

# 基于地磁传感器的车辆监管系统

张勇, 董海坤, 邵巍, 刘轶轶, 鲁毅  
南开大学信息学院电子系

**摘要:** 近些年来我国的经济飞速发展, 城市车辆的数量也随之快速增长, 由此给城市交通的管理以及驾驶员行为的规范带来了很大的挑战。针对目前城市交通所面临的这些问题, 我们提出了基于地磁传感器的车辆监管系统 (VSS-G)。VSS-G 使用地磁传感器检测过往车辆对地磁场的扰动, 并配合交通灯、摄像机等交通设施, 可对车辆行为进行识别和记录。使用 VSS-G 所得到的车辆违章资料以及路况监测信息, 可为相关部门规范驾驶员行为、调配城市交通以及规划城市建设提供有力的帮助。

**关键词:** 地磁传感器; 车辆监管; 地磁扰动; 路况监测

## Vehicle Supervision System Based on Geomagnetic Sensors

**Abstract:** As the economy of our country develops rapidly in recent years, the number of urban vehicle grows very fast, which directly challenge the management of urban traffic and normalization of driving behavior. In order to solve these problems, Vehicle Supervision System Based on Geomagnetic Sensors (VSS-G) is put forward. VSS-G is able to detect the fluctuations of geomagnetic field by the geomagnetic sensors when vehicles pass by. Moreover, in association with other traffic facilities such as traffic lights and cameras, VSS-G can identify and record the motion of vehicles. Accordingly the traffic violation records along with other useful traffic monitoring information will be of great help to the departments, which are in charge of the normalization of driving behavior, management of urban traffic and urban layout.

**Keywords:** geomagnetic sensor; vehicle supervision; geomagnetic field fluctuation; traffic monitoring

### 1. 引言

衣食住行与人们的生活休戚相关, 而车辆作为“行”中最主要的工具, 在我们的生活中更是随处可见。随着社会经济的迅速发展, 城市车辆数目不断增加, 直接导致了城市交通拥挤, 许多大城市更是出现了交通超负荷运行的情况。由此, 如何更好地调配城市交通已经成为一个非常严峻的问题。另一方面, 随着人们收入的不断提高, 汽车已然涌入千家万户, 驾照几乎成为当代人的“必修课”。然而, 与此同时“马路杀手”一词也频繁出现于我们的眼前。面对素质良莠不齐的车辆驾驶员, 如何更好地规范其交通行为同样成为一个亟需解决的问题。

城市车辆的监管不仅涉及到人们出行的便利与否, 更是关系到每个人的切身安全。因而, 对于交通管理和城市规划部门而言, 一个能够精确提供各个路段路况信息, 并且能够对车辆驾驶员的违章行为进行有效监测的系统, 无疑是非常迫切需要的。

### （1）路况监测系统的现状

目前，交管部门获取城市交通路况的主要来源是设立在各个主要路口的摄像机。这些摄像机将本地的路况画面传送至交管总部，由相关人员根据各个路口的路况画面来调度整个城市的交通。虽然通过摄像机捕获的画面非常直观，可以很容易得到路况的信息，但毕竟摄像机的成本过高且视频传输相对复杂，因而只能设立在一些主要路口和特殊路段。

在交通高峰时期，目前的城市路况监测系统只能通过摄像机得到各主要路口的拥堵情况。正是由于缺乏更多的相对次要路段的路况信息，交管部门无法对城市的交通情况提前进行预测，更无法在城市交通发生拥塞之前做出适当的调度，从而避免拥塞的产生。

由于摄像机所捕获的视频数据非常庞大，且这些数据中的很大一部分都是无用的冗余信息，目前的城市路况监测系统无法对路况进行长时间记录。然而，对于交通管理部门而言，如果能得到较长时间的路况信息，就可以据此推断出城市各个路段交通情况的规律，这对于路况的预测和交通拥塞的提前控制具有非常重大的意义。同样，对于城市规划部门而言，更多的路况信息也将非常有利于他们对城市各个地区交通情况的了解，更加有助于城市的规划和建设。

### （2）目前车辆检测的方法

目前，除了摄像机实时录像之外，对于行驶车辆检测的方法还有很多，其中包括雷达检测、超声波检测、红外线检测和地感线圈检测等，这些方法都主要用于车辆的违章检测。雷达检测、超声波检测、红外线检测一般常用于车辆超速的检测。而地感线圈检测除了可以进行超速检测外，还可以检测车辆超越停车线、闯红灯、违章左右转以及回转等违反交通规则的行为。

然而，当风速达到 6 级以上时，超声波的反射波就会产生漂移而无法正常检测，而且其探头下方通过的人或物也会产生反射波，造成误检；红外检测很容易受到灰尘、冰雾的影响；地感线圈则易受到冰冻、盐碱或繁忙交通的影响，而且它的寿命很短，一般只有两年。由于感应线圈必须直接埋入车道，更换安装时必须破坏路面重新铺设，非常不便。

除此之外，如今市场上还大量出现了所谓的“电子狗”。这些电子狗可以检测到雷达和超声波发射的信号，可以在安装测速器的地方提示车辆驾驶员减速，逃避交规的处罚。虽然电子狗无法直接检测到地感线圈，但高档的电子狗还装有 GPS，并有专人将地感线圈的位置信息存入电子狗的数据库中，通过对比坐标位置，同样能够逃避地感线圈的检测。

鉴于上述路况监测系统和车辆违章检测方法的种种不足，基于地磁传感器的车辆监管系统（VSS-G）便应运而生了。

VSS-G 对车辆检测的原理与地感线圈检测相同，但与之不同的是 VSS-G 使用地磁传感器取代地感线圈。因其使用的地磁传感器是基于 MEMS 技术制造的集成电路，所以具有体积小、寿命长、安装方便等优点，不必时常更换，也不受天气情况的影响。VSS-G 根据不同的应用环境，提供多个子系统方案，其中的无线监测子系统在用于超速检测时可以方便地改变检测位置，使目前大量使用的“电子狗”失效。VSS-G 的多个子系统（包括有线监测

系统和无线监测系统) 造价低廉, 可被大量安置于各个路段, 从而得到更加详细的路况信息, 而且 VSS-G 所捕获的路况信息没有冗余, 数据量非常小, 易于记录和长时间的保存, 可以为城市规划和交通管理提供有力的帮助。

## 2. 系统功能

在对目前交通管理现状分析的基础上, VSS-G 根据实际需求提出了三个子系统: 有线监测系统、有线照相取证系统和无线监测系统, 如图 1 所示。每个子系统都是针对不同的应用环境而专门设计, 有效保证了“术业有专攻”, 再将其有机地结合起来, 就构成了一个完整的系统——VSS-G, 如图 2 所示。

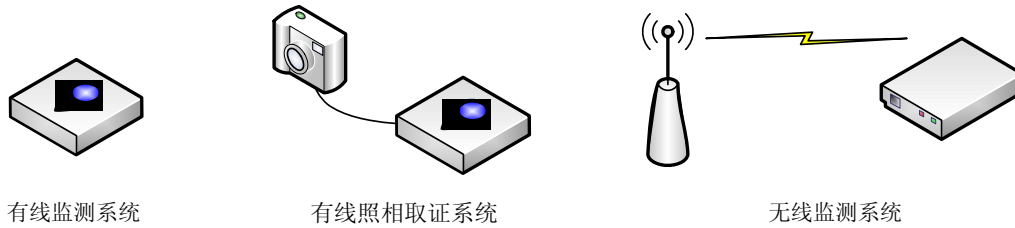


图 1 VSS-G 的三个子系统

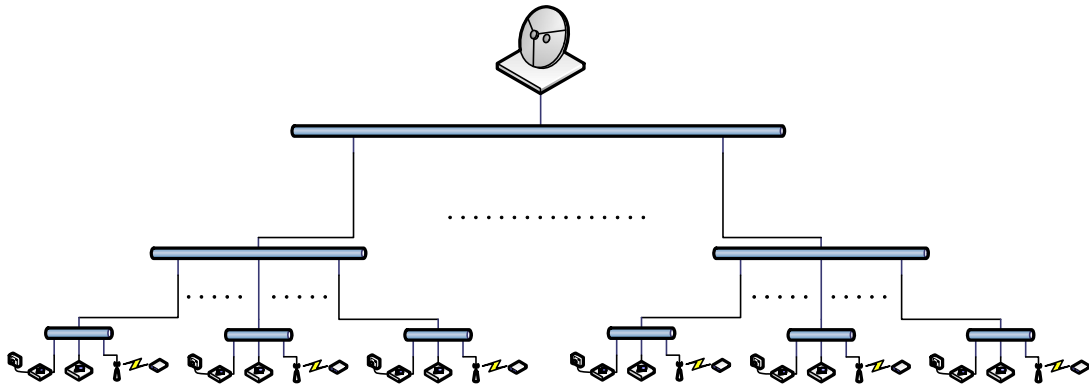


图 2 VSS-G 总体拓扑结构

VSS-G 的目标是针对城市车辆的监测和管理给出一套完整方案, 因而各子系统根据不同的应用要求分别进行设计, 具体方案如下:

(1) 有线监测系统。主要用于路况信息的监测, 所监测内容包括车流量统计、车速检测、车辆类型的大致判断等。该子系统所获得的数据直接通过有线网络传送至交管总部, 并由交管总部对总的路况信息加以整理和汇总。所得路况信息都是非常简单的数据, 因而可以很容易地进行实时显示和长时间保存。

(2) 有线照相取证系统。主要针对车辆违章的监测与取证, 其实质是在有线监测系统的基础上添加一部摄像机, 以此实现对违章车辆的取证。有线照相取证系统可以直接进行超速检测, 配合交管系统的交通信号灯还能够检测到车辆闯红灯、逆行和超越停车线等违章行为。该子系统在完成取证后, 会立即通过有线网络将违章内容和取证照片传输至交管总部,

交管部门在得到相关信息之后即可对违章车辆进行处理。与此同时也可将违章信息添加至该路段的路况信息中，从而丰富了对该路段情况的了解。

(3) 无线监测系统。主要用于临时性或要求监测位置改变的场合，该系统可完成有线监测系统的全部功能，与照相设备和交管系统配合同样也能实现有线照相取证系统的功能。该系统中包含有主机端，与交管系统相连可以直接将路况信息汇总至交管总部，而与移动摄像设备相连即可随时随地对违章车辆进行取证。

VSS-G 在整合各个子系统时借鉴了互联网星形的拓扑结构，即由最基本的子系统构成一个较大的系统，再由这些较大的系统彼此互联构成更高级的系统，直至最后构成一个能够监控整个城市的完整系统。通过 VSS-G 监测网络，就能非常方便地了解城市各处的实时路况信息，这些信息也可很容易地进行传递和存储。由于星形拓扑结构非常容易拓展，VSS-G 可以非常容易地延伸至国道和省际高速公路，从而构建一个覆盖全国甚至更大范围的车辆监管系统。

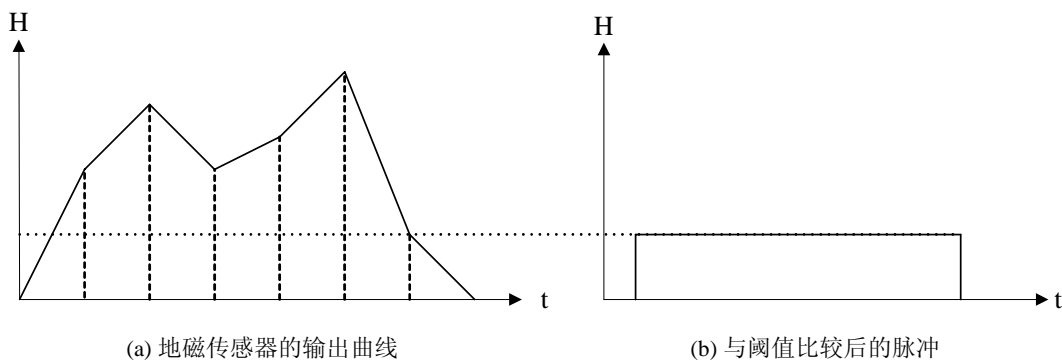
鉴于经费和能力的限制，在此我们只能完成由最基本子系统构成 VSS-G 的模型。尽管该模型只是整个设计中非常小的一部分，但通过该模型也能够对 VSS-G 的想法有所体现。

### 3. 系统原理

VSS-G 对车辆检测的核心是使用地磁传感器来获取行驶车辆对地磁场的扰动情况。在静磁场中一旦出现铁磁性物体物质，铁磁性物体物质就会被磁化，从而改变其周围的磁场分布，即对磁场产生扰动。由于地球的磁场相对稳定，且地球上固定位置的磁场可近似认为恒定。当有车辆通过时，就会对其周围的地磁场有所影响，据测量该扰动可达到地磁强度的几分之一，因而可以通过检测地磁的强度的方法实现对车辆的检测。

VSS-G 使用美新公司 (MEMSIC, Inc.) 基于 MEMS 技术制造的地磁传感器对过往车辆进行检测，其量程为  $\pm 2$  gauss，精度可达 1 mgauss。而地磁场的强度大致为 0.5 gauss，因此利用该地磁传感器完全可以检查到车辆对地磁场的扰动，并且还具有很高的灵敏度。

当车辆从地磁传感器上方驶过时，地磁传感器采样地磁所得到的结果大致如图 3 (a) 所示。如果选取合适的阈值，即可将其变成一个图 3 (b) 所示的脉冲。选择合适的位置安放地磁传感器，并配合交通灯的状态就可以完成车流量统计、车速检测、闯红灯、逆行和超越停车线等违章检测。



(a) 地磁传感器的输出曲线

(b) 与阈值比较后的脉冲

图 3 地磁传感器的检测结果

如果在地磁传感器输出的地磁曲线上选取若干特征点,并根据实验建立起各种类型车辆通过时所输出不同地磁曲线的知识库,通过对地磁传感器输出的曲线与知识库的比较,就可以对通过车辆的类型做大致判断。虽然相同类型车辆在以不同速度驶过时,地磁传感器输出的地磁曲线也会有所不同,如图 4 所示。但由于同一类型车辆结构是相同的,因而对地磁影响的规律也是相同的,其差异大致体现于曲线在时间轴上被压缩或伸展,通过对数据的进行变换即可解决这一问题。

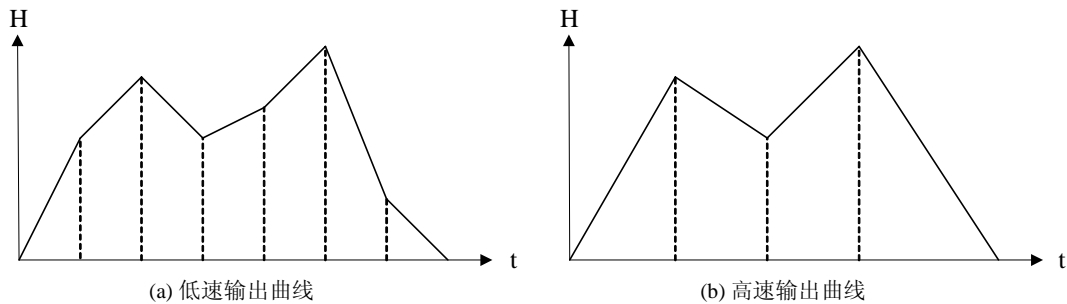


图 4 不同车速输出的地磁曲线

VSS-G 就是使用美新公司的 MEMS 地磁传感器,运用上述原理对车辆进行检测,来实现其所有功能。

(1) 车流量统计。在需要统计车流量的地方安放一个地磁传感器,对通过的车辆所产生的扰动脉冲进行计数,总的脉冲数即为通过车辆的数目。车流量统计如图 5 所示,其中的蓝色小圆圈即为地磁传感器。

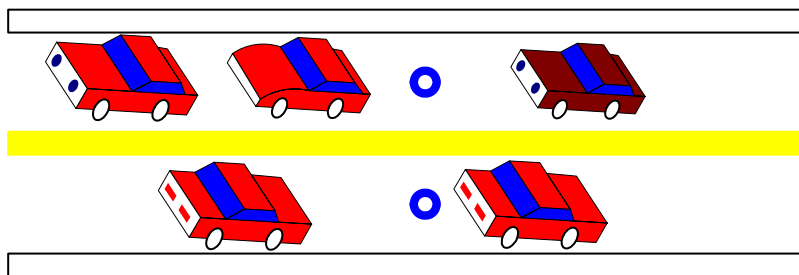


图 5 车流量统计示意图

(2) 车速检测。在需要测速的地方以  $s$  米的间隔前后安放两个地磁传感器,记录车辆先后到达两个传感器的时间间隔为  $t$  秒,可以通过公式  $v = \frac{s}{t}$  非常容易地算得车速。车速检测如图 6 所示,其中蓝色小圆圈为第一个地磁传感器,绿色小圆圈为第二个地磁传感器,黄白色小立方体为监控摄像机。

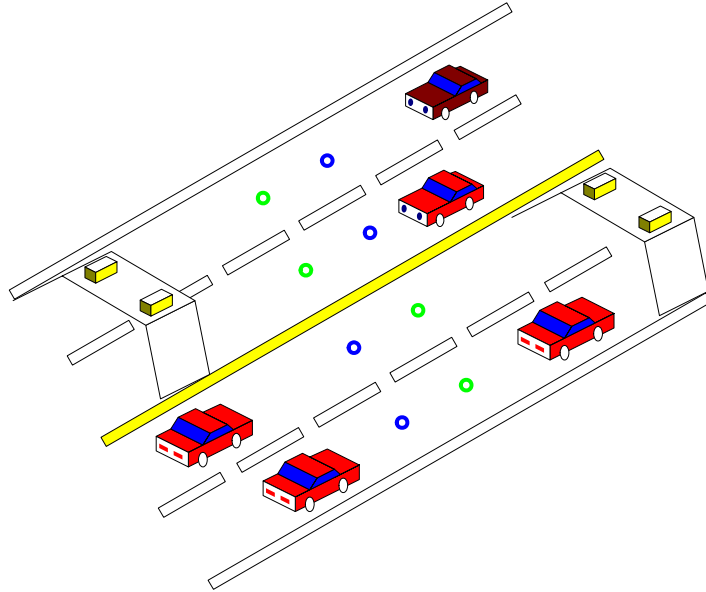


图 6 车速检测示意图

(3) 车辆类型的大致判断。可在所捕获的地磁曲线上选取特征点，并与已有知识库对比来实现。其识别的准确度与特征点的选取、曲线的变换、知识库的建立、车况的不同以及环境的影响都有很大的关系，因而很难保证其识别率。

(4) 车辆逆行检测。在需要检测的道路上先后安放两个地磁传感器，根据两个传感器检测到车辆的先后顺序就可以判断车辆是否逆行。车辆逆行检测如图 7 所示，其中红色小车为逆行违章车辆。

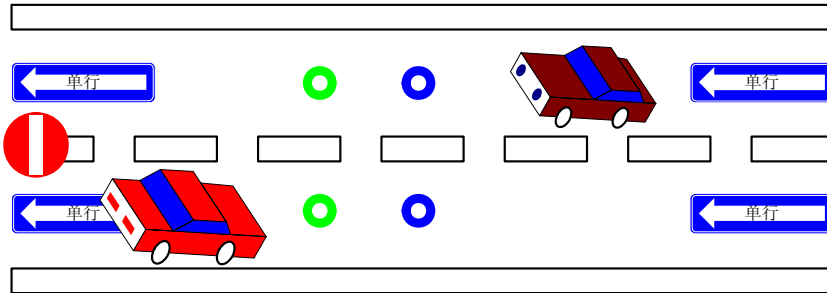


图 7 车辆逆行检测示意图

(5) 车辆闯红灯、超越停车线检测。二者都是在路口的停车线上设置地磁传感器，配合交通灯的状态进行判断。当交通灯为红灯时，如果地磁传感器检测到车辆信号，并且该信号一直持续到红灯结束，说明该车辆停在停车线上，从而判定为超越停车线。如果地磁传感器检测到的车辆信号是一个脉冲，则说明该车辆从停车线上驶过，而此时交通灯已变为红灯，所以据此可判定该车闯红灯。车辆闯红灯、超越停车线检测如图 8 所示，其中红色小车为违章车辆。

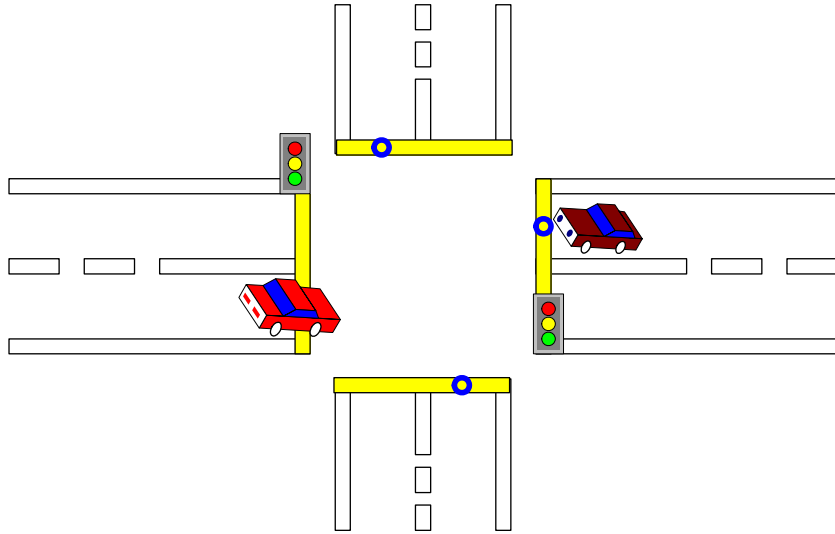


图 8 车辆闯红灯、超越停车线检测示意图

如上所述，最多只需安放两个地磁传感器，并配以交通灯的状态，即可非常容易地对车辆进行各种检测。

#### 4. 硬件结构

VSS-G 是为整个城市乃至更大范围所设计的一套完整的车辆监管系统。然而鉴于种种限制，我们只能制作其中最小单元的简易模型，并借此来体现 VSS-G 的实用价值。

该模型包括一个简单的十字路、遥控车以及针对该模型制作的 VSS-G 三个子系统：有线监测系统、有线照相取证系统和无线监测系统。

有线监测系统由两个地磁传感器、微控制器、LED、按键和扩展接口组成，并通过串口与电脑相连，如图 9 所示。地磁传感器用于对通过车辆进行检测，LED 用于显示相关状态，按键用于设定工作模式，扩展接口可接入交通灯信号和摄像头（兼容有线照相取证系统所用）。检测到的相关信息可以直接通过串口发送至电脑，并进行实时显示。

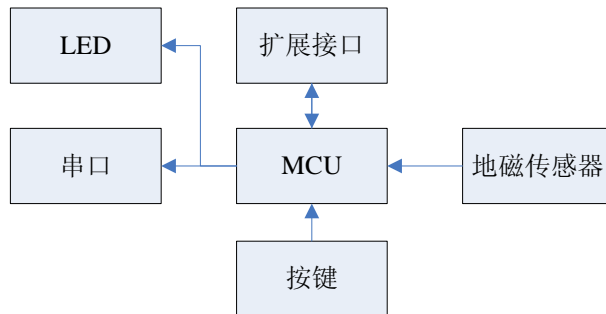


图 9 有线检测系统硬件结构

有线照相取证系统是在有线监测系统预留的扩展接口上安装一个摄像头，以此来完成违章车辆的取证。在扩展接口上接入交通灯信号，即可配合交通灯进行车辆违章的检测。同时

还可以使用按键对当前所处环境进行设定，例如设定当前系统工作于单行道。LED 则会立刻对设定的情况予以显示。

无线监测系统包含检测端和主机端两部分，如图 10 所示。

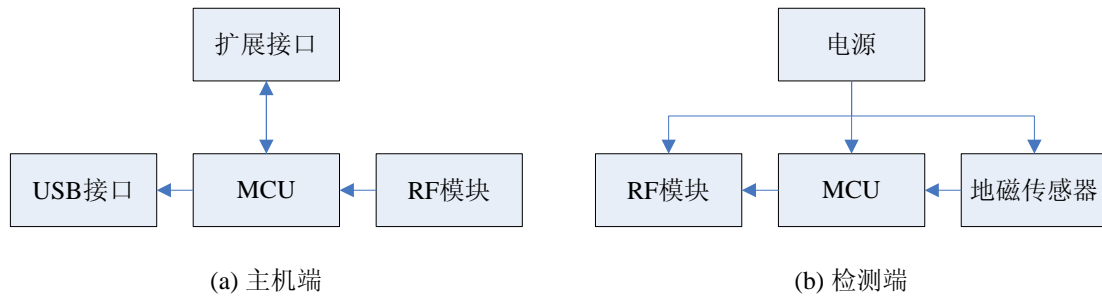


图 10 无线检测系统硬件结构

检测端由 RF 模块、微控制器、两个地磁传感器和电源组成。其中 RF 模块用于和主机端通信，地磁传感器用于车辆的检测，微控制器用于整体运作的协调。检测端的所有能耗均来自于自带的电源，因此必须考虑功耗问题。在硬件的设计上尽量选择了低电压、低功耗的器件，并且尽可能降低微控制器的工作频率，从而尽量减少对能量的消耗。

主机端由 RF 模块、微控制器、USB 接口模块以及扩展接口组成。RF 模块用于和检测端通信，USB 接口用于和电脑连接，扩展接口可接入交通灯信号和摄像头，用法与有线照相取证系统相同。

## 5. 软件架构

VSS-G 的软件不仅包括三个子系统的固件程序，还应包括由此构成网络的数据传输控制以及交管总部的数据整理、汇总、储存乃至显示。这将是一个非常庞大而又复杂的软件系统，鉴于种种方面的限制，在此也仅给出 VSS-G 模型的软件架构。

VSS-G 模型的软件主要包括其三个子系统：有线监测系统、有线照相取证系统和无线监测系统的固件程序，以及模拟交管总部电脑端的信息统计和显示程序。

有线监测系统与有线照相取证系统的硬件结构基本相同，只是后者在前者的基础上加入了交通灯信号和摄像头。二者的程序完全是运行在相同的硬件平台上，因而需要预先对是否有交通灯信号和摄像头的加入进行检测，从而判断硬件平台工作的状态。

有线监测系统的程序主要包括定时检测、信号处理、路况检测以及通信控制 4 个模块，如图 11 所示。定时检测模块是由微控制器按照一定频率向地磁传感器发出检测命令，并取回检测的结果。信号处理模块是对检测结果进行滤波处理，以排除外界的干扰。路况检测模块用于实现该子系统车流量统计、速度检测、类型识别的各项功能。通信控制模块用于将所得信息进行整理，并将该子系统特有的 ID 封装在一起，通过串口发送给电脑。



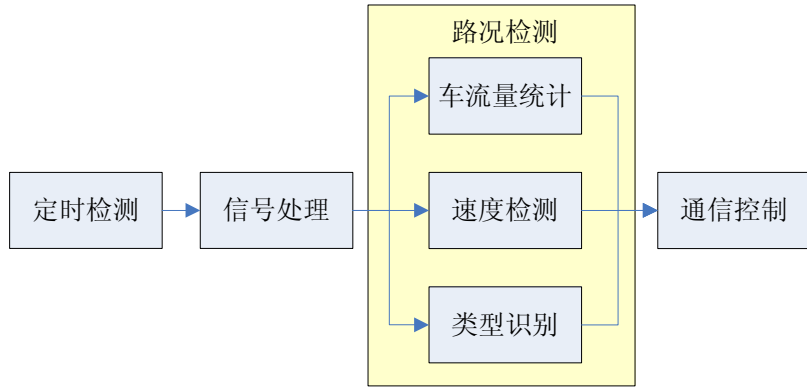


图 11 有线监测系统软件结构

有线照相取证系统的程序主要包括定时检测、信号处理、违章检测、拍照控制以及通信控制 5 个模块，如图 12 所示。定时检测和信号处理模块的功能与有线监测系统相应模块功能相同，都是用于获取车辆对地磁场扰动的信息。违章检测模块是根据地磁传感器获得的信息，配合交通灯信号来实现车辆超速、逆行、闯红灯、超越停车线等违章行为的检测。拍照控制模块则是用来根据违章检测的结果控制摄像头对车辆违章进行取证。串口通信模块同样用于将违章信息、取证照片以及该系统的 ID 发送给电脑。

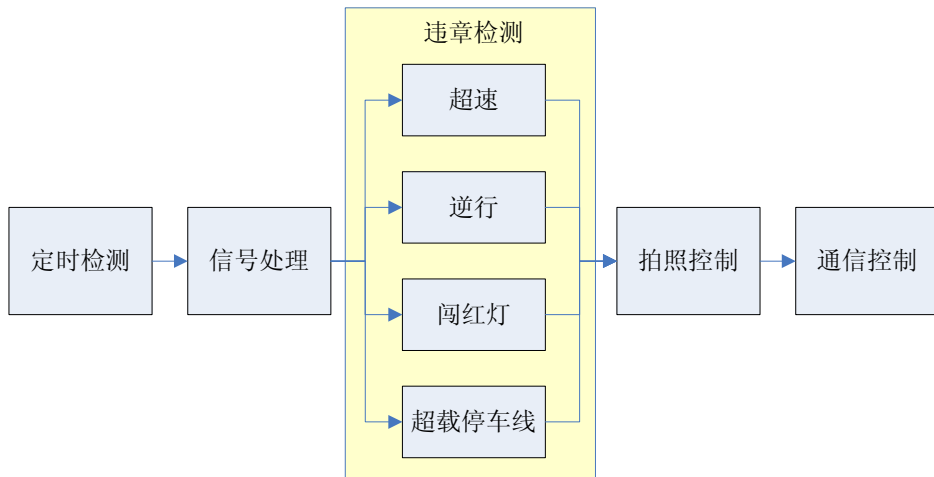


图 12 有线照相取证系统软件结构

无线监测系统的程序与硬件结构一样，也分为检测端和主机端两部分，如图 13 所示。

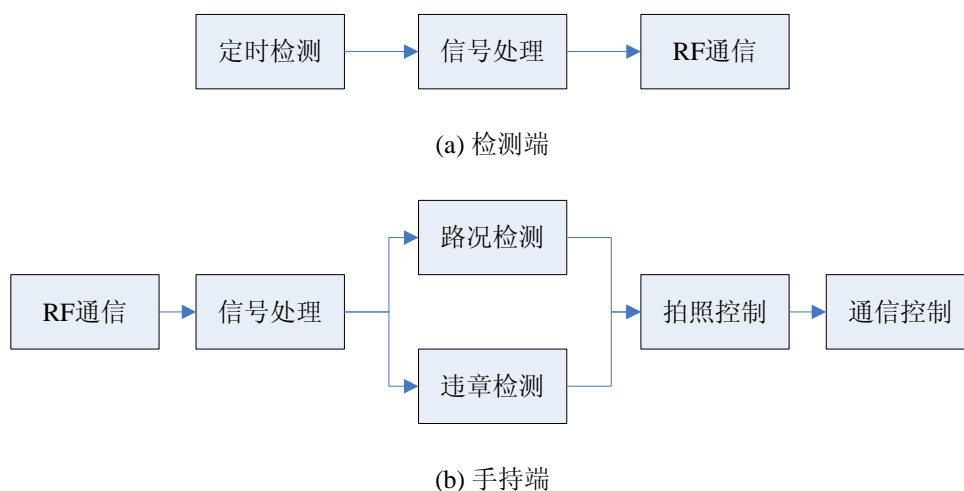


图 13 无线监测系统软件结构

检测端主要包括定时检测、信号处理和 RF 通信 3 个模块。定时检测、信号处理模块能与有线监测系统相应模块功能相同。RF 通信模块则用于控制 RF 电路将检测的信息发送至主机端。由于检测端使用自带的电源供电，在软件的设计方面也考虑让微控制器在不需检测时进入睡眠，并对检测到信息进行预处理和整合，尽可能减少 RF 电路发送的次数和工作的时间，从而降低系统的功耗，使其更长时间地工作。

主机端主要包括 RF 通信、信号处理、路况检测、违章检测、拍照控制和通信控制 6 个模块。主机端所实现的功能是有线监测系统和有线照相取证系统的整合，唯一与它们有所不同的是，主机端所获得的车辆检测信息是从检测端的 RF 模块传送而来。

电脑端的信息处理程序主要用于模拟交管总部对于这些信息的处理，主要包括子系统 ID 数据库的维护、路况信息的整理和存储、违章信息的整理和存储，信息的实时统计和显示等。

## 7. 结束语

本文在对城市路况信息获取以及车辆违章检测现状分析的基础上，提出了一套完整的城市车辆监管方案——基于地磁传感器的车辆监管系统（VSS-G），并对该系统所能实现的功能、原理及其优势进行了详细的阐述。虽然目前由于各种条件的限制，无法将 VSS-G 完整实现，但文中给出了 VSS-G 模型的软硬件设计，以此对 VSS-G 进行阐释，体现其价值所在。

VSS-G 以地磁传感器来实现对车辆的检测，因此具备了抗干扰能力强、使用寿命长和性能可靠等诸多优点。并且 VSS-G 从实用的角度构建其整个系统，因此可以应对各种复杂的场合，而且其硬件结构非常简单，造价低廉，也非常适合于大范围的应用。VSS-G 本身的架构决定其具有很好移植性和扩展性，因此可以非常容易地应用于国道、省际高速公路等场合，从而构建覆盖整个国家甚至更大范围的车辆监管系统。如果获得相关部门的支持，VSS-G 必定拥有非常好的前景。

## 参考文献

- [1] MEMSIC, Inc. MESIC Product Selector, 2008.
- [2] 李谋成, 徐满意. 基于地磁传感的交通监测系统, 大连大学学报, 2005-8.
- [3] 王友仁, 储剑波等. 行驶车辆磁感应检测及智能道路传感系统, 传感器技术, 2004-3.
- [4] 山东菏泽飞天电子科技有限公司. 新型车辆检测传感器——地磁传感器, 智能交通网, 2006—11.
- [5] USB Implementers Forum, inc. Universal Serial Bus Specification Revision 2.0, 2000.

## 附录：成员分工

张勇：整体规划及方案设计

董海坤：硬件电路设计

邵巍：车辆识别算法实现

刘轶轶：产品调研及市场需求分析

鲁毅：功能验证及测试