

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802204

# 基于NCF29A1的智能遥控钥匙软硬件设计

白稳峰 裴静 吴瑾 汪春华

(中国汽车技术研究中心 汽车工程研究院 天津 300300)

**摘要:**随着汽车市场PEPS技术的不断普及和发展,越来越多的车型上已经具备了智能进入和智能启动功能。除此之外,衍生出现的迎宾功能也被越来越多的使用。传统智能钥匙由于集成度不高,而且不能满足市场新增功能需求。为了适应市场发展需要,采用恩智浦半导体推出的真正单芯片智能汽车门禁解决方案,即NCF29A1。它将无钥匙系统(PKE)、遥控射频发射器以及防盗锁止系统组合在一起,实现了真正的单芯片解决方案,大大简化了硬件设计电路。本设计使用NCF29A1作为主控芯片,实现了智能钥匙的软硬件设计。功能方面包括RKE、PKE、PS、IMMO防盗、迎宾等,满足了市场最新的设计需求。并且在成本及性能方面,由于选用了最新的NCF29A1的单芯片方案,降低了钥匙的静态功耗,进而延长了钥匙使用寿命。具有成本低、性能优、易扩展等特点。

**关键词:**NCF29A1;无钥匙系统;智能钥匙;单芯片;低功耗;防盗系统

**中图分类号:**TN409    **文献标识码:**A    **国家标准学科分类代码:**510.5015

## Design of intelligent remote control key hardware and software based on NCF29A1

Bai Wenfeng Pei Jing Wu Jin Wang Chunhua

(China Automotive Technology and Research Center, Automotive Engineering Research Institute, Tianjin 300300, China)

**Abstract:** With the continuous popularization and development of PEPS technology in the automotive market, passive entry and passive start are already available on more and more models. In addition to this, the welcome feature that has emerged is also being used more and more. The traditional intelligent key is not highly integrated and can not meet the market demand for new functions. In order to meet the needs of market development, adopt the real single-chip intelligent vehicle access control solution of NXP semiconductor, namely NCF29A1. It combines a keyless system (PKE), a remote-controlled RF transmitter, and an anti-theft lockout system, enabling a true single-chip solution that greatly simplifies the hardware design circuit. This design uses NCF29A1 as the main control chip to realize the software and hardware design of the smart key. In order to meet the latest design requirements of the market, functional aspects include RKE, PKE, PS, IMMO anti-theft, welcome function, etc. And in terms of cost and performance, due to the selection of the latest NCF29A1 single-chip solution, the static power consumption of the key is reduced and the service life of the key is extended. It has the characteristics of low cost, excellent performance and easy expansion.

**Keywords:** NCF29A1; keyless system; smart key; single chip; low power consumption; anti-theft system

## 0 引言

随着汽车时代的到来,汽车无线接入技术得到了更为广泛的应用,RKE/PKE技术不仅提高了防盗安全性,而且给人们的汽车使用带来很大方便。无钥匙门禁系统(passive keyless entry, PKE)是无需用户干预的智能遥控车钥匙<sup>[1]</sup>技术,在RKE(remote keyless entry)技术的基

础上使用了RFID(radio frequency identification)技术。PKE作为新一代防盗技术正在逐步发展壮大,目前已经从高档车市场逐步进入中档车市场,不仅奔驰、宝马等高端汽车制造商已经广泛采用了PKE,像福特蒙迪欧、日产的天籁和新型马自达等中型车型也纷纷采用这一技术。PKE不是传统的钥匙,而是一个智慧钥匙,类似于智能卡<sup>[2]</sup>。当驾驶者踏进指定范围时,该系统通过识别判断如果是合法

授权的驾驶者则进行自动开门。上车之后，驾驶者只需要按一个按钮即可启动点火开关。

作为安全互联汽车领域的芯片制造商，恩智浦半导体近期推出了真正的单芯片智能汽车门禁解决方案，即NCF29A1，它采用HVQVN32封装将无钥匙系统(PKE)、遥控射频发射器<sup>[3]</sup>以及防盗锁止系统组合在一起。借助这款超紧凑型器件，可在智能手机、智能手表或智能手机外壳中实现全新的钥匙造型和外形尺寸，以便支持通过移动设备完善汽车门禁系统。与市场中的传统解决方案不同，NCF29A1可提升汽车客户的体验，实现例如迎宾灯或离开自动落锁功能，控制范围更远，能耗更低。

全新 NCF29A1 芯片设计实现了业界最远的操作范围,在解放双手的同时,实现更好的无钥匙系统开关车门和一键启动的用户体验。该芯片具有低功耗、电池寿命延长达 40% 和高集成度等特性,可实现更低的系统成本,并且外形尺寸可减小 70%。这些特性让汽车厂商能够更加灵活地为智能汽车钥匙创造独特设计,以及将无钥匙系统解决方案嵌入到便携式和可穿戴设备中,提供更多可能。<sup>[4]</sup>

## 1 硬件设计

NCF29A1<sup>[5]</sup>是一个非常紧凑的单芯片解决方案，非常适合同时拥有车辆防盗和无钥匙开关/启动功能的汽车应用。该器件在一块芯片上集成了一个安全的应答器、PKE LF 接口、UHF 发射器和 RISC 控制器，仅需少量外部组件。

该器件的应答器操作与安全的应答器系列 PCF7937/38/39 兼容。该应答器电路不需要任何电池供电，在电量较低时也可进行全面操作。该器件采用微型 32 引脚 QFN 封装<sup>[6]</sup>，所需的电路板空间极小 (5 mm × 5 mm)。RISC 控制器采用恩智浦的低功耗 16 位 MICRO RISC KERNEL (MRK III)。该器件具有 8 个 I/O 端口，允许最多 8 个命令按钮输入。

其特点是：可编程的 ASK/FSK 调制特性；用于扩展数据存储的 EEPROM；高灵敏度 3 轴(3D) LF 前端；低功耗 LF 唤醒和数据处理；低功耗，电池续航久；单节锂电池操作，1.8 V~3.6 V；高度集成，需要的电路板空间最小，物料成本较低；极紧凑的微型 HVQFN 封装；由于采用单片解决方案，尺寸减少 70%；LF 前端拥有卓越的灵敏度，极其稳定的低静态电流；更大的防盗范围，更多用户友好的防盗备份功能，不同布局的防盗备份读卡器天线；超低功耗 IC 还可延长电池使用时间，最多延长 40%；使用 AES 算法有效地防止钥匙克隆、车辆被盗；钥匙定位(5 cm 内)带 3D LF 接口，拥有宽动态范围，使用 RSSI(接收信号强度指示器)。

图 1 所示为智能钥匙的硬件原理设计, 主芯片 NCF29A1 的外围电路只有三轴天线、钥匙按键和辅助电路, 芯片内部集成了高频发射器等元器件, 对硬件电路部分的设计进行了高度简化, 有效降低了工作电流, 进而延长了钥匙使用寿命。

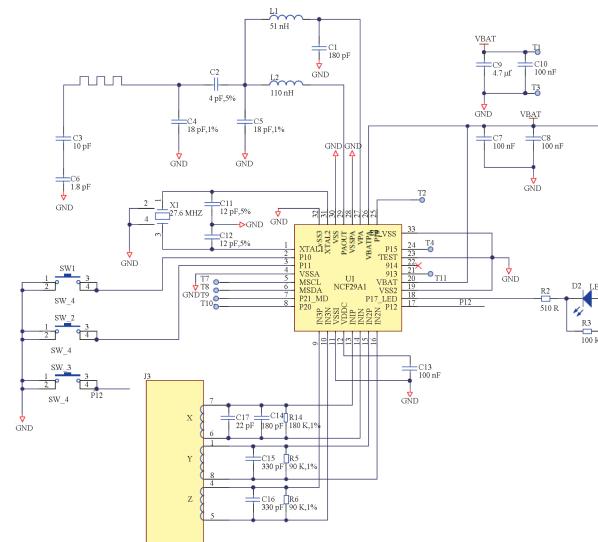


图 1 钥匙设计原理

智能钥匙硬件电路匹配。在智能钥匙硬件设计完成后,需要匹配的地方有两个部分,低频(LF)接收部分和高频(RF)发送部分,其中低频部分主要实现125 K低频信号的检测范围,例如:PE进入一般要求范围是以门把手为中心的1.2 m范围之内;而高频部分主要通过阻抗匹配实现对钥匙发射功率的调节<sup>[7]</sup>,使得智能钥匙在使用RKE功能的时候能够满足距离要求(一般为30 m无盲区)。

首先,将 PCB 天线阻抗调整至  $50 \text{ Ohm}$ 。其次在匹配 PA 网络<sup>[8]</sup>时,以  $50 \text{ Ohm}$  为起始阻抗,利用史密斯圆图进行仿真,使  $Z_{paout}$  阻抗为手册推荐值  $50+j115 \text{ Ohm}$ ,得到匹配网络的仿真值。最后经过调试确定最终选值。图 2 所示为高频匹配部分的史密斯圆图,通过仿真确定大概参数之后,使用网络分析仪对仿真参数进行实际的调试<sup>[9]</sup>,最终锁定阻抗匹配参数。

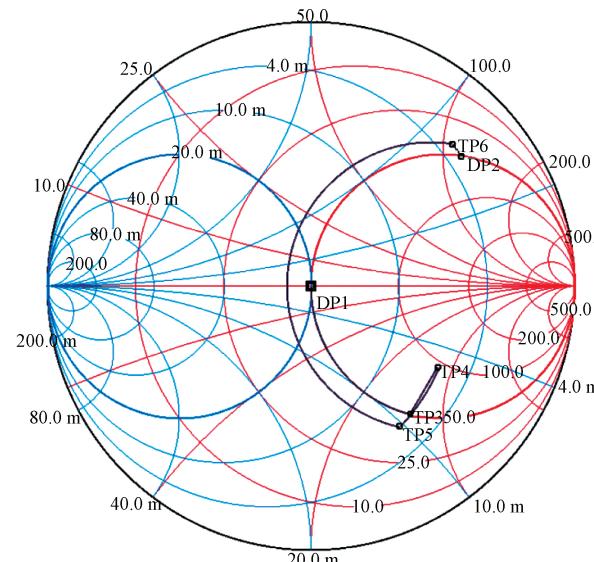


图 2 高频匹配仿真史密斯圆图

## 2 软件设计

NCF29A1 基于软件开发环境 ChessDE IP Programmer mrk3 进行软件开发, 其中部分函数系统已经固化在 System-ROM 中, 用户只需要对其进行调用, 并在用户代码区增加自己的代码即可。图 3 所示为用户代码和系统代码在单片机中的地址分布, Application Code 为用户代码, 通过与 System Function Library 的函数交互, 完成用户功能设计, 同时由于使用固化函数, 对系统的软件开发难度有所降低, 同时提高了代码的使用效率, 缩短了软件开发周期。

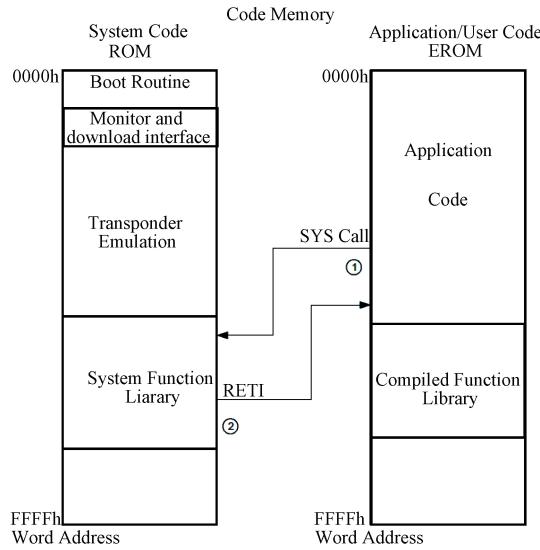


图 3 用户代码及系统代码存放区域

智能钥匙需要在平时不工作的时候处于睡眠状态, 只有在按键按下, 或者收到低频触发信号时候会被唤醒, 进而执行相关的动作。其中通过钥匙按键唤醒钥匙为常用的 RKE 功能, 主要是通过按键触发之后, NCF29A1 会通过按键采集识别是哪个按键被按下, 用户客户对遥控钥匙中的 3 个按键进行定义, 比如常规定义为: 解锁、闭锁、解锁行李箱, 系统在得知对应的按键按下之后, 会发送高频报文, PEPS 基站高频接收部分在收到智能钥匙发出的高频报文<sup>[10]</sup>之后对其进行解析, 进而做出对应的执行动作。

低频信号触发唤醒方式属于智能进入功能部分, 主要是 PEPS 通过发送低频信号在特定的区域内对智能钥匙进行检测, 如果智能钥匙收到后进行合法性检测并回复高频报文给 PEPS 基站, 最终由 PEPS 基站完成对高频报文解析并执行智能解锁或者智能闭锁功能<sup>[11]</sup>。软件工作流程如图 4 所示。

为了高低频通信部分数据能够正确解码, 对 LF 及 RF 部分的通信格式、载波频率、通信波特率<sup>[12]</sup>等做了如下定义, 低频通信协议如图 5 所示, 数据协议中包括前导码、同步码、唤醒码、DATA 和 5 ms 的载波。

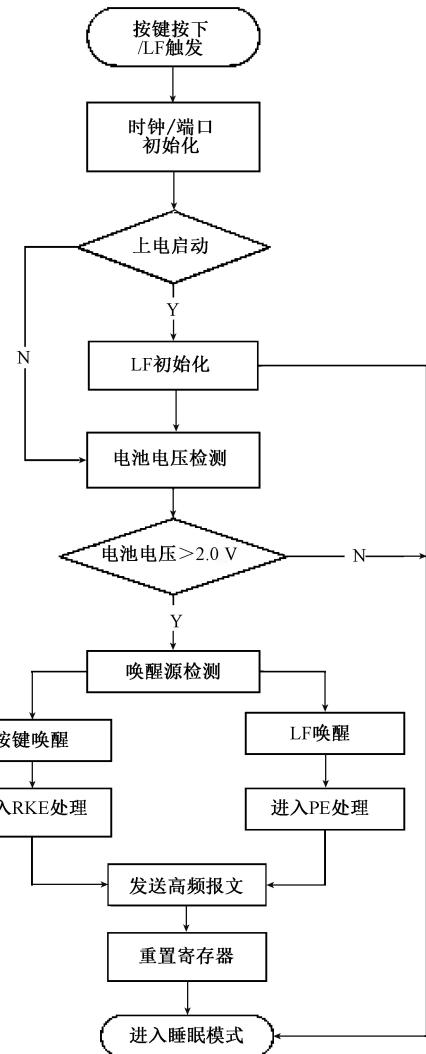


图 4 智能钥匙软件工作流程

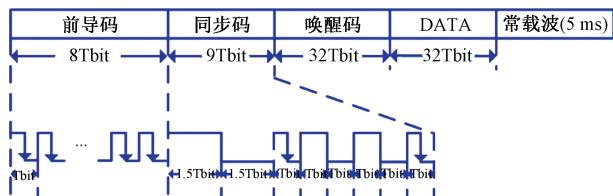


图 5 低频通信协议

LF 通信参数如下所示。

- 1) 调制方式: ASK;
  - 2) 载波频率: 125 kHz;
  - 3) 通信波特率: 3.9 Kbps, 1 Tbit = 256 μs。
- RF 通信参数如下所示。
- 1) 调制方式: FSK;
  - 2) 载波频率: 433.92 MHz;
  - 3) 通信波特率: 5 Kbps。1 TE = 100 μs。

高频通信数据排列格式如图 6 所示, 其中前导头 (Preamble) 占 200 个 bit 位, 间隔符占 1 个 bit 位, 有效数据部分包括 4 个字节遥控钥匙 ID, 键值占 1 个字节, 其余为填充数据。

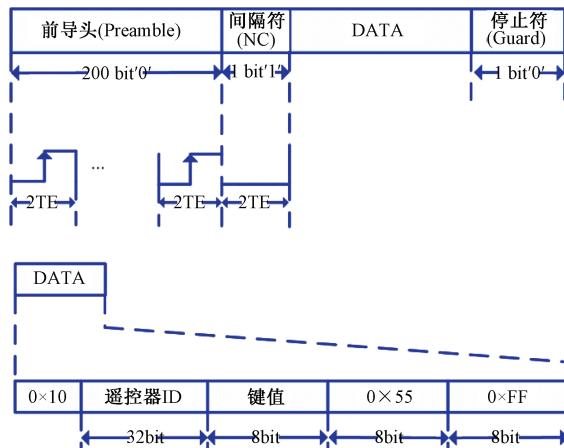


图 6 高频通信协议

### 3 软硬件调试

该智能钥匙配合 PEPS 基站主要实现功能包括: RKE、PKE、PS、迎宾功能、智能钥匙无电时备份开锁功能等。其中 RKE 功能主要要求是遥控钥匙的距离要求, 通过在开阔地对钥匙进行绕圆测试, 可以达到 35 m 内无盲区<sup>[13]</sup>, 满足一般主机厂对钥匙距离的要求。PKE 功能部分通过场强进行标定后, 满足以车门把手为中心的 1.2 m 半径范围内的智能解锁与闭锁功能。迎宾功能通过低频场强检测可以做到在用户距离车辆 7 m 范围时实现声光提示, 在距离 3 m 时实现解锁等动作。

为了能够直观看到匹配钥匙之后的发射功率, 使用频谱仪对高频信号部分进行了接收, 显示波形的发射功率, 从频谱仪数据可以看出, 钥匙发射中心频率为 433.93 MHz, 发射功率达到 -22 dBm, 钥匙发射功率已经较高, 能够满足距离要求, 最终的钥匙实际距离测试也达到了预期要求<sup>[14]</sup>。图 7 所示为通过频谱仪对钥匙工作时候高频报文的抓取, 从图中黄色波形能看出钥匙为 FSK 的调制方式, 并且发射功率、中心频率都满足了设计要求。

使用软件开发环境 ChessDE IP Programmer mrk3 进行相关功能的软件编写, 同时进行相关的断点调试之后, 对代码进行编译下载, 将最终的目标文件烧写到钥匙主芯片 NCF29A1, 并通过高频接收小板对钥匙发射的高频报文进行采集<sup>[15]</sup>, 使用示波器对高频报文数据口进行捕捉显示。图 8 所示为示波器抓取的高频报文数据。图 9 所示为智能钥匙的 PCBA, 通过实物照片也能看出整体硬件设计得到了很大的简化, 除了电池、3D 天线、NCF29A1 芯片、按键外, 几乎没有外围的器件, 所以不管是从成本上还是智能钥匙的性能方面都得到了很好的提升。

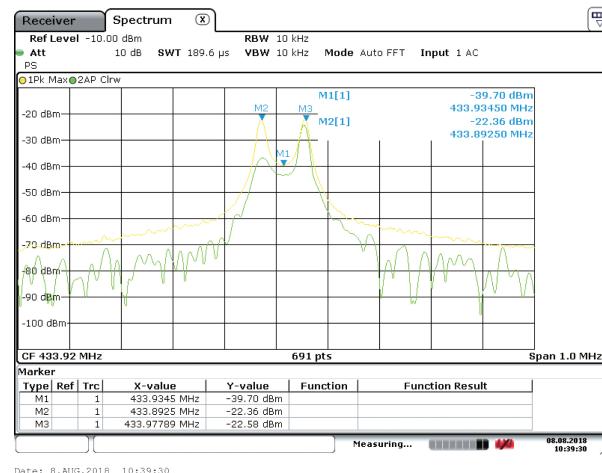


图 7 钥匙发射功率

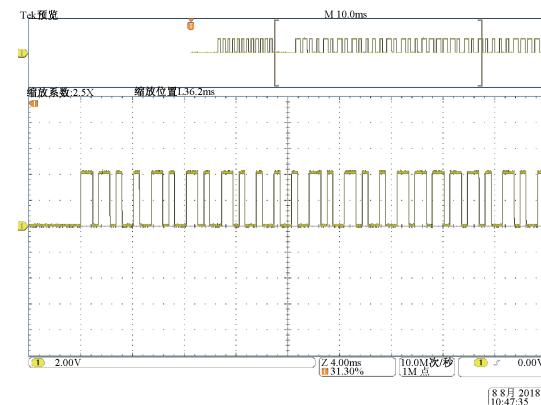


图 8 高频报文数据

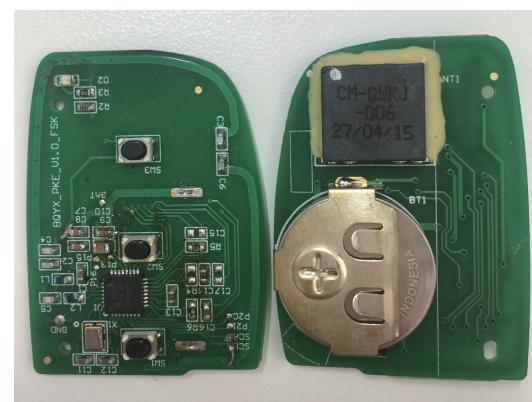


图 9 钥匙 PCBA 实物

### 4 结 论

本文设计在兼容传统智能钥匙<sup>[16]</sup>优点的基础上, 选用恩智浦最新的设计方案 NCF29A1, 高度集成的单芯片方案不仅使得成本方面有较大的降低, 大大简化了钥匙硬件电

路设计,实现了真正的单芯片设计方案,而且在芯片封装、功耗、扩展性、新颖性等方面都得到了很好的实现,功耗的降低可以减小钥匙使用时的电流消耗,进而延长钥匙使用寿命;而通过钥匙高频参数的合理匹配,实现了小功率远距离的要求。功能方面在原有 RKE、PKE、PS、备份启动功能的基础上又增加了迎宾功能,满足了智能钥匙对 PEPS 不断发展过程中新增功能的需求,同时对传统钥匙方案也有很好的兼容性。

## 参考文献

- [1] 刘正琼,韦康,吴玺,等.智能 PKE 系统设计[J].仪器仪表学报,2007,28(S4):319-322,346.
- [2] 王永超,郭瑞,包贵浩,等.低功耗有源 RFID 标签设计与实现[J].电子测量技术,2010,33(7): 30-33.
- [3] 孙皓.无钥匙进入系统的设计和关键技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [4] 秦浩,欧建平,陈文强,等.无钥匙进入启动系统介绍[J].汽车电器,2011(6):42-45.
- [5] Application note—Application Note for the NCF29Ax (TOKEN) Family, Document number AN-CAI 1401.
- [6] Application note—RF Power Amplifier Matching for the NCF29Ax (TOKEN) Family, Document number AN-NCF29A1.
- [7] 杨彪.125 KHz 射频识别收发器解调模块的研究与设计[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [8] 黄志洵,王晓金.微波传输线理论与实用技术[M].北京:科学出版社,1996.
- [9] 路德维格,等.射频电路设计:理论与应用[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [10] NXP. PCF7952ATT/PCF7952ETF: Active Tag ID and Processor[Z]. 2007.
- [11] 王玲.基于 AES 的汽车免钥门禁认证技术研究[D].长沙:中南大学,2010.PHam.
- [12] 陈可,朱常其,何燕,等.基于 MAX2769 的射频前端的设计和实现[J].国外电子测量技术,2014,33(1): 58-61.
- [13] 解光军,顾云海,夏禹根.用于 RFID 的自动天线调谐系统的设计[J].电子测量与仪器学报,2009,23(3): 49-53.
- [14] 艾慧,谭阳红,何怡刚,等.自动调谐系统阻抗匹配网络解析法[J].电子测量与仪器学报,2016,30(2): 283-290.
- [15] 翟青林,孙国强,张燕华.汽车无钥匙被动进入和一键启动测试系统[J].测控技术,2013,32(2):128-132.
- [16] 秦贵和,邵亚辉,赵睿,等.一种接收射频信号及按键输入的汽车遥控钥匙:吉林, CN204166600U[P].2015-02-18.

## 作者简介

白稳峰,硕士、软件工程师,主要研究方向为汽车电子开发等。

E-mail: baiwenfeng@catarc.ac.cn