

# 基于 nRF2401 的 GPS 限速装置研究

张凯<sup>1</sup> 郑志红<sup>1</sup>

## 摘要

利用 GPS OEM 板进行二次开发,结合射频收发芯片 nRF2401 的数据快速收发功能,设计了一套应用于高速公路行车管理的限速装置.对 GPS 测速原理进行了论述,重点介绍了装置的硬件设计,并对软件设计中的难点给出了详细说明.

## 关键词

高速公路;GPS;射频技术;nRF2401;限速

中图分类号 TP273

文献标志码 A

## 0 引言

### Introduction

GPS 卫星定位系统不仅可以确定运动载体的实时位置,还可以确定载体的瞬时速度<sup>[1]</sup>.GPS 测速利用全球卫星定位系统的全天候、高精度、方便、快捷等定位特性,可实现对运动载体的实时速度进行长时间连续检测,利用 GPS 测速开发出来的限速装置能够对驾驶人员进行及时的超速提醒,这样可以有效地减少因超速而造成的交通事故.

GPS 限速在公交车上早已有应用,相关信息常见报道,大多是利用 GPS 测速功能对车辆进行限速报警.现有的 GPS 限速器一般是对驾驶员产生简单的提醒作用或利用车上安装的执行机构强制车辆减速.以上做法的缺点是车辆限速值需要事先设定,对不同路段不同的限速要求缺乏有效的适应性,并且无法记录车辆的超速时间和次数,对车辆驾驶缺乏有效的监督作用.针对以上情况,本文将 GPS 技术和射频技术结合起来,设计了一套应用于高速公路行车管理的限速装置.该装置利用射频技术的信息交互功能,自动实现车辆限速值的设定,以此适应各路段不同的限速要求.内部单片机记录的超速时间和次数等信息可通过射频芯片发送,为高速公路的限速管理提供执法依据.

## 1 GPS 测速原理

### Principles of speed detection based on GPS

利用 GPS 进行测速的方法大致有以下 3 种:1)利用 GPS 的定位结果,通过位置中心差分来获取速度;2)利用 GPS 原始多普勒观测值直接计算速度;3)利用载波相位中心差分所获得的多普勒观测值来计算速度.这 3 种测速方式的精度比较结果是:载体匀速运动时,位置中心差分和载波相位中心差分确定的速度的精度基本相同,但稍优于原始多普勒观测值所确定的速度的精度;非匀速运动时,原始多普勒频移法测速精度最好,载波相位中心差分法次之,位置中心差分法最差<sup>[2]</sup>.考虑车辆在高速行驶的状态,但相比卫星运动来说车辆属于低速运动物体,因此本文采用位置差分方法确定车辆行驶速度.利用位置差分测定载体速度的方法计算简单,不需要其他观测量,只要选定测速取样周期  $\Delta t$  和前后 2 次的载体定位数据  $X_i(t_1)$ 、 $X_i(t_2)$ .实时测速实际上还是定位问题.位置差分的原理在于 GPS 接收机根据基准站的坐标及基准站发送过来的改正数,解算出自身位置的高精度

收稿日期 2009-11-09

## 作者简介

张凯,男,教授,硕士生导师,主要研究方向为机械设计与自动化,智能交通、智能检测. zkark@nuist.edu.cn

郑志红(通信作者),男,硕士生,主要研究智能检测、智能交通. hongzhi510@163.com

<sup>1</sup> 南京信息工程大学 信息与控制学院,南京, 210044

坐标值<sup>[3]</sup>. 设基准站的精密坐标为  $(X_0, Y_0, Z_0)$ , 基准站上的 GPS 接收机测出的坐标为  $(X_j, Y_j, Z_j)$ , 观测值中包含着轨道误差、时钟误差、SA 影响、大气影响、多路径效应及其他误差, 基准站计算出的坐标改正数为

$$\begin{cases} \Delta X_j = X_0 - X_j, \\ \Delta Y_j = Y_0 - Y_j, \\ \Delta Z_j = Z_0 - Z_j. \end{cases} \quad (1)$$

基准站用数据链将这些改正数发送出去, 用户 GPS 接收机在解算自身位置坐标时加上式(1)的改正数, 可得

$$\begin{cases} X = X' - \Delta X_j, \\ Y = Y' - \Delta Y_j, \\ Z = Z' - \Delta Z_j. \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中:  $X', Y', Z'$  为用户 GPS 接收机自身观测到的位置坐标;  $X, Y, Z$  是经过改正后用户 GPS 接收机的位置坐标.

考虑到用户 GPS 接收机位置改正值的瞬时变化, 式(2)可以进一步写成

$$\begin{cases} X = X' + \Delta X_j + \frac{d(\Delta X)}{dt} \cdot (t - t_0), \\ Y = Y' + \Delta Y_j + \frac{d(\Delta Y)}{dt} \cdot (t - t_0), \\ Z = Z' + \Delta Z_j + \frac{d(\Delta Z)}{dt} \cdot (t - t_0). \end{cases} \quad (3)$$

经过改正后的用户 GPS 接收机的实时位置坐标就消去了基准站与用户接收机共同的误差, 提高了定位精度.

假设在历元  $t_1$  测定的载体实时位置为  $X(t_1)$ , 并保存起来, 在历元  $t_2$  测定的载体实时位置为  $X(t_2)$ , 则载体的运动速度可以简单地表示为<sup>[4]</sup>

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_i \\ \dot{Y}_i \\ \dot{Z}_i \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta t} \left\{ \begin{bmatrix} X_i(t_2) \\ Y_i(t_2) \\ Z_i(t_2) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_i(t_1) \\ Y_i(t_1) \\ Z_i(t_1) \end{bmatrix} \right\}. \quad (4)$$

式(4)中:  $\Delta t = t_2 - t_1$ ;  $(\dot{X}_i, \dot{Y}_i, \dot{Z}_i)^T$  为载体的三维瞬时速度.

载体的瞬时速度的大小为

$$V_i = \sqrt{\dot{X}_i^2 + \dot{Y}_i^2 + \dot{Z}_i^2}.$$

## 2 硬件设计

### Hardware design

装置硬件结构中主要包括 GPS OEM 板、89C51

单片机、射频收发芯片、语音芯片、LCD 显示. GPS OEM 板主要作用在于接收卫星信号, 实现对移动物体的定位测速功能, 它在该装置中的作用是测算出车辆的运动速度, 实现对车辆的速度测量. 89C51 作为中央处理器, 它的串口用来连接 GPS OEM 板的第 2 串行口, 接收来自 GPS 接收机的三维速度信息, 89C51 的 2 个外部中断输入端分别接开关 K1 和 K2. 开关 K1 的功能在于使用外部中断退出单片机的掉电模式; 开关 K2 的功能在于实现单片机内部的数据发送控制. 89C51 单片机作为中央处理器不仅需要处理 GPS 速度信息, 同时还要对射频收发芯片的数据收发进行控制, 在软件设计中需要比较限速值与 GPS 测速值的大小, 对车辆超速状态要控制语音芯片播放语音片段, 对驾驶员及时提醒减速慢行; 射频收发芯片主要作为该系统的输入输出设备, 它用来实现车辆限速值的给定及装置内部数据输出, 主要作用在于它与外部可以进行数据交互; 语音芯片是通过播放内部存储的语音片段可以提醒司机在驾驶过程中减速慢行; LCD 主要用于显示当前车辆速度和限速值. 装置硬件结构如图 1 所示<sup>[5]</sup>.

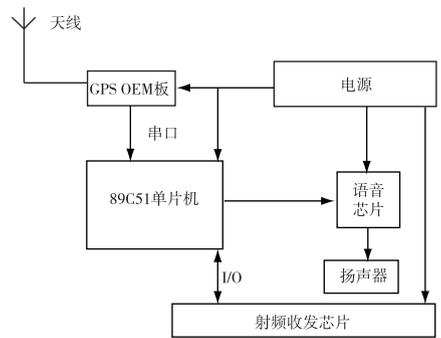


图 1 系统结构

Fig. 1 Diagram of system structure

硬件设计中, LCD 显示采用常用的 12864 液晶显示. 下面对其他主要器件的硬件连接做简要介绍.

### 2.1 GPS 接收机

GPS 接收机用来接收卫星传送的位置信号, 然后测算出移动载体的运动速度, 实现对运动物体的速度测量, 用在车上是实现高速公路行驶的车辆进行速度检测. GPS OEM 板是 GPS 接收机的核心部件, 它是将 GPS 接收机的主要部件做成大规模集成电路片, 并集成在一块电路板上. 这个电路板具有接收 GPS 信号、处理信号、输出观测信号和定位结果等功能. 用户利用 OEM 板进行二次硬件开发可研制

成各种应用的 GPS 接收机. 本系统的 GPS 接收机采用 GARMIN 公司的 GPS25LP OEM 板. GPS25LP OEM 板作为 GPS 接收机的主要组成部分接收来自天线单元的信号, 通过变频、放大、滤波等一系列处理过程, 实现对 GPS 卫星信号的跟踪、锁定、测量, 从而产生计算位置的数据信息, 并由 RS232 标准串口输出串行数据. 该 OEM 板为 12 通道的 GPS 接收机, 可以同时跟踪多达 12 颗的 GPS 卫星, 能够实现快速定位<sup>[6]</sup>. GARMIN 的 OEM 板功耗小, 数据更新率为  $1\text{ s}^{-1}$ , 位置定位精度小于 15 m, 速度检测精度 0.1 m/s, 运用该 OEM 板的 GPS 接收机能有效满足车辆测速要求.

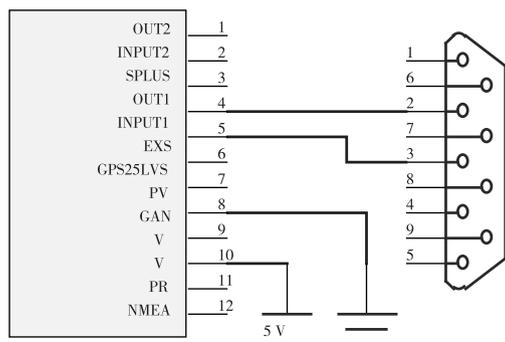


图2 GPS OEM板与单片机的串口连线

Fig. 2 The GPS OEM board connect with the microcontroller serial port

GPS OEM 板有 2 组串行口, 分别为 Pin1, Pin2 和 Pin4, Pin5. 它们都可以作为数据输出端, 在调试 GPS 时, 通过 GPS OEM 板第 2 串行异步通信口引脚 Pin4 和 Pin5 和单片机串行口进行数据交换, GPS OEM 板的 Pin9 和 Pin10 引脚为电源输入端, 可输入 3.6 ~ 6 V 的电压以及 200 mA 的最大电流.

## 2.2 射频收发芯片

射频收发芯片主要作为该装置的输入输出设备. 本文采用射频收发芯片 nRF2401, nRF2401 是单片射频收发芯片, 工作于 2.4 ~ 2.5 GHz ISM 频段, 芯片内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块, 输出功率和通信频道可通过程序进行配置. 芯片能耗非常低, 以 -5 dBm 的功率发射时, 工作电流只有 10.5 mA, 接收时工作电流只有 18 mA, 多种低功率工作模式, 节能设计更方便. 其 Duo-Ceiver™ 技术使 nRF2401 可以使用同一天线, 同时接收 2 个不同频道的数据, 因此该芯片所需的天线也可以与 GPS 接收机使用同一天线. nRF2401 内置地址解码器、先入先出堆栈区、解调处理器、时钟处

理器、GFSK 滤波器、低噪声放大器、频率合成器、功率放大器等功能模块, 只需很少的外围元件, 因此使用起来非常方便. 该芯片具有以下特性:

- 1) 2.4 GHz 全球开放 ISM 频段, 免许可证使用;
- 2) 最高工作速率 1 Mbps, 高效 GMSK 调制, 抗干扰能力强, 特别适合工业控制领域;
- 3) 125 个频道, 满足多点通信和跳频通信需要;
- 4) 内置硬件 CRC 检错和点对多点通信地址控制;
- 5) 低功耗 1.9 ~ 3.6 V 工作, Power down 模式下状态仅为 1  $\mu\text{A}$ ;
- 6) 模块可软件设地址, 只有收到本机地址时才会输出数据(提供中断指示), 可直接接各种单片机使用, 软件编程非常方便;

7) 标准 DIP 间距接口, 便于嵌入式应用. 射频收发芯片与 89C51 连接如图 3 所示.

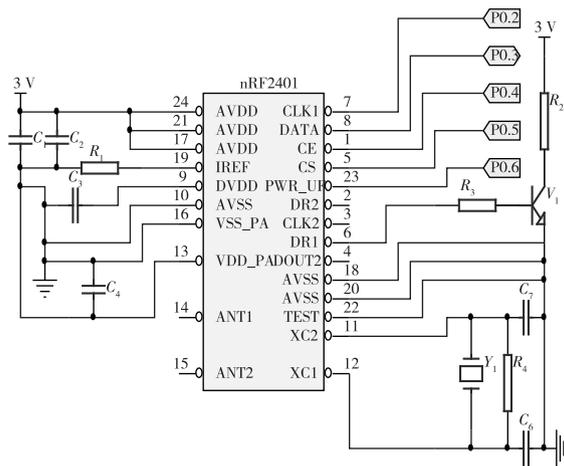


图3 射频芯片 nRF2401 与 89C51 连接使用

Fig. 3 The connection between RF chip nRF2401 with 89C51

射频收发芯片与单片机之间的数据交换是通过 nRF2401 芯片的 DATA 引脚接 89C51 单片机的 P0.3 引脚实现的. ANT1 和 ANT2 接射频芯片的天线.

## 2.3 语音模块

语音模块主要采用 ISD2560 语音芯片. 该芯片采用 3 V 低电压. 本系统中的语音芯片工作在放音状态下, 因此录音引脚可以闲置. 芯片的地址引脚全部接地, 表明选择第 1 段录音. 其片内的信息可通过专用的 ISD1425 高级语音编程拷贝机拷贝, 因此放音质量非常好, 也可以通过它来读取每段语音的存储地址.

### 3 软件设计

#### Software design

单片机软件采用 Keil C51 语言编程,它的作用主要在于控制射频芯片 nRF2401 数据收发、播放语音以及处理串口中断程序. 软件设计的难点在于处理 GPS 数据中的速度信息、射频芯片数据的收发控制以及语音播放控制,下面主要对这 3 方面的操作处理做简要分析.

#### 3.1 GPS 输出数据的处理

在 GPS OEM 板的数据输出格式中,数据传送语句主要有 3 个,分别是 \$GPGGA; \$GPRMC 和 \$PGRMV. 前 2 个可以得到接收机的经纬度等信息, \$PGRMV 语句显示接收机三维速度信息,格式为<sup>[7]</sup>

\$PGRMV,〈1〉,〈2〉,〈3〉 \* hh〈CR〉〈LF〉.

其中:

〈1〉为真实东向速度 $\dot{X}_i$ , -514.4 ~ 514.4 m/s;

〈2〉为真实北向速度 $\dot{Y}_i$ , -514.4 ~ 514.4 m/s;

〈3〉为向上速度 $\dot{Z}_i$ , -999.9 ~ 999.9 m/s.

还有 2 条非常重要的设置语句为 \$PGRMO, \$PGRMC. \$PGRMO 语句用于屏蔽或激活输出语句. 它的格式为

\$PGRMO,〈1〉,〈2〉 \* hh〈CR〉〈LF〉.

其中:

〈1〉为目标语句名(例如 PGRMT, PGRMV 等);

〈2〉为目标语句状态参数.

0 = 屏蔽这条语句; 1 = 激活这条语句; 2 = 屏蔽所有输出语句; 3 = 激活所有输出语句(GPALM 除外).

在调试 GPS 时,通过串口和 GPS OEM 板进行数据交换,由于 GPS 输出的也是 RS-232 信号,因此可以直接和计算机进行通信. 通过配置软件 gpscfg. exe 对 GPS 进行设置和调试,选择 Config 菜单中的 Sensor Configuration 进入参数设置,接收机的基本参数包括:坐标基准、初始位置、高度、速率等,按照用户的需要进行设置后,选择 OK 退出. 根据实际需要,只需要得到接收机的三维速度信息,因此 GPSOEM 板设置中只需保留输出 \$PGRMV 语句,通过串口对 GPS 设置如下:

\$PGRMO,2 //先屏蔽所有语句;

\$PGRMO,PGRMV,1 //激活 \$PGRMV 语句.

这样,GPS OEM 板在和单片机连接的时候将连续输出 \$PGRMV 数据.

接收机的三维速度信息可以通过 \$PGRMV 语

句得到,该接收机组成的限速装置采用车载方式,因此接收机的三维速度就是车辆的三维速度. 由车辆行驶特点可知,它的向上速度几乎可以忽略,即  $\dot{Z}_i = 0$ ,因此只需要得到车辆的真实东向速度 $\dot{X}_i$ 和真实北向速度 $\dot{Y}_i$ 就可得到车辆的运动速度.

利用中断服务程序处理 GPS 中的速度数据如下:

```
serial () interrupt 4 using 1
{
    .....
    .....
    if( record == 1) //开始处理 PGRMV 中的数据
    信息
    {
        //利用 PGRMV 数据中的逗号间隔,区分接受
        到的字符处于何种数据中
        if(SBUF == 0x2c)
        {
            numbercoma ++ ;
        }
        //第 1 个逗号之后的字符属于东向速度数据
        if(numbercoma == 1)
        {
            stringegps[ egps ] = SBUF ;
            egps ++ ;
        }
        //第 2 个逗号之后的字符属于北向速度数据
        if(numbercoma == 2)
        {
            stringngps[ ngps ] = SBUF ;
            ngps ++ ;
        }
        //判断是否收到 PGRMV 格式语句的字符
        “*” ,如果收到,则结束记录,开始处理
        if(SBUF == '*')
        {
            stringegps[ egps ] = '\0' ;
            stringngps[ ngps ] = '\0' ;
            //给出结束数据字符串的结束符
            .....
            .....
            uint numegps = atoi( stringegps );
            uint numngps = atoi( stringngps ); //将字符
```

串转化为数据格式

以上程序中, `atoi()` 函数的作用是将字符串转化为整型数, 变量 `numegps` 和 `numngps` 分别存储真实东向速度  $\dot{X}_i$  和真实北向速度  $\dot{Y}_i$ . 然后在主程序中利用公式  $V_i = \sqrt{\dot{X}_i^2 + \dot{Y}_i^2 + \dot{Z}_i^2}$  计算车辆的运动速度.

### 3.2 nRF2401 进行数据收发过程

下面是射频芯片 nRF2401 数据处理过程.

// 接收模式

```
void nrf2401_RxOn()
```

```
{
    nrf2401_RwOn();
    nrf2401_WR(CH_NO_FREQ|RX_EN);
    nrf2401_Run();
}
```

// 发送模式

```
void nrf2401_TxOn()
```

```
{
    nrf2401_RwOn();
    nrf2401_WR(CH_NO_FREQ);
    nrf2401_Run();
}
```

// 初始化 nrf2401

```
void nrf2401_Init()
```

```
{
    uchar i;
    CLR(PORTC, CLK1);
    nrf2401_StandBy();
    DelayMs(10);
    for(i = 1; i < 5; i++)
        delay(1000);
    nrf2401_Config();
    nrf2401_RxOn(); // 接收状态
}
```

// 读出接收到的数据

```
void nrf2401_ReadData()
```

```
{
    uchar i;
    for(i = 0; i < SIZE; i++)
    {
        RxBuf[i] = nrf2401_RD();
    }
}
```

CH\_NO\_FREQ 为射频芯片的工作频段. RX\_EN 为接收发送切换, 当它为 1 时是接收, 为 0 时是数据发送. 在接收发送的切换过程中, 发送后要延时等发送结束后才能转回接收模式, 否则数据发送不完. 接收到的数据存储在 `RxBuf[]` 数组中.

### 3.3 语音播放控制

在实际操作中, 将地址线 A0—A9 全部接地, 因为语音播放只播放第 1 段语音, PD 为节电控制, 和单片机的 P1.0 相连, 单片机可以控制芯片的开关. P/R 为芯片的录放模式, 和单片机的 P1.1 相连, 单片机可以控制芯片处于录音或者是播放状态. 由于硬件连接中没有接麦克风, 因此语音芯片只工作在播放状态. EOM 为语音信息结尾标志.

放音时, 根据需要播放的语音内容, 找到相应的语音段起始地址, 并通过地址线送出. 再将 P/R 端设为高电平, PD 设为低电平, 并让  $\overline{CE}$  端产生一负脉冲启动放音, 这时单片机只需等待 ISD2560 的信息结束信号. 信号为一负脉冲, 在负脉冲的上升沿, 该段语音才播放结束<sup>[7]</sup>. 单片机对语音芯片的控制播放程序如下:

```
void play(void)
```

```
{
    PD = 1; // 打开芯片电源开关
    CE = 0; // 选中该芯片
    PR = 1; // 开始播放
    while(!EOM); // 等待播放内容结束信号
    delays();
    PD = 0;
    CE = 0;
    PR = 0;
}
```

## 4 结论

Conclusions

利用 GPS OEM 板进行二次开发, 结合射频技术的数据快速交互功能, 设计了一套应用于高速公路行车管理的限速装置. 该装置利用 GPS 全天候、高精度、方便、快捷等特性实现对车辆速度检测. 根据位置差分原理设计的 GPS 接收机, 它对车辆的速度检测精度可达到 0.1 m/s, 能有效满足车辆测速要求; 利用射频技术实现装置与管理信息交互, 能接收外界装置发送的道路限速值, 并可以将内部的超速时间等数据发送出去, 很好地实现了系统和外

界的数据交换. 该装置具有以下优点:1)体积小、便携、功耗小,自带锂电池作为系统电源,无须车载电源;2)利用射频技术方便快速地实现系统与人之间的信息交互;3)作为一种自独立的车载限速设备,能给驾驶员提供更加及时的超速提醒,实现了对车辆执行更加有效的限速管理.

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 杨龙,刘焱雄,周兴华,等. GPS 测速精度分析与应用[J]. 海洋测绘,2007,27(2):26-29  
YANG Long, LIU Yanxiong, ZHOU Xinghua, et al. Analysis of precision of GPS speed measurement and its application[J]. Oceanic Mapping, 2007, 27(2):26-29
- [ 2 ] 何海波,杨元喜,孙中苗. 几种 GPS 测速方法的比较分析[J]. 测绘学报,2002,31(3):217-221  
HE Haibo, YANG Yuanxi, SUN Zhongmiao. Comparative analysis of several methods of GPS speed detection[J]. Journal of Surveying and Mapping, 2002, 31(3):217-221
- [ 3 ] 熊志昂,李红瑞,赖顺香. GPS 技术与工程应用[M]. 北京:国防工业出版社,2005:140-163  
XIONG Zhiang, LI Hongrui, LAI Shunxiang. GPS technology and engineering applications[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005:140-163

- [ 4 ] 中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会. GPS 技术与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004:120-123  
The Editorial Committee of Military Training Materials of General Armament Department in People's Liberation Army. GPS technology and application[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004:120-123
- [ 5 ] 刘科,李春澍,陈少华,等. 基于 GPS 的公交车自动报站和超速报警系统[J]. 科技信息,2006(2):169  
LIU Ke, LI Chunshu, CHEN Shaohua, et al. The GPS-based automatic bus system of stop-reporting and speed alarm[J]. Science Information, 2006(2):169
- [ 6 ] GARMIN Corporation. GPS 25LP series technical specification[Z]. 190-00125-00Rev. G
- [ 7 ] 求是科技. 单片机典型模块设计实例导航[M]. 北京:人民邮电出版社,2004:194-202  
Qiu Shi Science and Technology. The navigation of typical module design by MCU[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2004:194-202
- [ 8 ] 何秀凤,刘建业,袁信. GPS 接收机的数据采集与处理[J]. 数据采集与处理,1996,11(2):154-156  
HE Xiufeng, LIU Jianye, YUAN Xin. The data acquisition and processing of GPS receiver[J]. Data Acquisition and Processing, 1996, 11(2):154-156
- [ 9 ] 龚福祥,王庆,万德钧. GPS 原始数据的双串口实时采集方法[J]. 电子测量与仪器学报,2001,15(3):51-54  
GONG Fuxiang, WANG Qing, WANG Dejun. The real-time collection method of GPS raw data in double port[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2001, 15(3):51-54

# Study on GPS speed limiting device based on nRF2401

ZHANG Kai<sup>1</sup> ZHENG Zhihong<sup>1</sup>

1 School of Information and Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** Speeding on the highway easily leads to bad traffic accidents, and the effective speed limit is essential to ensure that the vehicles are safely driving. In this paper, a simple GPS OEM board secondary development is made, and, integrating the quick data sending and receiving functions of RF transceiver chip nRF2401, a set of highway speed limit system used in highway traffic management is designed. This paper focuses on discussing the principles of speed detection based on GPS; introducing the device's hardware design, on which emphasis is put, and describing the difficulties of software design in detail.

**Key words** highway; GPS; RF; nRF2401; speed limiting