronic and Information Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang  
Email: ccamos@163.com

Received: Oct. 8<sup>th</sup>, 2016; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2016; published: Oct. 27<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

A near-field loop tag antenna for UHF RFID system is proposed. By reverse current from bending adjacent wires to weaken the strong inductive from loop antenna, it's good for impedance matching and bandwidth promoting; the antenna size can be reduced effectively by the inward bent structure, which can be applied to the small size object tracking identification. The antenna is printed onto the FR-4 substrate, with an overall size of  $7.9 \times 10.2 \times 0.2 \text{ mm}^3$ , compared to the same type, size of the antenna is reduced to 42.1%. The simulation and test results show that the antenna has a good performance in the near-field region, which can be used in UHF RFID systems.

## Keywords

RFID, Tag Antenna, Near-Field, Impedance Matching, Bandwidth

---

# 一种UHF频段RFID近场环形标签天线设计

陈 臣

杭州电子科技大学电子信息学院, 浙江 杭州  
Email: ccamos@163.com

收稿日期: 2016年10月8日; 录用日期: 2016年10月21日; 发布日期: 2016年10月27日

---

## 摘 要

本文设计了一款应用于UHF频段的RFID近场环形标签天线。该天线通过相邻弯折导线间的反向电流削弱

环形结构带来的强感抗, 有利于实现阻抗匹配和提升带宽; 利用向内弯折结构有效的缩减了天线尺寸, 可应用于小尺寸物体追踪识别。最终天线印制在FR-4介质板上, 尺寸为 $7.9 \times 10.2 \times 0.2 \text{ mm}^3$ , 相比同类型天线缩减了42.1%。仿真与测试结果表明天线在近场区域有很好的性能, 可应用在UHF RFID系统。

## 关键词

RFID, 标签天线, 近场, 阻抗匹配, 带宽

## 1. 引言

近年来, RFID (Radio frequency identification)技术凭借数据存储量大、读写距离远、环境适应性好等特点逐渐被应用于物流与供应链管理、交通管理与控制等领域。天线作为 RFID 系统中一个重要的组成部分, 其性能的好坏直接影响着系统性能优劣, 且受到应用场合的限制, RFID 标签通常要贴在不同类型、不同形状的物体表面, 甚至有些需要嵌入到物体内部[1], 因此体积小、重量轻是当前标签天线的研究重点。由于在 RFID 标签系统中实现天线的小型化和减轻重量方面近场天线比远场天线更具有优势, 因此在短距离的物体识别领域中近场天线应用更为广泛。

在大部分近场应用中, RFID 标签天线都是以环的形式实现的[2]。环形天线分为小环天线和谐振环天线, 相较于谐振环天线, 小环天线对于近场应用中的干扰源(电磁场辐射、物体移动时产生的抖动等)具有免疫效果, 因此小环天线更适合应用于近场的物体识别。但小环天线也存在带宽窄、难以匹配、尺寸较大等缺点, 所以由传统的环形天线构成的 RFID 标签依然难以应用在小体积物体识别上。针对上述问题, 本文提出一种应用于 UHF 频段的向内弯折环形结构天线, 使用 FR-4 材料作为介质板, 通过向内弯折削弱环形结构带来的强感性, 从而实现了阻抗匹配。此外, 弯折环形结构在缩减天线尺寸的基础上降低了 Q 值提升了工作带宽, 使之适用于 UHF 频段的 RFID 系统。

## 2. 天线结构分析

基于磁场耦合的近场 RFID 系统结构如图 1 所示, 等效电路模型如图 2 所示, 在距离阅读器天线表面高度为  $r$  的位置上产生的磁场感应强度  $B$  的大小可由公式(1)计算。

$$B = \frac{\mu_0 I N S^2}{2r^3} \quad (\text{Tesla}) \quad (1)$$

式中  $\mu_0$  是真空中磁导率,  $S$  为天线面积,  $N$  为天线圈数,  $I$  为天线上电流强度。

通常小型化的近场标签天线从阅读器获取的能量很小, 可由公式(2) [3] [4]中的耦合系数  $C$  来衡量。

$$C \propto f^2 N_{Tag}^2 S_{Tag}^2 B^2 \alpha \quad (2)$$

式中  $f$  为天线的工作频率,  $N_{Tag}$  为标签天线的圈数,  $S_{Tag}$  为天线面积,  $B$  为磁感应强度,  $\alpha$  为各种匹配系数。

公式(1)、(2)表明, 标签天线获取的能量与两天线距离  $r^3$  成反比, 与  $S_{Tag}$  成正比, 而小型化的标签天线可通过缩短通信距离、提高阅读器发射功率来获得足够的能量以完成短距离的读写工作。

本次的天线是针对 NXP 公司的 RFID 芯片 SL3S4011 设计的, 该芯片可应用在 UHF 美国频段(902~928 MhZ), 在中心频率为 915 MhZ 处的芯片阻抗为  $(12.7 - j \times 199) \Omega$ 。

天线的结构模型如图 3 所示, 制作在厚度为 0.2 mm 的 FR-4 介质基板( $\epsilon_r = 4.4$ ,  $tg\delta = 0.02$ )顶层, 底层铺地。各部分相关尺寸如表 1 所示, 终天线尺寸为  $7.9 \times 10.2 \times 0.2 \text{ mm}^3$ , 与同类型的天线相比尺寸缩减了 42.1%, 相比于同频率未弯折的矩形环天线尺寸缩减了 58.5%。

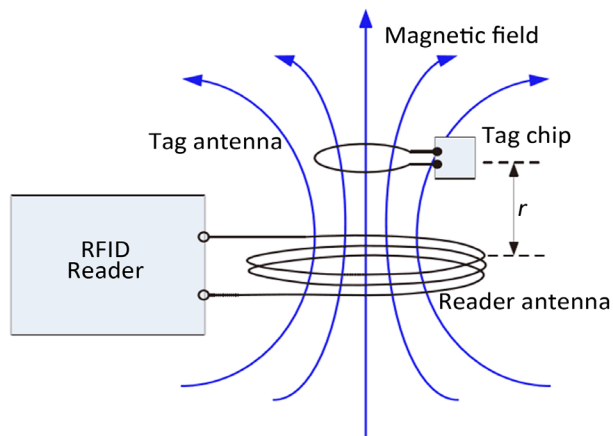


Figure 1. Structure diagram of near-field RFID system  
图 1. 近场 RFID 系统结构图

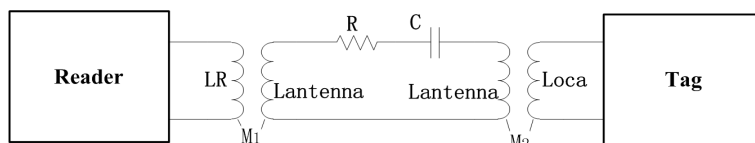


Figure 2. Equivalent circuit diagram of near-field RFID system  
图 2. 近场 RFID 系统等效电路图

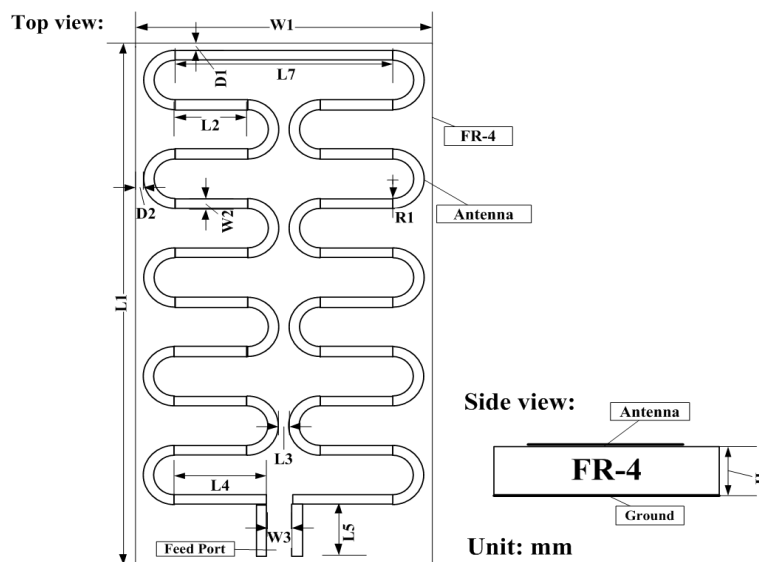


Figure 3. Folded loop antenna  
图 3. 内嵌弯折环形天线

Table 1. Dimensions of each part  
表 1. 天线各部分相关尺寸

参数	尺寸	参数	尺寸	参数	尺寸	参数	尺寸
W1	7.9	L2	6.3	L6	2.1	D2	0.2
W2	0.4	L3	2.4	L7	6.3	H	0.2
W3	0.3	L4	0.3	R1	0.23		
L1	9.8	L5	3	D1	0.2		

与传统的矩形环结构相比,此天线通过向内多次弯折使环臂形成两个对称的蛇形结构。其将天线臂收缩在环内部,有效的缩减了天线尺寸,且相邻弯折导线上电流方向相反,减弱了导线产生的部分磁场,并通过调节参数  $R1$ 、 $L2$ 、 $L3$  改变相邻导线间的距离调整了磁场大小,从而削弱环形结构带来的强感性,实现与标签芯片的阻抗共轭匹配。此外,感性降低会使  $Q$  值减小从而带宽提升。

### 3. 参数分析

公式(2)表明影响读取效果的因素为磁场强度  $B$  与匹配系数  $\alpha$ ,而在天线结构中  $B$  与  $\alpha$  又受到半圆内径  $R1$ 、介质板的介电常数  $\epsilon_r$  和介质板厚度  $H$  等因素的影响。文章采用控制变量法分别研究了  $R1$  对阻抗和磁场强度的影响、 $\epsilon_r$  和  $H$  对谐振频率的影响,最终得到了一组性能较优的数据。其中天线的建模仿真均在三维电磁仿真软件 HFSS 13.0 上进行。

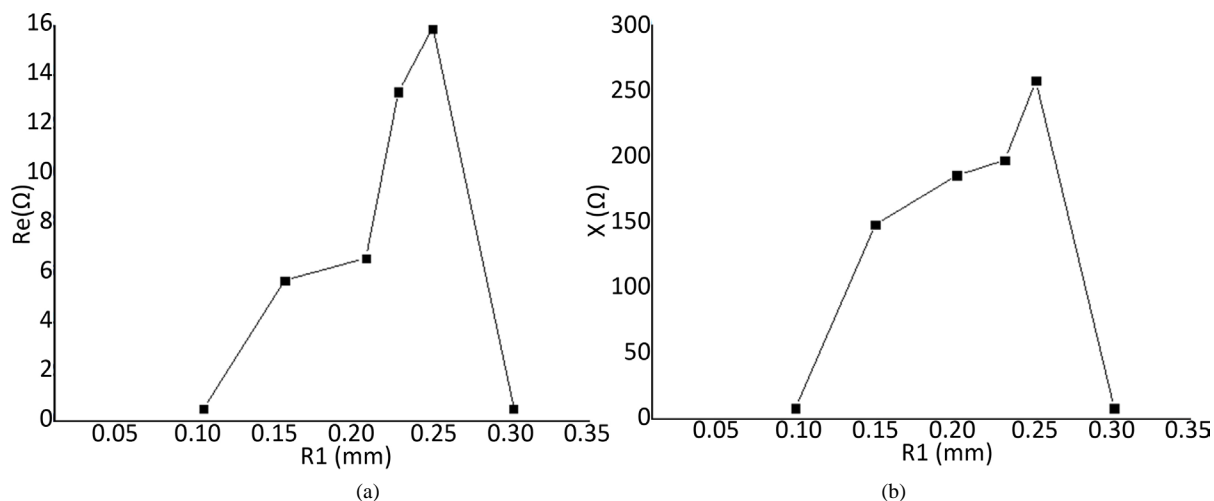
图 4 分析了变量  $R1$  对天线阻抗的影响,图 4(a)表明阻抗实部  $Re$  对  $R1$  的变化较为敏感,在  $R1$  为  $0.1\text{ mm}$  时  $Re$  较小,随着  $R1$  的增长  $Re$  迅速增大,且在  $0.25\text{ mm}$  时达到阻抗最大值,之后随  $R1$  的增大而迅速减小。图 4(b)显示虚部  $X$  在  $R1$  为  $0.15\text{ mm}$  到  $0.25\text{ mm}$  之间阻抗匹配良好。综合两图发现在  $R1$  为  $0.23\text{ mm}$  时,  $Re$  为  $13.3\ \Omega$ ,  $X$  为  $197.9\ \Omega$ ,与标签芯片实现了阻抗共轭匹配。

半圆内径  $R1$  是影响磁场强度随的主要因素,图 5 中曲线表明  $R1$  在  $0.15\text{ mm}$  与  $0.25\text{ mm}$  之间时磁场较强,且变化较小,但两端磁场较弱。由电磁场理论可知,当线距为  $0.1\text{ mm}$  或  $0.25\text{ mm}$  时相邻导线距离太小导致磁场抵消较大,场强较弱。因此最佳半圆内径为  $0.23\text{ mm}$ 。

介电常数与介质厚度是影响天线谐振频率的重要因素。图 6 显示当厚度为  $0.2\text{ mm}$  时中心频率随着介电常数的增加而减小,且  $\epsilon_r$  为  $4.4$  时谐振频率为  $915\text{ MhZ}$ 。这是由于介电常数的增加会使天线的电长度增加,从而导致谐振频率下降。

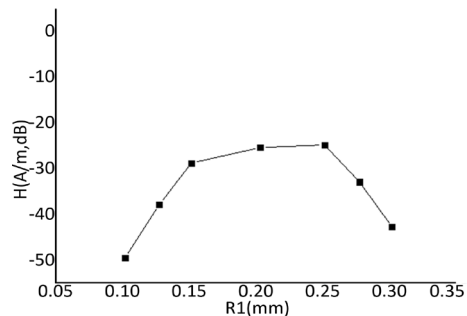
### 4. 测试结果分析

通过对天线结构和介质材料的分析,最终天线制作在厚度为  $0.2\text{ mm}$  的 FR-4 材料上,加工后的天线如图 7(a)所示。由于标签天线的端口阻抗为复阻抗,不能直接使用矢量网络分析仪测量标签天线性能,因此本次选择端口延伸测试技术[5]间接测试,测试方法如图 7(b)所示,转换后的  $S$  参数与  $Z$  参数如(c)(d)所示。

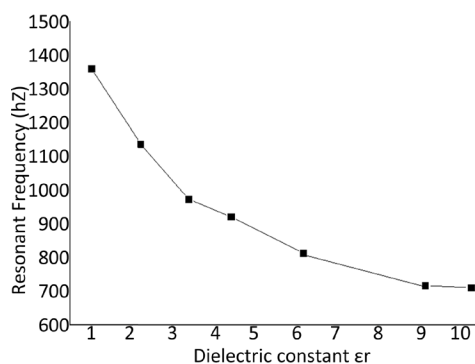


**Figure 4.** Effect of variable  $R1$  on real and imaginary parts of antenna impedance at  $915\text{ MhZ}$ : (a) The real part of the impedance changes with  $R1$ ; (b) The imaginary part of the impedance changes with  $R1$

图 4.  $915\text{ MhZ}$  处变量  $R1$  对天线阻抗实部和虚部的影响: (a) 阻抗实部随  $R1$  的变化结果; (b) 阻抗虚部随  $R1$  的变化结果



**Figure 5.** Effect of R1 on magnetic  
**图 5.** R1 对磁场强度的影响

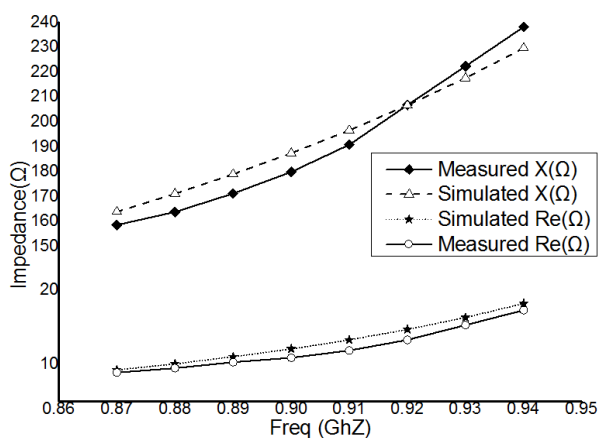


**Figure 6.** Influence of dielectric constant  $\epsilon_r$  on resonant frequency ( $H = 0.2 \text{ mm}$ )  
**图 6.** 介电常数  $\epsilon_r$  对谐振频率的影响 ( $H = 0.2 \text{ mm}$ )

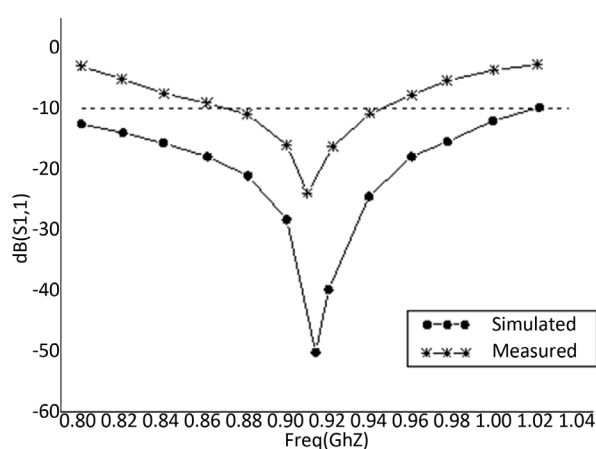


(a)

(b)



(c)



(d)

**Figure 7.** Simulation and test results of the tag antenna: (a) Processing of the antenna; (b) Test methods; (c) Impedance simulation and testing contrast; (d) S11 simulation and test contrast

**图 7.** 标签天线仿真与测试结果: (a)加工的天线; (b)测试方法; (c)阻抗仿真与测试对比; (d) S11 仿真与测试对比

对比测试与仿真结果发现天线在 UHF 频段与标签芯片基本实现了阻抗共轭匹配,但部分失配引起的反射取对数后与仿真结果相比仍有较大差异。 $S_{11} < -10$  dB 的带宽为 35 MHz,包含了美国 RFID 频段(902~928 MHz)。但由于加工误差、测试接口存在反射、测试环境存在干扰等原因使得测试结果与仿真相比仍存在差距。

## 5. 结论

本文提出了宽带弯折环形 RFID 标签天线,该天线利用向内弯折结构在实现宽带匹配的基础上有效的缩减了天线尺寸,且内嵌弯折结构能够削弱由环形产生的强感抗,使天线很好的实现了阻抗共轭匹配,且  $S_{11} < -10$  dB 的带宽为 35 MHz,覆盖了 RFID UHF 美国频段 902~928 MHz。最终天线印制在材料为 FR-4 的介质板上,尺寸为  $7.9 \times 10.2 \times 0.2$  mm<sup>3</sup>,与同类型天线相比缩减了 42.1%实现了小型化设计。仿真与测试结果表明天线近场性能较优,因此可将天线贴在小尺寸物体表面用于近距离物体识别。

## 参考文献 (References)

- [1] 段艳敏, 廖成, 夏小勇. 新型弯折偶极子 RFID 天线的小型化分析与设计[J]. 微波学报, 2010, 26(5): 64-67.
- [2] 廖剑锴. UHF 频段 RFID 近场读写器天线研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2010.
- [3] Nikitin, P.V., Rao, K.V.S. and Lazar, S. (2007) An Overview of Near Field UHF RFID. 2007 *IEEE International Conference on RFID*, Grapevine, TX, 26-28 March 2007, 167-174. <http://dx.doi.org/10.1109/rfid.2007.346165>
- [4] Chen, S.C.Q. and Thomas, V. (2001) Optimization of Inductive RFID Technology. *Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Denver, CO, 9 May 2001, 82-87. <http://dx.doi.org/10.1109/isee.2001.924506>
- [5] Qing, X., Goh, C.K. and Chen, Z.N. (2009) Impedance Characterization of RFID Tag Antennas and Application in Tag Co-Design. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, **57**, 1268-1274. <http://dx.doi.org/10.1109/TMTT.2009.2017288>

### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjwc@hanspub.org](mailto:hjwc@hanspub.org)