

# 基于 LabVIEW 的汽车防撞报警系统的设计

张大彪, 于化龙

ZHANG Da-biao, YU Hua-long

河北师范大学 电子工程系, 石家庄 050031

Department of Electronic, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050031, China

E-mail: xy96888@sina.com

**ZHANG Da-biao, YU Hua-long. Design of automobile collision avoidance warning system based on LabVIEW. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(21): 54-56.**

**Abstract:** Aiming at the traffic safety, a warning system for automobile collision avoidance based on virtual instrument is designed. The design method of the system and test data are given simultaneously. The procedure is designed by LabVIEW 7.0. The system adopts FMCW radar sensor and high-quality data acquisition board. This system can monitor the distance and velocity forward vehicle. It can give the alarm when the collide danger is predicted, and it can assist the driver to brake control, thus some collide accidents will be avoided. The effectiveness of the designed system is verified by some real tests.

**Key words:** automobile collision avoidance; virtual instrument; FMCW radar; data acquisition; warning

**摘 要:** 针对交通安全问题, 设计了一种基于虚拟仪器的汽车防撞报警系统。给出了系统硬件、软件的设计方法和主要实验数据。该系统采用 LabVIEW 7.0 编程, 配合 FMCW 雷达传感器和高性能数据采集卡, 可实现对前方车辆距离、速度的动态监测, 当预见到有碰撞危险时, 自动发出警示信息, 帮助驾驶员及时刹车, 避免碰撞事故发生。实测结果证明了系统的有效性。

**关键词:** 汽车防撞; 虚拟仪器; FMCW 雷达; 数据采集; 报警

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.21.015 **文章编号:** 1002-8331(2008)21-0054-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP216

## 1 引言

近年来, 随着我国高速公路的快速发展, 交通事故特别是碰撞性事故呈上升态势。据有关资料显示, 在公路交通事故中, 有 86% 为双车或多车碰撞事故。驾驶员在高速公路长途行驶容易疲劳, 注意力不集中, 导致汽车偏离正常路线, 夜间或雾天能见度差, 发现前方车辆不及时而导致追尾相撞。研究表明, 驾驶员只要在有碰撞危险前 1 秒得到报警信号, 就可以避免 90% 的交通事故<sup>[1]</sup>。为此, 作者开发了一种基于虚拟仪器的汽车防撞报警系统, 该系统能实时测量对面车辆的距离和速度, 在预测到有碰撞危险时向驾驶员报警, 避免碰撞事故的发生。

虚拟仪器是一种基于计算机的自动化测试系统。虚拟仪器通过软件将计算机硬件资源与仪器硬件有机地融合为一体, 大大缩小了仪器硬件的成本和体积。LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering) 是美国国家仪器公司 (National Instruments-NI) 推出的虚拟仪器软件开发平台<sup>[2]</sup>, 是一种图形化编程语言, 它具有丰富的函数库, 可以完成数据采集、分析、显示、存储等功能。汽车防撞系统工作环境复杂, 各种干扰和噪声会增加信号检测处理的难度。由于虚拟仪器编程灵活, 通过加载不同的信号处理算法, 进行实车测量实验, 可优选出更高效的应用程序。

## 2 汽车防撞报警系统的组成及工作原理

汽车防撞报警系统的组成如图 1 所示。系统由收发前端、调制信号产生、信号调理、数据采集、信号处理及报警显示等部分组成。调制信号产生电路形成一低频三角波, 此三角波送入压控振荡器 (VCO) 控制其中心频率  $f_0$ , 经调制的毫米波信号通过定向耦合器、环形器、天线以一定波束向空间辐射电磁波, 遇到目标后的反射信号经天线、环形器加到混频器, 与定向耦合器来的发射信号混频, 差频经信号调理电路放大和滤波后送数据采集卡, 然后送计算机进行分析处理。

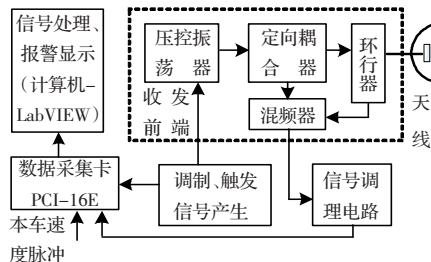


图 1 汽车防撞报警系统组成

## 3 汽车防撞报警系统的设计

### 3.1 毫米波收发前端与信号调理电路

收发前端是防撞系统的重要部件。目前有超声波雷达、毫

基金项目: 河北省自然科学基金 (the Natural Science Foundation of Hebei Province of China under Grant No.F2005000185)。

作者简介: 张大彪 (1950-), 教授, 主要研究方向: 虚拟仪器与毫米波测量; 于化龙 (1967-), 副教授, 主要研究方向: 虚拟仪器与信号检测。

收稿日期: 2007-10-16 修回日期: 2008-01-02

米波雷达和激光雷达三种组成方式。工作在毫米波段的线性调频连续波(FMCW)雷达与其他两种测量方式相比具有显著的优点<sup>[2]</sup>。其工作频率高、波长短,可有效地缩小波束角度、减小天线尺寸,电路简单、成本低,尤其适合在恶劣气候条件下工作。系统选择 35 GHz 零拍型收发前端组件,其压控振荡器(VCO)带宽为 300 MHz,发射功率 20 mW,探测距离大于 100 m。

信号调理电路由低噪声前置放大器、对中频放大器 and 具有频域动态压缩功能的滤波网络组成。经过调试后,输入信号在 100 mV~0.02 mV 范围内变化时,其输出信号幅度被控制在 2.1 V~2.5 V 范围内。输入信号动态范围大于 80 dB。

### 3.2 信号采集与处理电路

方案选用 NI 公司 PCI-16E 型数据采集卡,该采集卡最高采样速率为 1.25 MHz,输入分辨率 12 bit。中频信号接到采集卡 0 号通道(ACH0,68 脚),本车速度传感器脉冲信号接到采集卡计数器端口(CTR1-GAT,41 脚),采集同步信号接到采集卡(PF10,11 脚)。中频信号和同步信号波形如图 2 所示。

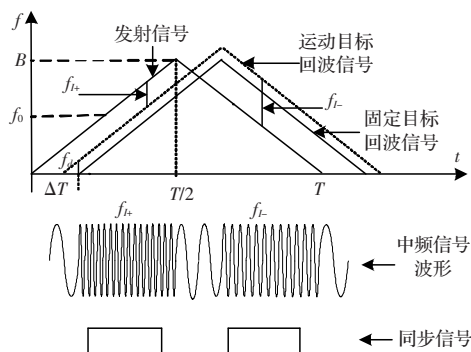


图2 汽车防撞报警系统信号波形图

对于固定目标,发射信号与回波信号时间差为  $\Delta T$ ,  $\Delta T = 2R/C$ 。其中  $R$  为目标与雷达之间距离,  $C$  为电磁波传播速度。混频器输出的中频信号为  $f_{if}$ ,  $f_{if} = (4BR)/(TC)$ 。  $T$  为调制三角波周期,  $B$  为发射信号带宽。对于运动目标,反射信号中包含多普勒频率  $f_d$ ,  $f_d = 2V/\lambda$ 。  $\lambda$  为发射信号波长,  $V$  为目标相对运动速度。根据上述关系,可得到距离  $R$ 、相对速度  $V$  的表达式<sup>[7]</sup>:

$$R = \frac{(f_H + f_L)TC}{8B} \quad (1)$$

$$V = \frac{C}{4f_0} (f_L - f_H) \quad (2)$$

$f_H$ ,  $f_L$  分别为调制信号上升段和下降段对应的中频频率,  $f_0$  为发射信号中心频率。

信号采集与处理框图如图 3 所示,程序运行后,首先进行

通道及采样参数配置,然后分别采集三角波上升段及下降段对应的中频信号并送频率测量模块计算出  $f_H$ ,  $f_L$ , 中间插入本车速度测量模块。根据  $f_H$ ,  $f_L$  和本车速度  $V_1$ ,可计算出  $R$ 、 $V$  和  $V_2$ ,再根据安全距离模型确定是否报警。初始参数配置完成后,下面几个处理步骤用 LabVIEW 中的顺序结构分为 4 帧,完成一次处理所需时间约为 30 ms,当相对车速为 100 km/h 时,刷新一次速度数据产生的距离改变量为 0.83 m,基本满足实时测量要求。用 LabVIEW 编制的图形化程序如图 4 所示。

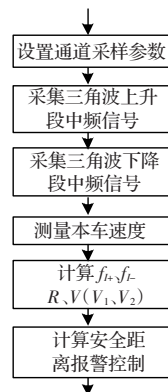


图3 信号采集与处理程序框图

第 1 帧、第 2 帧分别采集三角波上升段及下降段对应的中频信号。顺序结构外面几个控件为采集卡配置初始参数。AI Config VI (硬件配置)通过前面板指定采集卡设备号为 1、通道号为 0、缓存区大小为 1 000。AI Start VI (启动)可按照设定的采样频率和采样点数启动一次采集。根据中频信号频率范围(6 KHz~200 KHz),取采样频率  $F_s = 1$  MHz,采样点数  $\#s = 1$  000。此时,在频率低端(近距离),仍可采集 5 个信号周期。AI Start VI 还可以配置触发类型和触发斜率,本设计将触发类型设为 digital A,即使用数字型触发,触发斜率设为 rising(上升沿触发)。AI Read VI (读数据)的作用是从计算机缓存中读取采集到的 1 000 个数据点,1、2 帧两组读出数据分别由数据线送到第 4 帧进行频率测量。AI Clear VI (清除配置)的作用是停止采集,释放缓存和板上资源。

第 3 帧完成本车速度测量。本车速度  $V_1$  采用直接对车速里程表传感脉冲计数的方法得到,车速里程表传感器由安装在变速箱输出轴上的 8 只(根据车型不同,也有 6 只、4 只结构)磁钢和固定在变速箱壳体上的霍尔探头组成。当输出轴旋转时,每转可产生 8 个脉冲。将霍尔感应脉冲整形后输入到 PCI-16E 数据采集卡计数器端口,对板上 20 MHz 时基脉冲计数,测量两个脉冲之间的时间间隔  $T_V$ ,根据速度里程表技术参数  $\eta$

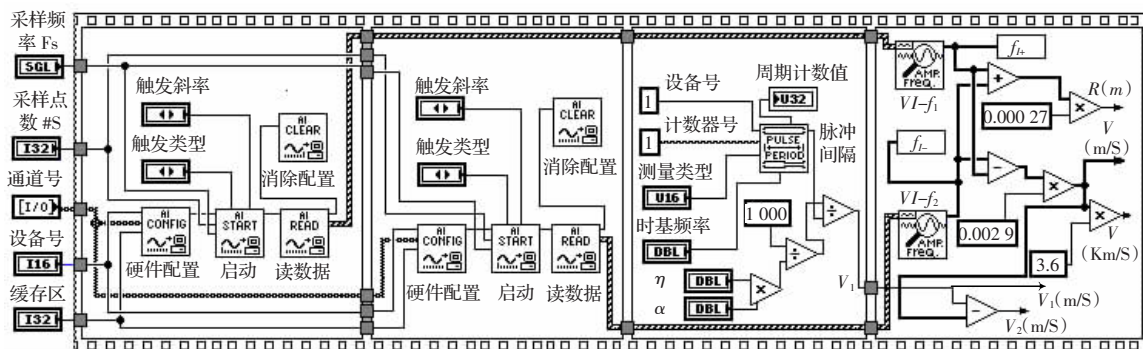


图4 信号采集与处理图形化程序

(速比:1公里对应的输出轴转数)、 $\alpha$ (每转产生脉冲个数)可计算出  $N=\eta\alpha$  ( $N$  为 1 公里对应的脉冲个数)和 1 个传感脉冲周期对应的距离 ( $1000/N$ ),用此值除以测量到的实际脉冲周期 ( $1000/N$ )/ $T_V$ ,可得到本车速度  $V_1$ 。

第 4 帧完成频率测量。在 LabVIEW 中有多种频率测量方法,时域法简单直接,但对信号信噪比要求较高。频域法先对采集信号做快速付里叶变换(FFT),然后算出最大值谱线所对应的频率值。频域法抗干扰能力较强,通过校正可以做到较高的精度<sup>[6]</sup>,本设计选用 LabVIEW 中 Extract Single Tone Information VI 完成频率测量(图中  $VI-f_1$ 、 $VI-f_2$ )。由两个频率测量 VI 输出  $f_1$ 、 $f_2$  后代入公式(1)、(2)可得到  $R$ 、 $V$ ,由  $V_1-V$  得到  $V_2$ 。将  $R$ 、 $V$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  输入到安全距离判断模块,根据安全距离数据表决定是否报警。

### 3.3 前面板设计

前面板使用一个 XY Graph 图形控件显示车辆的运行情况,图形控件在垂直方向上显示目标距离,在水平方向上显示相对速度。用 4 个数字指示控件分别显示本车速度  $V_1$ 、前车速度  $V_2$ 、相对速度  $V$ 、距离  $R$ ,用 2 个数字输入控件设置速比系数  $\eta$  和传感头个数  $\alpha$  ( $\eta$  和  $\alpha$  根据不同车型所配置的数字式速度里程表确定),一个红色信号灯显示临界安全距离。检测到前方车辆时,显示器上将出现绿色长方形图标,图标几何中心在水平方向上的位置代表了本车与前车的相对速度,垂直方向代表两车相对距离。随着距离的缩短,图标沿垂直方向向下移动,当两车距离达到安全距离边界时,红色报警指示灯亮,图标变为红色,同时响起警铃声,提醒驾驶员刹车减速。控制面板如图 5 所示。

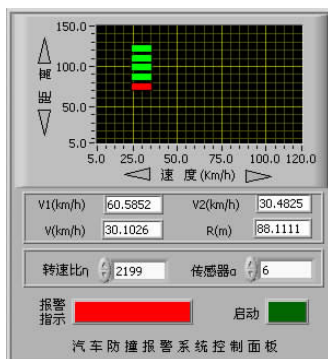


图 5 汽车防撞报警系统控制面板

### 3.4 报警距离的设计

#### 3.4.1 安全距离模型

安全距离 ( $R^*$ ) 是指在同一车道上,同向行驶的前后两车之间,能够保持既不发生追尾碰撞,又不降低通行能力的最小行车距离。准确建立安全距离模型比较复杂,它涉及前后车的实际速度、车辆载荷、最小制动距离、路面状况和驾驶员的反应时间等多种因素。本方案是一个低成本的、简捷的辅助防撞报警系统。为此,参照已有的算法模型<sup>[3-5]</sup>,结合车辆的运动规律和驾驶员的实际经验,按照保险和操作简便的原则,综合出一个安全距离数据表。

表 1 安全距离数据表

$V_1$ (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$V_2=0$ km/h~20 km/h	70	70	70	70	70	110	110	110	110	110
20 km/h< $V_2$ ≤60 km/h	20	25	31	40	50	61	75	90	110	125
$V_2$ ≥60 km/h	20	20	22	25	30	36	48	59	70	83

表中将前车速度  $V_2$  分为三种情况:(1) $V_2=0$  km/h~20 km/h:当  $V_1<60$  km/h 时,安全距离定为 70 m,当  $V_1\geq 60$  km/h 时,安全距离定为 110 m。(2)当 20 km/h< $V_2$ ≤60 km/h 时,以  $V_2=20$  km/h 为参变量, $V_1$  由 10 km/h 至 100 km/h 给出 10 个安全距离值,当  $V_2$  大于 20 km/h 时,对于同一个  $V_1$  安全距离应取得大些,这里仍用  $V_2=20$  km/h 的数值。而对于同一个  $V_2$ ,当  $V_1$  处于两个速度值之间时,按照较大的速度值确定安全距离。这样做可以简化操作,同时增大了保险系数。(3)当  $V_2\geq 60$  km/h 时:以  $V_2=60$  km/h 为参变量, $V_1$  由 10 km/h 至 100 km/h 给出 10 个安全距离值。

#### 3.4.2 检测程序设计

程序首先读入测量数据  $f_1$ 、 $f_2$  和  $V_1$ , 计算出  $R$ 、 $V$  和  $V_2$ ,然后根据  $V_2$  的三个数据段 ( $V_2=0\sim 20$  km/h;  $20$  km/h< $V_2$ ≤60 km/h;  $V_2\geq 60$  km/h),分别转入相应的处理程序,当  $R=R^*$  时进行声光报警。程序流程如图 6 所示。

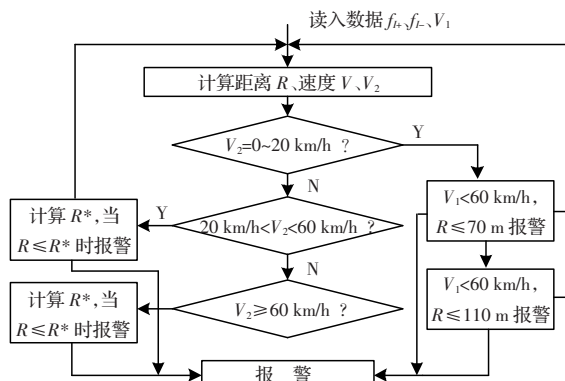


图 6 检测程序框图

### 4 实验结果

将前车速度  $V_2$  固定为 30 km/h,在 15 km/h 至 105 km/h 内间隔 10 km/h 改变  $V_1$ ,记录不同速度下的报警距离。将前车速度  $V_2$  固定为 70 km/h,以间隔 10 km/h 改变  $V_1$ ,得到第二组报警距离数据,两组数据记录在图 7 中。由实测数据可以看出,在  $V_2=30$  km/h 和  $V_2=70$  km/h 两个速度上,不同  $V_1$  测得的报警距离基本符合表 1。由于修正后的安全距离曲线均按  $V_2$  区间的下限进行计算,当  $V_2$  大于下限值时,按此方法确定的安全距离会有所增加,这样可使系统的安全性更高。

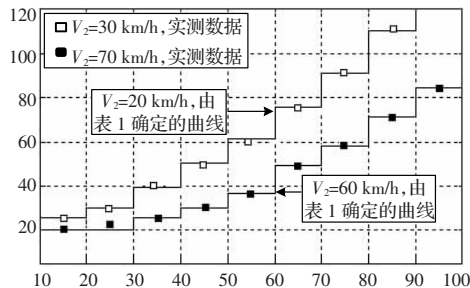


图 7 实测报警距离曲线

### 5 结束语

在 LabVIEW 环境下,选用 NI 数据采集卡和 35G FMCW 雷达收发前端,根据汽车防撞系统的要求,设计了一套简洁的图形代码程序和接口电路,将虚拟仪器技术应用于 FMCW

(下转 63 页)