
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN ĐIỆN TỬ VIỄN THÔNG



BÁO CÁO ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**THIẾT KẾ VÀ TRIỂN KHAI HỆ THỐNG
PHÂN LOẠI PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG
CHO HỆ THỐNG THU PHÍ TỰ ĐỘNG**

Giảng viên hướng dẫn : **PGS. TS. Nguyễn Văn Đức**

Sinh viên thực hiện : **Đinh Duy Khánh**

Lớp : **ĐVT12 Khóa 54**

Số hiệu sinh viên : **20091433**

Hà Nội - 06/2014

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Số hiệu sinh viên:

Khóa:..... Viện: Điện tử - Viễn thông

1. Đầu đề đồ án:

.....
.....
.....

2. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

.....
.....
.....

3. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

.....
.....
.....

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

.....
.....
.....
.....

5. Họ tên giảng viên hướng dẫn:

.....

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án:

.....

7. Ngày hoàn thành đồ án:

.....

Hà Nội, ngày tháng năm

Giảng viên hướng dẫn

(Ký, ghi rõ họ và tên)

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

BẢN NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Số hiệu sinh viên:

Khóa:..... Viện: Điện tử - Viễn thông

Giảng viên hướng dẫn:

Cán bộ phản biện:

1. Nội dung thiết kế đồ án tốt nghiệp:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Nhận xét của cán bộ phản biện:

.....
.....
.....
.....
.....

Hà Nội, ngày tháng năm

Cán bộ phản biện

(Ký, ghi rõ họ và tên)

LỜI CẢM ƠN

Trước khi trình bày nội dung đồ án tốt nghiệp, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến PGS. TS. Nguyễn Văn Đức đã giúp đỡ em trong phương pháp tiếp cận vấn đề, các chỉ dẫn về mặt kĩ thuật cũng như tạo mọi điều kiện tốt nhất về mặt thiết bị và địa điểm để em có thể hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp.

Em cũng gửi lời cảm ơn tới toàn thể đội ngũ nhóm Intelligent Transport System (ITS) (Wireless Communications Laboratory), Viện Điện tử Viễn thông, Đại học Bách Khoa Hà Nội, đã giúp đỡ em trong suốt thời gian nghiên cứu. Em không thể hoàn thành đồ án nếu thiếu những động viên về tinh thần, cũng như giúp đỡ về kĩ thuật của các thành viên trong phòng nghiên cứu.

Đồ án này được hoàn thành trong khuôn khổ đề tài KC.01.05/11-15: "**Xây dựng giải pháp và thiết bị quản lý điều hành giao thông thông minh sử dụng truyền thông tầm gần chuyên dụng**". Các thiết kế, bảng biểu, hình ảnh và nội dung trong đồ án được sử dụng dưới sự đồng ý của chủ nhiệm đề tài.

Hà Nội, ngày 30 tháng 05 năm 2014

Sinh viên thực hiện
Đinh Duy Khánh

Mục lục

Chương 1. Tổng quan hệ thống ITS và các phương pháp tính toán vận tốc và kích thước phương tiện giao thông	4
 1.1. Tổng quan hệ thống giao thông thông minh ITS	4
 1.2. Các phương pháp nhận dạng và phân loại phương tiện	12
1.2.1. Ứng dụng cảm biến hồng ngoại phát hiện, phân loại xe dựa vào số trực	13
 1.3. Các phương pháp tính toán vận tốc và kích thước phương tiện	16
1.3.1. Đo chiều dài vận tốc phương tiện với hệ thống vòng từ	16
1.3.2. Đo lường sự chuyển động của phương tiện sử dụng phương pháp xử lý ảnh	18
1.3.3. Đo vận tốc phương tiện sử dụng súng bắn tốc độ	19
1.3.4. Đo lường chiều dài và chiều cao phương tiện sử dụng cảm biến sóng radar	20
1.3.5. Đo chiều dài và chiều cao của phương tiện sử dụng cảm biến siêu âm	22
1.3.6. Đo chiều dài và vận tốc của phương tiện sử dụng cảm biến chuyển động	22
Chương 2. Thiết kế cảm biến siêu âm phát hiện và phân loại phương tiện giao thông qua trạm thu phí	24
 2.1. Xây dựng modun cảm biến siêu âm	24
2.1.1. Sóng siêu âm	24
2.1.2. Nguyên lý đo khoảng cách	25
2.1.3. Cảm biến siêu âm SRF05	27
2.1.4. Cảm biến nhiệt độ	32
2.1.5. Vi điều khiển	33
 2.2. Thuật toán xác định khoảng cách từ phương tiện di chuyển đến cảm biến ..	34
2.2.1. Xây dựng thuật toán	34
2.2.2. Kết quả thử nghiệm	36
 2.3. Bố trí hệ thống cảm biến siêu âm và xây dựng thuật toán xác định chiều rộng và chiều cao	36
2.3.1. Bố trí cảm biến siêu âm trong hệ thống giao thông thông minh	36
2.3.2. Thuật toán xác định chiều rộng và chiều cao của xe	37

2.4. Kết quả sản phẩm thực tế và đề xuất.....	41
2.4.1. Thiết kế sản phẩm thực tế	41
2.4.2. Thủ nghiệm và đo đạc sai số	42
2.4.3. Đề xuất.....	44
Chương 3. Thiết kế cảm biến chuyển động đo lường vận tốc và chiều dài phương tiện giao thông qua trạm thu phí	45
3.1. Cấu trúc mạch xử lý tín hiệu cảm biến chuyển động	45
3.1.1. Cảm biến chuyển động	45
3.1.2. Khối xử lý tín hiệu	48
3.1.3. Vi điều khiển.....	51
3.2. Xử lý tín hiệu đầu ra	52
3.2.1. Lựa chọn hệ số khuếch đại	52
3.2.2. Lựa chọn băng tần	54
3.3. Thuật toán xác định vận tốc và chiều dài của phương tiện.....	55
3.4. Thiết kế sản phẩm thực tế và kết quả.....	58
3.4.1. Thiết kế sản phẩm thực tế	58
3.4.2. Thủ nghiệm và đo đạc sai số	59
3.5. Ứng dụng và đề xuất cho sản phẩm	60

Danh sách hình vẽ

Hình 1.1	Tổng quan hệ thống thu phí điện tử.	10
Hình 1.2	Thiết kế cảm biến vòng từ phát hiện và phân loại xe.	14
Hình 1.3	Đầu ra các mắt cảm biến hồng ngoại khi có phương tiện đi qua.	14
Hình 1.4	Thuật toán phân loại xe dựa vào số trực sử dụng cảm biến hồng ngoại.	15
Hình 1.5	Lắp đặt hai vòng từ để tính vận tốc và chiều dài phương tiện.	16
Hình 1.6	Mô hình xử lý ảnh để tính toán vận tốc vật thể di chuyển.	18
Hình 1.7	Sử dụng súng laser để đo vận tốc phương tiện.	19
Hình 1.8	Mô hình bố trí cảm biến sóng radar.	20
Hình 1.9	Nguyên lý đo khoảng cách sử dụng cảm biến sóng radar.	21
Hình 2.1	Nguyên lý đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm.	26
Hình 2.2	Sơ đồ tổng quan mạch thu thập thông tin từ cảm biến siêu âm.	28
Hình 2.3	Đồ thị phương hướng bức xạ cảm biến siêu âm SRF05.	29
Hình 2.4	Chế độ 1 cảm biến siêu âm SRF05	30
Hình 2.5	Chế độ 2 cảm biến siêu âm SRF05	31
Hình 2.6	Lưu đồ thuật toán xác định khoảng cách từ cảm biến tới phương tiện dịch chuyển.	35
Hình 2.7	Sơ đồ bố trí hệ thống cảm biến siêu âm.	37
Hình 2.8	Thuật toán đo chiều cao sử dụng cảm biến siêu âm.	38
Hình 2.9	Thuật toán xác định chiều rộng cảm biến siêu âm.	39
Hình 2.10	Thuật toán xử lý áp dụng hệ thống cảm biến phân loại xe.	40
Hình 2.11	Sơ đồ trí bố trí hệ thống cảm biến siêu âm.	41
Hình 2.12	Mạch nguyên lý cảm biến siêu âm.	43
Hình 3.1	Kiến trúc tổng quan mạch xử lý tín hiệu cảm biến.	45
Hình 3.2	Sơ đồ khối cảm biến chuyển động.	46
Hình 3.3	Đặc tính bức xạ của cảm biến với các cách thiết lập khác nhau.	47

Hình 3.4	Mạch khuếch đại thông dài và mạch so sánh.	49
Hình 3.5	Mạch khuếch đại thuật toán thông thường.	50
Hình 3.6	Công thức hệ khuếch đại vi sai và hệ số khuếch đại đồng pha.	51
Hình 3.7	Xung vuông tại đầu vào vi điều khiển.	55
Hình 3.8	Lưu đồ thuật toán xác định chiều dài và vận tốc phương tiện.	57
Hình 3.9	Mạch xử lý tín hiệu cảm biến chuyển động.	59
Hình 3.10	Phần mềm tính toán sai số.	60

Danh sách bảng

Bảng 2.1	Thời gian lan truyền với các nhiệt độ môi trường khác nhau	34
Bảng 2.2	Kết quả thử nghiệm đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm	36
Bảng 2.3	Kết quả thử nghiệm đo khoảng chiều cao phương tiện	42
Bảng 3.1	Bảng phân bố tần số cho cảm biến phát hiện chuyển động	48
Bảng 3.2	Bảng hệ số CMRR của một vài khuếch đại thuật toán	51
Bảng 3.3	Bảng thông với các tần số truyền khác nhau	55
Bảng 3.4	Kết quả theo dõi chiều dài và vận tốc của các phương tiện	60

Danh sách từ viết tắt

- ITS Intelligent Transport System
- GPS Global Positioning System
- GPRS General Packet Radio Service
- SMS Short Message Services
- APIS Advanced Papyrological Information System
- CCTV Closed Circuit TV Cameras
- ETC Electronic Toll Collection
- DSRC Dedicated Short Range Communications
- ANPR Automatic Number Plate Recognition
- RFID Radio Frequency Identification
- RSU Road Side Unit
- OBU On Board Unit
- CAN Controller Area Network
- RF Radio Frequency
- RISC Reduced Instructions Set Computer
- CMRR Common Mode Rejection Ratio
- ADC Analog To Digital Converter
- RSS Receive Signal Strength
- RTPI Real Time Passenger Information

TÓM TẮT ĐỒ ÁN

Đề tài "Thiết kế và triển khai hệ thống phân loại phương tiện giao thông cho hệ thống thu phí tự động" là một phần trong dự án liên quan đến giao thông thông minh ITS. Đồ án đề cập đến phương pháp lấy thông tin về chiều dài, chiều rộng, chiều cao và vận tốc phương tiện lưu thông từ một hệ thống cảm biến. Những thông tin đó phục vụ cho bài toán phân loại xe trong hệ thống thu phí đường bộ đồng thời đưa ra những cảnh báo cho người quản lý về các sai phạm của các phương tiện đang lưu thông.

Đồ án bao gồm các phương pháp xử lý tín hiệu đầu ra từ cảm biến siêu âm, các thuật toán để lấy thông tin về chiều rộng và chiều cao của phương tiện. Sự kết hợp giữa cảm biến siêu âm SRF05, một loại cảm biến thông dụng trên thị trường, và mạch xử lý được ứng dụng để thu thập các thông tin kể trên. Sản phẩm đạt được hơn 90% chính xác khi so sánh chiều cao thu được với chiều cao thực của vật thể với điều kiện sai số cho phép là 20(cm).

Các thông tin về chiều dài và vận tốc phương tiện sẽ được thu thập từ cảm biến chuyển động. Để có được các thông tin này, tín hiệu đầu ra từ cảm biến sẽ phải trải qua các bước xử lý và khuếch đại. Đồng thời, các thuật toán được xây dựng để lấy thông tin kể trên của phương tiện. Các phương pháp đó đã được nhúng trong một loại cảm biến chuyển động tên là HB100. Modun được xây dựng đã đưa ra các thông tin về chuyển động của phương tiện trong bán kính tầm nhìn thẳng 8(m) với vận tốc của phương tiện trong khoảng từ 5(km/h) đến 40(km/h). Sản phẩm đạt được hơn 80% chính xác khi so sánh chiều dài thu được với chiều dài mẫu của phương tiện với điều kiện sai số cho phép 10% trong 100 lần đo đặc một loại phương tiện trong một khoảng vận tốc xác định.

ABSTRACT

A thesis named "Designing and executing vehicles classification system for Electronic Toll Collection" is a part of a project related to the field of Intelligent Transport System (ITS). The thesis aims to get information about length, width, height and speed of vehicles using a sensors system. The information is used to classify vehicles in Electronic Toll Collection and simultaneously to warn to manager about mistakes of traffic vehicles.

The thesis includes output signal processing methods from ultrasonic sensor, algorithms to get information about vehicles' width and height. The combination between ultrasonic sensor SRF05, which is common in the market; and processing circuit is applied to collect this information. The achieved result is over 90% of accuracy in comparison with actual height of objects with 20 (cm) of allowable tolerance.

All the information about length and speed of vehicles would be collected from microwave motion detector. To have this information, output signal from sensor will be processed and amplified. Simultaneously, the algorithm is built to get the information of vehicles. The methods have been embedded in a type of microwave motion detector sensor named HB100. Module is built to give information on movable vehicles with 8 (m) of radius influence of sensor and speed of vehicles in the range between 5(km/h) and 40(km/h). The achieved result is over 80% of accuracy in comparison with actual length of objects with 10% of allowable tolerance in 100 times measurement with one type of vehicles in one space defined speed.

ĐẶT VÂN ĐỀ

Ngày nay, con người di chuyển nhiều hơn với khoảng cách lớn hơn bất kì thời điểm trước đó trong lịch sử. Cách thức di chuyển cũng đa dạng hơn: đường bộ, đường không, đường biển,... người tham gia giao thông cũng mong muốn chuyến đi của họ an toàn, tin cậy và nhanh hơn trước. Với sự tăng trưởng liên tục của vận tải, tai nạn giao thông đã trở thành một trong những lí do chính gây chết và chấn thương hàng năm tại Việt Nam. Theo thống kê của "Bộ công an", số người chết do tai nạn giao thông trong các tháng đầu năm 2014 lên đến gần 1000 người trong mỗi tháng. Ngoài các tai nạn giao thông thì ý thức chấp hành của các phương tiện lưu thông cũng là một lý do gây ùn tắc giao thông. Sự tắc nghẽn đó làm giảm tốc độ vận hành của hệ thống giao thông và gây lãng phí hàng nghìn tỉ đồng mỗi năm theo báo cáo của ủy ban "An toàn giao thông quốc gia".Thêm vào đó, đa phần các hệ thống thu phí giao thông đường bộ hiện nay đều do con người thực hiện một cách thủ công và mất nhiều thời gian. Điều này dẫn tới tình trạng ùn tắc giao thông khi có mật độ lưu lượng phương tiện cao.

Áp dụng công nghệ tiên tiến để hỗ trợ việc quản lý dòng phương tiện đã trở nên phổ biến trong hơn 70 năm qua với những nỗ lực ban đầu trong việc kiểm soát tín hiệu giao thông ở các ngã tư và khu vực giao cắt đường sắt tại Mỹ và châu Âu. Những nhà sản xuất phương tiện đã phát triển các công nghệ tiên tiến để tạo ra loại phương tiện an toàn hơn, thoải mái hơn, giảm áp lực khi lái xe. Rất nhiều công nghệ tương tự có thể thấy ở xe bus và các đoàn tàu. Những công nghệ tiên tiến được áp dụng ngày càng nhiều trong việc quản lý những mạng lưới giao thông công cộng lớn, và trong việc cập nhật thông tin điểm đến của xe bus và tàu cho hành khách.

Trong lĩnh vực vận tải hàng hóa, một loạt những công nghệ đã được áp dụng để việc di chuyển của các phương tiện trở nên dễ dàng hơn và trợ giúp những giao dịch thương mại như là một bộ phận của chuỗi cung cấp. Nhìn chung, những công nghệ đó giờ được biết đến với cái tên “hệ thống giao thông thông minh” ITS. Khi được áp dụng một cách cẩn thận, ITS có thể tạo ra hệ thống giao thông an toàn hơn, an ninh hơn, thuận tiện hơn, và giảm tác động đến môi trường. Mục đích của modun này là giúp người đưa ra quyết định và những cố vấn của họ hiểu cái gì nên cân nhắc để có thể tạo phương án sử dụng ITS tốt nhất; cơ hội và những thử thách gì đối với ITS có thể đưa ra; và làm thế nào để giải quyết và tận dụng tốt nhất những thử thách và cơ hội đó.

ITS hỗ trợ khái niệm giao thông bền vững bằng việc khuyến khích những kết quả đáng mong đợi dưới đây để tìm ra sự đồng thuận chung:

- Gia nhập dễ dàng, nâng cao tính cơ động, bao gồm cả việc giảm nhu cầu của vận tải cơ giới cá nhân; và cải thiện phương thức phân chia theo sở thích có thể là đi bộ, di chuyển qua các địa điểm, và đi bằng xe đạp.
- Hiệu quả và năng suất vận tải được nâng cao.
- An toàn và an ninh được nâng cao.
- Tác động tới môi trường được giảm thiểu và “khả năng thích nghi” được nâng cao, đặc biệt là trong các trung tâm thành phố đông đúc.

Hệ thống giao thông thông minh áp dụng các công nghệ tiên tiến của điện tử, viễn thông, máy tính để phát hiện phân loại và điều khiển tất cả các loại phương tiện tham gia thông qua thời gian thực. Để thu thập thông tin về giao thông, các cơ quan và tổ chức trên thế giới đã nghiên cứu và phát triển rất nhiều công nghệ nhận dạng và bóc tách thông tin của phương tiện như sử dụng camera, các loại cảm biến, thông tin từ vệ tinh,... Trong các công nghệ đó, hệ thống cảm biến vẫn rất phổ biến và đóng một vai trò quan trọng trong giao thông bởi giá thành rẻ và tính ứng dụng cao.

Các cảm biến đã được phát triển hiện nay trên thế giới có thể phát hiện được phương tiện và cung cấp các thông số như chiều rộng, chiều cao, chiều dài, vận tốc, số trực của một phương tiện tham gia. Trong đó thông số vận tốc của phương tiện còn được sử dụng như là điều kiện cảnh báo các lái xe khi vượt quá tốc độ lưu thông trên làn đường. Việc phát hiện vận tốc giúp các cơ quan chức năng phát hiện các phương tiện vi phạm và xử lý, điều này góp phần làm giảm vấn đề tai nạn giao thông đã nêu trên. Các sản phẩm dùng để đo vận tốc hiện nay được phổ biến tại các quốc gia là các súng bắn tốc độ sử dụng tia laser. Nhược điểm của sản phẩm này là giá thành cao và cần có người đứng ngắm mục tiêu di chuyển, điều này khiến sản phẩm khó có thể áp dụng trong các hệ thống như hệ thống thu phí tự động. Trong khi đó các cảm biến chuyển động, siêu âm,... với giá thành rẻ được các nhà sản xuất giới thiệu trong thời gian gần đây có thể thực hiện công việc đo đạc các thông số trên. Chính điều này đã thôi thúc nhóm nghiên cứu xây dựng và phát triển các phương pháp đo đạc chiều dài, chiều rộng, chiều cao và vận tốc phương tiện sử dụng hệ thống cảm biến.

MỤC TIÊU ĐỒ ÁN

Mục tiêu đồ án là thiết kế một sản phẩm hoàn chỉnh có chức năng đo được vận tốc và chiều dài của phương tiện trong bán kính tầm nhìn thẳng 8(m), khoảng vận tốc di chuyển từ 5(km/h) - 40(km/h). Thiết kế một modun các cảm biến có chức năng đo được chiều cao của phương tiện khi đi qua trạm thu phí. Đồng thời, xây dựng phương pháp xác định chiều rộng phương tiện giao thông.

Đồ án sẽ trình bày việc nghiên cứu các vấn đề sau:

Xây dựng modun cảm biến siêu âm và phương pháp thu thập các thông tin về chiều rộng và chiều cao của phương tiện tham gia giao thông.

- Xử lý tín hiệu đầu ra của cảm biến siêu âm: Tín hiệu đầu ra của cảm biến siêu âm là một xung vuông có biên độ điện áp 5(V). Tín hiệu này biểu diễn khoảng cách từ cảm biến đến phương tiện dịch chuyển.
- Xây dựng thuật toán xác định chiều cao và chiều rộng của phương tiện dịch chuyển trong thời gian thực và gửi về trung tâm xử lý (máy tính nhúng).

Xây dựng modun cảm biến chuyển động thu thập các thông tin về chiều dài và vận tốc của phương tiện.

- Xử lý tín hiệu đầu ra của các cảm biến chuyển động: Tín hiệu đầu ra của cảm biến chuyển động là một sóng có điện thế thấp, tần số dịch Doppler tương ứng với sự di chuyển vào hoặc xa dần của vật thể được theo dõi. Tín hiệu này cần được khêch đại trước khi đi vào vi điều khiển. Khối xử lý tín hiệu cần chọn được một hệ số khêch đại và băng thông hợp lý để tránh các nguồn nhiễu từ môi trường ngoài.
- Thuật toán để lấy các thông tin về chiều dài và vận tốc của phương tiện: Việc đo lường sự di chuyển của phương tiện gây nhiều khó khăn cho các nhà phát triển do các phương tiện di chuyển nhanh với mật độ cao trên các tuyến đường, đặc biệt trên quốc lộ. Chính bởi khó khăn này nên việc ứng dụng của các cảm biến chuyển động chủ yếu trong các sản phẩm phát hiện người ra vào một khu vực kín nào đó hơn là đo vận tốc của vật di chuyển. Trong mục (3.3) Chương 3 đã đưa ra phương pháp đo lường này.
- Thiết kế một modun sử dụng cảm biến chuyển động để phát hiện phương tiện di chuyển đồng thời đo đạc các thông tin về vận tốc, chiều dài để gửi về trung tâm xử lý.

Chương 1

Tổng quan hệ thống ITS và các phương pháp tính toán vận tốc và kích thước phương tiện giao thông

1.1. Tổng quan hệ thống giao thông thông minh ITS

Giao thông, và các hệ thống liên kết ITS, bao gồm 3 bộ phận hợp thành sau:

Cơ sở hạ tầng – cả trên và dưới bề mặt (như là hệ thống tín hiệu giao thông, liên lạc, điện toán, trạm thu phí, cảm biến);

Phương tiện – các loại phương tiện, đặc trưng an toàn, mức độ sử dụng điện tử và điện toán tiên tiến;

Yếu tố con người – các hành vi, sở thích và việc sử dụng các loại hình giao thông và những quy tắc bắt buộc.

ITS cung cấp các nhóm dịch vụ ưu tiên cho người sử dụng như sau:

Nhóm dịch vụ thông tin hành khách

- Thông tin thời gian thực đa chức năng

Mục đích: Trợ giúp du khách đưa ra những lựa chọn thông minh và làm cho giao thông công cộng đáng để chọn hơn. Ví dụ: Hồng Kông, Brisbane, London và Berlin.

Nguyên lý làm việc: Thông tin từ nhiều hệ thống giao thông công cộng được trao đổi với nhau. Chia sẻ lộ trình và thời gian được sử dụng để lên kế hoạch cho các chuyến đi qua nhiều

loại hình vận tải. Thông tin thời gian thực được chia sẻ ở các điểm kết nối và được hiển thị cho hành khách. Mỗi hệ thống có thể thu thập thông tin khác nhau bằng các công nghệ khác nhau nhưng thông tin được chia sẻ theo một phương thức chung.

- Thông tin thời gian thực

Mục đích: Thông tin hành khách thời gian thực được thiết kế để tăng mức sử dụng giao thông công cộng bằng cách tăng sự tin cậy của dịch vụ và xóa bỏ hoài nghi về các dịch vụ tiếp theo. Ví dụ: Singapore, Brisbane, Strasbourg, London và nhiều thành phố khác.

Nguyên lí làm việc: Xe bus sử dụng Global Positioning System (GPS) và đồng hồ công tơ mét để xác định vị trí của chúng dọc theo chuyến đi. Thông tin về vị trí được truyền trở lại một hệ thống xử lý trung tâm có sử dụng kết nối không dây ví như General Packet Radio Service (GPRS). Hệ thống trung tâm sử dụng vị trí hiện tại của xe bus và vị trí nó muốn đến và tính toán xem xe bus đó sẽ muộn bao nhiêu. Khoảng sóm hay muộn đó được sử dụng để cập nhật dự đoán lúc nào xe sẽ tới những trạm khác dọc tuyến đường. Thời gian tới nơi được hiển thị trên các tín hiệu tin nhắn thay đổi ở các trạm dừng, và có thể được gửi trực tiếp tới hành khách thông qua Short Message Services (SMS) hoặc mạng Internet. Để trợ giúp những chuyến xe bus muộn, việc đếm thời gian của tín hiệu kiểm soát giao thông có thể được điều chỉnh theo thời gian thực cho phép một chiếc xe bus có thể có thời gian đèn xanh lâu hơn.

- Hệ thống thông tin hành khách tiên tiến (Advanced Papyrological Information System (APIS))

Mục đích: Mục đích của APIS là tác động tới hành vi của người lái bằng việc cung cấp thông tin về thời gian chuyến đi theo các lựa chọn tuyến đường. Sử dụng thông tin này, người lái xe có thể tránh những nơi tắc nghẽn nặng, giảm ách tắc và giúp sử dụng hiệu quả hơn năng lực của các nhánh đường còn lại. Ví dụ: Nhật Bản, châu Âu, Mĩ, một phần của châu Á.

Nguyên lí hoạt động: Dòng phương tiện trên các nhánh đường được xác định bằng việc sử dụng những vòng kín và thăm dò các phương tiện với thiết bị đầu vào GPS (ví dụ xe bus, taxi hay là một đội phương tiện). Hồ sơ di chuyển được phát triển trong thời gian thực và lái xe được khuyên về mức độ ùn tắc trước khi họ đi vào một tuyến đường nào đó. Thông tin được hiển thị theo nhiều dạng bao gồm tín hiệu tin nhắn thay đổi bên đường, dẫn trực tiếp tới lái xe thông qua công nghệ mạng không dây hoặc là tới lái xe thông qua SMS hoặc Internet.

Nhóm dịch vụ quản lý giao thông và phương tiện

- Thu phí ùn tắc

Mục đích: Một trạm thu phí sẽ được ứng dụng trên một khu vực để giảm nhu cầu đi lại bằng phương tiện giao thông và giảm ùn tắc. Giao thông công cộng được ưu tiên sử dụng những làn đường miễn phí. Ví dụ: Stockholm, London, Singapore. Công nghệ tương tự cũng đang được sử dụng rộng rãi ở nhiều thành phố của Ý và Na Uy.

Nguyên lí làm việc: Người lái xe có ý định đi vào khu vực thu phí nào đó sẽ phải thanh toán trước một khoản phí qua điện thoại, có thể sử dụng Internet hoặc điện thoại di động và tin nhắn SMS. Khi một phương tiện đi vào và đi xung quanh khu vực ùn tắc thì biển số xe sẽ bị đọc bởi một hoặc nhiều camera. Nếu người chủ tài khoản có liên quan đến chiếc xe đó thì phải trả phí sau đó tài khoản sẽ bị ghi nợ trên mục vào. Nếu không có tiền trong tài khoản, thì việc xử phạt sẽ được ban hành.

- Trung tâm kiểm soát phương tiện trong thành phố

Mục đích: Cung cấp một nơi tập trung kiểm soát và theo dõi để quản lý hệ thống giao thông trong thành phố và giảm chi phí của tai nạn trên đường và của hệ thống phương tiện giao thông. Ví dụ: Bắc Kinh, London, Madrid, Sydney, Singapore.

Nguyên lí làm việc: Trung tâm thường được sử dụng cho việc kiểm soát tín hiệu giao thông, trung tâm kiểm soát giờ còn là một trung tâm phối hợp cho việc di chuyển của phương tiện và dữ liệu đi đường. Trung tâm có thể là nhiều cơ quan về đường bộ, giao thông, giao thông công cộng, cảnh sát, các dịch vụ khẩn cấp, tất cả sử dụng một trung tâm. Một trung tâm kiểm soát hợp nhất hoặc có thể thành lập một số trung tâm chuyên trách với dữ liệu liên kết với nhau. Một trung tâm kiểm soát hợp nhất sẽ chia sẻ dữ liệu thông tin và kiểm soát từ nhiều hệ thống GPS bao gồm hệ thống kiểm soát phương tiện được lưu trữ trong máy tính được bổ sung bởi Closed Circuit TV Cameras (CCTV), thông tin được nhận từ quần chúng trong các sự cố, hệ thống thông tin hành khách thời gian thực (Real Time Passenger Information (RTPI)), hệ thống quản lý giao thông công cộng và vận hành, APIS và camera CCTV sở hữu bởi cảnh sát, phương tiện giao thông, đường có trạm thu phí và các cơ quan khác. Nhân viên phòng kiểm soát phối hợp trường hợp khẩn cấp được yêu cầu và các dịch vụ giao thông để quản lý sự cố, dòng phương tiện và an toàn. Tín hiệu tin nhắn có thể được sử dụng cùng với sóng vô tuyến của các chương trình phát thanh truyền hình và các hình thức thông tin đại chúng khác để giữ nơi công cộng hoạt động trơn tru.

- Quản lý vận tải hàng hóa

Mục đích: Nâng cao hiệu quả vận hành của đoàn xe. Ví dụ: Anh, Mĩ, Nhật, Áo, Đức, Thụy Sĩ, và Úc.

Nguyên lí làm việc: Phương tiện xác định vị trí của chúng bằng cách sử dụng tín hiệu GPS. Những tín hiệu này được gửi lại bộ phận quản lý đội xe nơi mà vị trí của xe được hiển thị trên bản đồ. Chương trình phần mềm lập sẽ lập kế hoạch tuyến đi, cho phép chiếc xe tải được đi lệch hướng với công việc bổ sung bằng những hướng dẫn điện tử được gửi lại người lái xe. Lịch sử vị trí chi tiết có thể được lưu lại phục vụ cho những phân tích sau này.

Nhóm dịch vụ chi trả điện tử

- Thu phí điện tử

Mục đích: Thẻ thông minh được sử dụng như là một cách chi trả điện tử. Những chiếc thẻ này có thể được nạp tiền ở các điểm thanh toán (các ngân hàng, cửa hàng nhỏ) hoặc thậm chí qua Internet và sau đó sử dụng để chi trả cho hàng hóa và dịch vụ. Ví dụ: London, Bangkok, Ấn Độ.

Nguyên lí làm việc: Bằng việc kết hợp một chiếc thẻ thông minh với các chức năng khác nhau như là mua vé phương tiện công cộng hay rộng hơn là chấp nhận thanh toán thẻ. Những chiếc thẻ có thể liên hệ miễn phí cho các ứng dụng mua vé tiếp xúc và truy cập thông tin cá nhân cho các hình thức chi trả khác. Việc thực hiện chỉ diễn ra giữa thẻ và bên bán. Hệ thống thanh toán điện tử khác có thể sử dụng điện thoại di động để mua bán. Tiền mua hàng sẽ dồn lại trên hóa đơn điện thoại. Người bán hàng sẽ nhận được tiền từ công ty điện thoại.

- Trạm thu phí điện tử

Mục đích: Trạm thu phí điện tử (Electronic Toll Collection (ETC)) cung cấp sự tiện lợi hơn cho việc thanh toán, yêu cầu dừng lại ít hơn, giảm chi phí vận hành hệ thống trạm thu phí và hạn chế ít nhất việc dò rỉ lợi nhuận do tham nhũng khi so sánh với hệ thống thu phí thông thường. Ví dụ: CityLink, Melbourne, đường cao tốc ở Malaysia, và các đường thu phí ở Brasil.

Nguyên lí làm việc: Nhiều hệ thống sử dụng thẻ điện tử (thẻ ghi) được thiết kế cho thông tin chuyên dụng trong khoảng cách ngắn (Dedicated Short Range Communications (DSRC)). Người lái xe phải trả trước bằng tài khoản còn giá trị hoặc bằng thẻ thông minh hoặc là ở hệ thống trung tâm. Khi một chiếc xe đi dọc một con đường thì tấm thẻ được đọc bởi khung

dàn đọc thẻ. Tấm thẻ mà quá hạn thì hệ thống sẽ ghi nợ vào tài khoản cá nhân cho quãng đường đã đi vào thời gian đó trong ngày. Những hệ thống khác sử dụng cách nhận diện số thẻ tự động (Automatic Number Plate Recognition (ANPR)) để đọc biển số xe. Số hiệu của chiếc xe được kết nối với trung tâm dữ liệu và tài khoản người sử dụng bị trừ đi. Mức giá sẽ phụ thuộc vào khoảng thời gian trong ngày. Nếu không có tiền trong tài khoản hoặc không có tấm thẻ nào phù hợp hoặc không có số đăng ký, thì camera sẽ nhận diện và đọc biển số xe và một giấy phạt sẽ được gửi đến.

Nhóm dịch vụ an toàn và an ninh

- Hệ thống kiểm soát an toàn

Mục đích: Hệ thống kiểm soát an toàn được thiết kế để giảm số tai nạn thông qua việc cảnh báo lái xe về điều kiện của đường. Ví dụ: châu Âu, Nhật Bản, Trung Quốc, và Mĩ.

Nguyên lí làm việc: Hệ thống sử dụng một loạt cảm biến được đặt bên đường để xác định điều kiện môi trường. Các dữ liệu cảm biến được thông tin tới thiết bị xử lý trung tâm và thường là sử dụng mạng thông tin không dây. Hệ thống trung tâm sẽ quyết định việc gửi cảnh báo, làn xe nào tiếp tục được sử dụng hay tốc độ giới hạn là bao nhiêu. CCTV camera được sử dụng để buộc người lái xe phải tuân theo giới hạn tốc độ và giúp việc xác nhận điều kiện giao thông và môi trường. Các thiết bị giám sát gió, tuyết, sương mù và chuyển động của phương tiện. Sau đó, hệ thống trung tâm sẽ thiết lập vận tốc đi trên đường thích hợp với các điều kiện môi trường thu thập được. Tín hiệu thay đổi tốc độ hiển thị tốc độ hiện tại và camera tốc độ tự động điều chỉnh để bắt buộc người lái phải tuân theo tốc độ được hiển thị đó.

- Hệ thống camera giám sát (CCTV) tại các trạm xe bus và tàu hỏa

Mục đích: Tập trung kiểm soát các trạm xe bus và sân ga (và các khu vực công cộng khác) để có thể trợ giúp và phản ứng lại các trường hợp khẩn cấp nếu cần. Rất hữu ích khi không có nhân viên nào ở trạm xe bus hay sân ga. Ví dụ: châu Âu, Trung Quốc, Mĩ, Úc, Malaysia, Thái Lan, Hồng Kong, Singapore.

Nguyên lí làm việc: Nhân viên phòng điều khiển trung tâm sử dụng hệ thống camera và các thiết bị liên lạc tiên tiến để giám sát các khu vực công cộng. Nhân viên trung tâm kiểm soát liên lạc với cảnh sát và các dịch vụ khẩn cấp thông qua các thiết bị tiên tiến. Nhân viên phòng điều khiển có thể đưa ra thông báo và hỏi nếu hành khách cần trợ giúp. Thông thường,

một chiếc điện thoại khẩn cấp được cung cấp để giúp hành khách có thể thực yêu cầu trợ giúp.

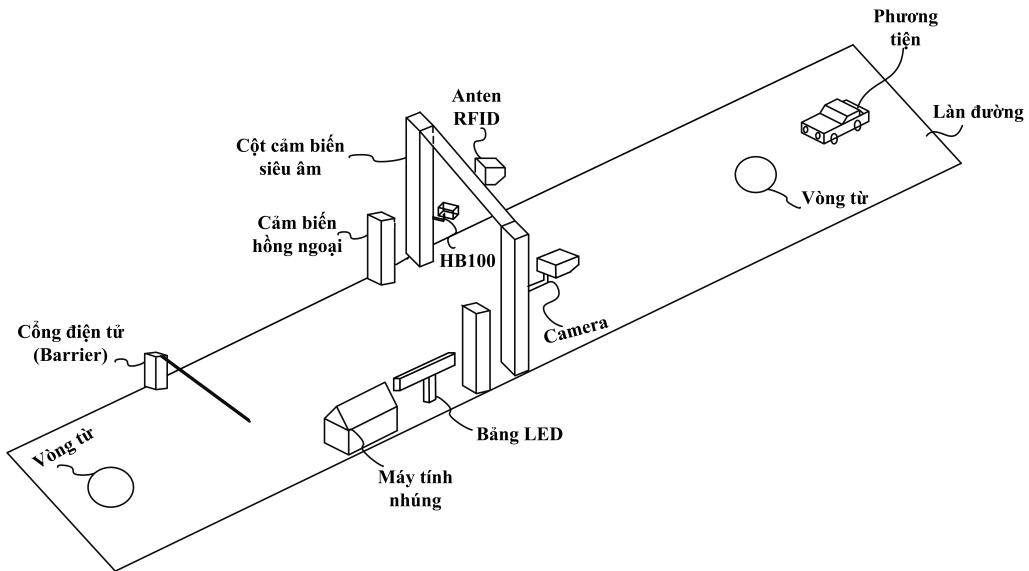
Mặc dù hệ thống giao thông thông minh đã được nghiên cứu và sử dụng trên toàn thế giới cách đây hai thập kỉ, việc áp dụng ITS tại Việt Nam mới chỉ được thực hiện trong vài năm gần đây. Ví dụ năm 2013 là năm đầu tiên nước ta sử dụng hệ thống thu phí điện tử trên tuyến đường cao tốc Cầu Giẽ-Ninh Bình được xây dựng bởi tổng công ty "Đầu tư phát triển đường cao tốc Việt Nam" [1]. Tuy cải thiện không nhỏ chất lượng dịch vụ giao thông, nhưng số vốn đầu tư để mua các công nghệ nước ngoài là không nhỏ: tính cho mỗi km đường cần tới 2 triệu *USD*. Trong đó hệ thống giám sát giao thông sử dụng mạng camera chiếm một phần lớn khoản đầu tư này.

Tháng 3 đầu năm 2014 các nhà khoa học tại trung tâm tin học và tính toán - Viện hàn lâm Khoa Học & Công Nghệ Việt Nam vừa thiết kế thành công hệ thống giám sát giao thông thông minh, rẻ hơn hệ thống giám sát bằng thiết bị nước ngoài hàng trăm tỉ đồng [2]. Đây là tín hiệu đáng mừng cho giao thông của nước nhà, tuy nhiên, các camera được sản xuất vẫn chiếm đến xấp xỉ 100 triệu đồng/chiếc, vấn đề này khiến giải pháp camera khó có thể áp dụng tại các tuyến đường có vốn đầu tư thấp nhưng vẫn cần các hệ thống giám sát phương tiện.

Với bài toán giám sát phương tiện có rất nhiều các loại cảm biến có giá thành rẻ hơn rất nhiều so với camera nhưng cũng có chức năng phát hiện phương tiện, đo đạc các thông số về chiều dài, chiều rộng, chiều cao, số trực và tốc độ phương tiện. Sử dụng các phương án này trong hệ thống giao thông thông minh tại các vùng chuyên biệt có thể gây sự không thống nhất trong toàn cục giao thông Việt Nam nhưng lại có hiệu quả kinh tế rất cao. Vấn đề này cần được các nhà khoa học trong nước nghiên cứu sâu hơn để mang lại sự đa dạng cho công nghệ giao thông thông minh tại Việt Nam.

Hệ thống thu phí điện tử, một trong những nhóm dịch vụ của hệ thống giao thông thông minh ITS, được các thành viên tại phòng nghiên cứu "Wireless Communications" xây dựng ứng dụng cho các tuyến đường giao thông Việt Nam. Sau một thời gian nghiên cứu và phát triển, hệ thống được thiết kế bao gồm 4 nhóm hạng mục chính:

- Hạng mục phát hiện và nhận dạng phương tiện.
- Hạng mục thu phí điện tử.
- Hạng mục thông báo kết quả thu phí.



Hình 1.1: Tổng quan hệ thống thu phí điện tử.

- Hạng mục xử lý sai phạm và kiểm soát lưu lượng.

Các hạng mục kể trên được mô tả chi tiết trong Hình 1.1.

Trong hệ thống thu phí điện tử,

Hạng mục phát hiện và nhận dạng phương tiện

- Thiết bị vòng từ phát hiện phương tiện (Inductive Loop Detector): Cảm biến vòng từ là một thiết bị thụ động cho thấy sự hiện diện của một đối tượng kim loại bằng cách nhận ra sự nhiễu loạn của từ trường được tạo ra bởi đối tượng. Thiết bị vòng từ phát hiện phương tiện vào trạm được đặt ở đầu vào và đầu ra trạm thu phí, có chức năng phát hiện phương tiện đi vào và đi ra khỏi trạm.
- Cảm biến hồng ngoại: Là một modun đã được xây dựng và có thể ứng dụng trong hệ thống thu phí điện tử với nhiệm vụ phát hiện và phân loại phương tiện dựa vào số trực.
- Hệ thống cảm biến siêu âm: Được bố trí tại cột đặt đầu đọc thẻ Radio Frequency Identification (RFID) nhằm mục đích thu thập thông tin về chiều cao của phương tiện và gửi về trung tâm xử lý trong thời gian thực.
- Cảm biến chuyển động HB100: Có nhiệm vụ thu thập thông tin về chiều cao và vận tốc phương tiện gửi về trung tâm xử lý nhằm mục đích phân loại xe và cảnh báo các phương tiện vi phạm lỗi tốc độ.

Hạng mục thu phí điện tử

- Đầu đọc thẻ RFID (RFID Reader): Đây là thiết bị có chức năng nhận biết thông tin phương tiện để tiến hành thanh toán điện tử. Đầu đọc sẽ đọc thông tin từ thẻ gắn trên phương tiện và thông báo cho máy tính nhúng tại trạm để xử lý. Đầu đọc giao tiếp với thẻ qua công nghệ RFID (công nghệ nhận dạng sử dụng sóng Radio).
- Máy tính nhúng: Đây là thiết bị nhận các tín hiệu từ cảm biến, thông tin từ đầu đọc, ảnh từ camera, xử lý và đưa ra những quyết định điều khiển các thiết bị điện tử khác.

Hạng mục thông báo kết quả thu phí

- RSU – OBU: Road Side Unit (RSU) là thiết bị phản hồi thông tin thu phí đặt tại trạm. Thiết bị này sẽ truyền thông tin thu phí bao gồm mức phí, biển số xe ... về cho một thiết bị thu đặt trên xe gọi là On Board Unit (OBU). OBU có chức năng thu và bóc tách, hiển thị thông tin thu phí lên báo cho lái xe biết.
- Bảng Led (Led Panel): Bảng Led được đặt trong trạm thu phí, để hiển thị thông tin thu phí một cách trực tiếp tại trạm.

Hạng mục xử lý sai phạm và kiểm soát lưu lượng

- Barrier: Có chức năng đóng thanh chắn khi xe không hợp lệ đi đến và mở thanh chắn khi phương tiện đã thanh toán xong.

Ngoài các hạng mục chính kể trên, hệ thống còn sử dụng "Giao thức Controller Area Network (CAN)" để kết nối các thiết bị phần cứng với nhau và đưa về trung tâm xử lý (máy tính nhúng). CAN là giao thức giao tiếp nối tiếp hỗ trợ mạnh cho những hệ thống điều khiển thời gian thực phân bố (Distributed Realtime Control System) với độ ổn định, bảo mật và đặc biệt chống nhiễu cực kỳ tốt.

Hoạt động của hệ thống thu phí tự động được mô tả như sau:

Khi phương tiện bắt đầu di chuyển tới trạm thu phí, cảm biến vòng từ sẽ gửi tín hiệu phát hiện xe tới kích đầu đọc thẻ RFID thu nhận mã thẻ được gắn trên xe. Đồng thời, tín hiệu này được gửi về máy tính nhúng để kích hoạt camera chụp ảnh bóc táck biển số và mở barrie cho phép xe đi qua nếu xe đó là hợp lệ. Đầu đọc được định thời dừng sau một khoảng thời gian xác định trước.

Sau khi tiến hành thu phí phương tiện, thông tin thu phí được hiển thị trên bảng LED và OBU đặt trên xe giúp cho người tham gia giao thông quan sát quá trình thu phí.

Hệ thống cảm biến có nhiệm vụ trả về các thông số về chiều dài, chiều cao và vận tốc phương tiện cho trung tâm xử lý. Căn cứ vào các thông số về chiều dài, chiều cao này, máy tính nhúng so sánh với thông tin của phương tiện được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và phát ra cảnh báo khi có sai phạm. Ví dụ, xe tải mà đăng ký là xe con thì máy tính nhúng sẽ cảnh báo không hợp lệ. Thông tin về vận tốc sẽ được sử dụng để phát hiện những phương tiện vượt quá khoảng vận tốc cho phép.

Nếu phương tiện không hợp lệ, barrie sẽ đóng xuống không cho xe đó qua trạm. Qua đó, giúp cho người quản lý dễ dàng xử lý phương tiện.

Phương tiện được phát hiện là đã ra khỏi trạm thu phí khi cảm biến vòng từ phát hiện xe ra gửi tín hiệu cho máy tính nhúng. Máy tính nhúng sẽ đóng barrie, tắt bảng LED và kết thúc phiên giao dịch với phương tiện đó.

1.2. Các phương pháp nhận dạng và phân loại phương tiện

Ngoài sử dụng camera để nhận dạng phương tiện, các nhà khoa học trên thế giới đã sử dụng rất nhiều các giải pháp để đo đạc các thông số của phương tiện tham gia giao thông. Các công nghệ cảm biến nhận dạng hiện nay có thể phân loại vào trong các nhóm như sau:

- Nhóm cảm biến phát hiện xe: để phát hiện xe có thể sử dụng rất nhiều các loại cảm biến như hồng ngoại, cảm biến áp suất,... Tuy nhiên trong bài toán phát hiện xe vòng từ là phương án phổ biến nhất cho các nhà thiết kế giao thông bởi tính chính xác cao và cũng một phần do là phương án thay thế mới được nghiên cứu gần đây [10] [13]. Nguyên lý của hệ thống vòng từ căn cứ vào sự giảm độ tự cảm vòng từ khi có vật thể kim loại đi qua giúp hệ thống nhận biết được xe chính xác [4] [14]. Phương tiện sẽ được phát hiện bởi sự thay đổi này.
- Nhóm cảm biến tính chiều cao, chiều rộng xe: Để đo chiều cao của xe cảm biến siêu âm được sử dụng và bố trí trên cao của làn đường. Tính toán thời gian di chuyển của sóng âm thanh di chuyển đến phương tiện và phản xạ lại, cảm biến tính ra được khoảng cách từ nó đến phương tiện bằng cách lấy vận tốc nhân với thời gian. Sau đó chiều cao của phương tiện được suy ra bằng cách lấy chiều cao của cảm biến so với mặt đường trừ đi khoảng cách từ cảm biến đến phương tiện. Chiều rộng của xe được suy ra tương

tự nếu đặt hai mắt cảm biến ở hai bên đường. Một phương pháp đo chiều cao khác đó là sử dụng cảm biến sóng radar (Microwave Radar Sensor) với nguyên lý và phương pháp tương tự như cảm biến siêu âm.

- Nhóm cảm biến đo vận tốc xe, chiều dài xe: Hiện nay ngoài camera, súng bắn tốc độ (laser gun) được sử dụng để đo vận tốc của xe. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này cần có người đứng ngắm nên không phù hợp cho các hệ thống tự động. Cảm biến chuyển động sử dụng sóng radar được nghiên cứu đưa ra tần số Doppler tỉ lệ với vận tốc di chuyển của vật thể, nhưng chưa có nhiều nghiên cứu để tính toán chính xác vận tốc và chiều dài của phương tiện giao thông.
- Nhóm cảm biến nhận dạng phương tiện dựa vào số trực: Các thông số về số trực của phương tiện có thể được xác định chính xác nhờ các loại cảm biến như: cảm biến hồng ngoại, laser (được sử dụng nhiều nhất),... Theo thống kê của "Ủy ban giao thông Hoa Kỳ" (U.S Department of Transportation) có 13 loại xe được phân ra căn cứ vào số trực [17].

Như vậy, có hai nhóm nhận dạng và phân loại phương tiện chính đó là phân loại theo số trực xe và phân loại theo các kích thước của xe.

1.2.1. Ứng dụng cảm biến hồng ngoại phát hiện, phân loại xe dựa vào số trực

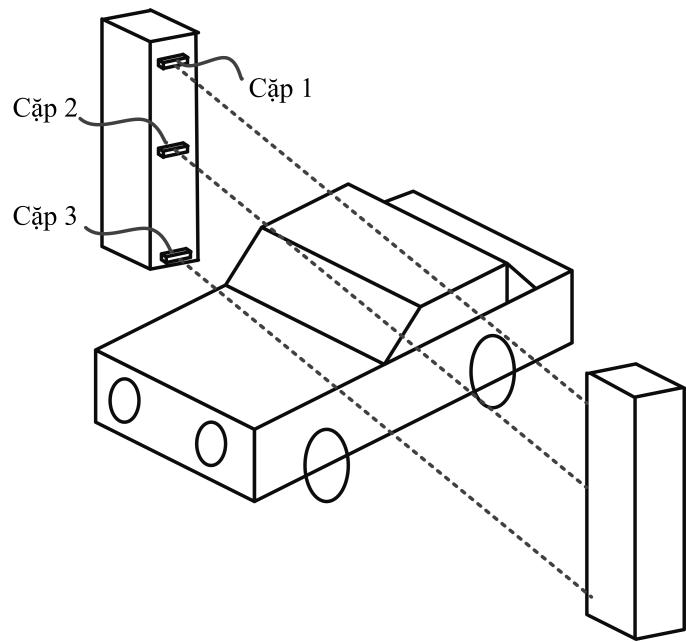
Trong hệ thống thu phí điện tử (ETC) mà nhóm triển khai, em đã ứng dụng cảm biến hồng ngoại trong việc đếm số trực phương tiện giao thông (đối tượng chủ yếu là ô tô hay các phương tiện tương tự) và đạt được kết quả khá chính xác.

Cảm biến hồng ngoại được bố trí như Hình 1.2 với một cặp mắt cảm biến được bố trí sát mặt đường nhằm mục đích đếm số trực, hai cặp cảm biến còn lại được bố trí với độ cao phù hợp để phát hiện xe đến.

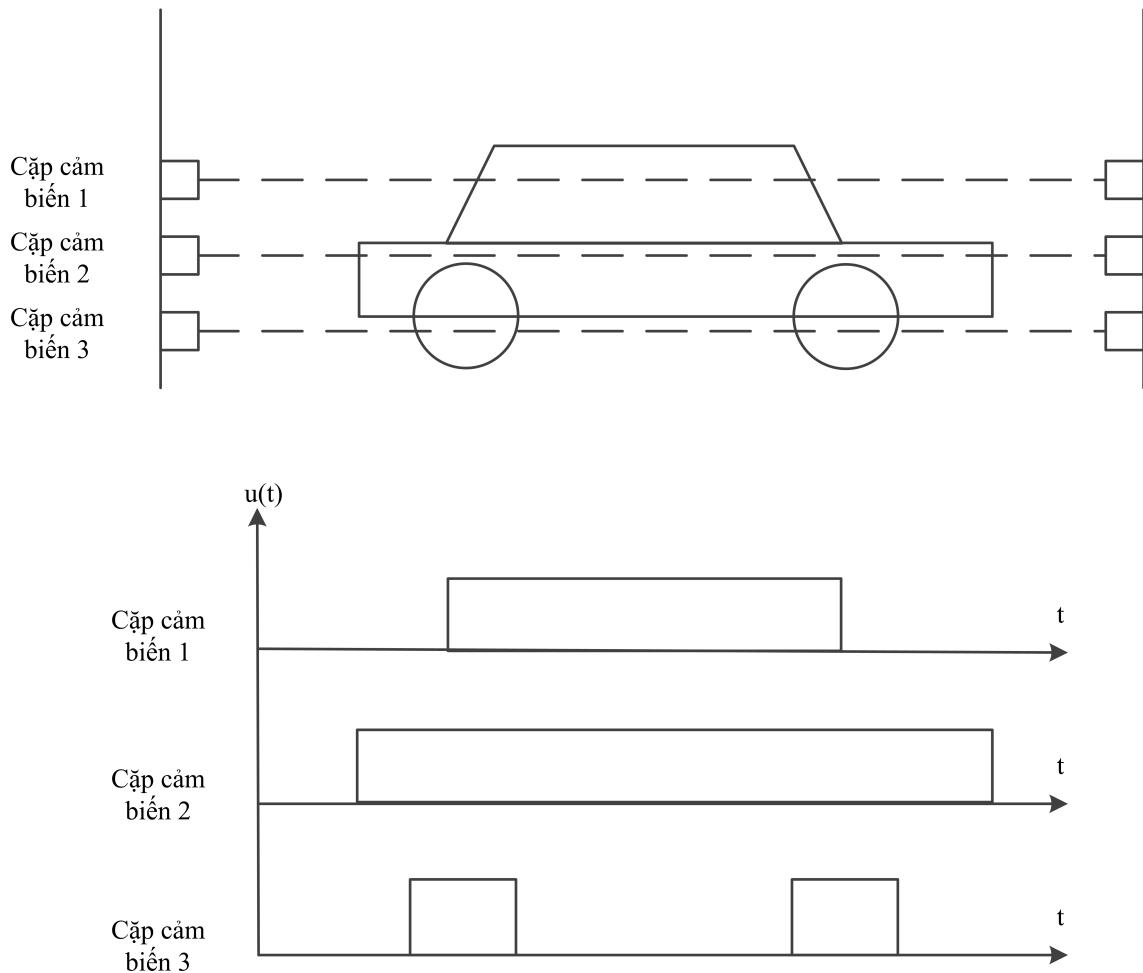
Đầu ra của cảm biến hồng ngoại được mô tả trong Hình 1.3.

Thuật toán phát hiện xe đến và phân loại xe được mô tả ở Hình 1.4.

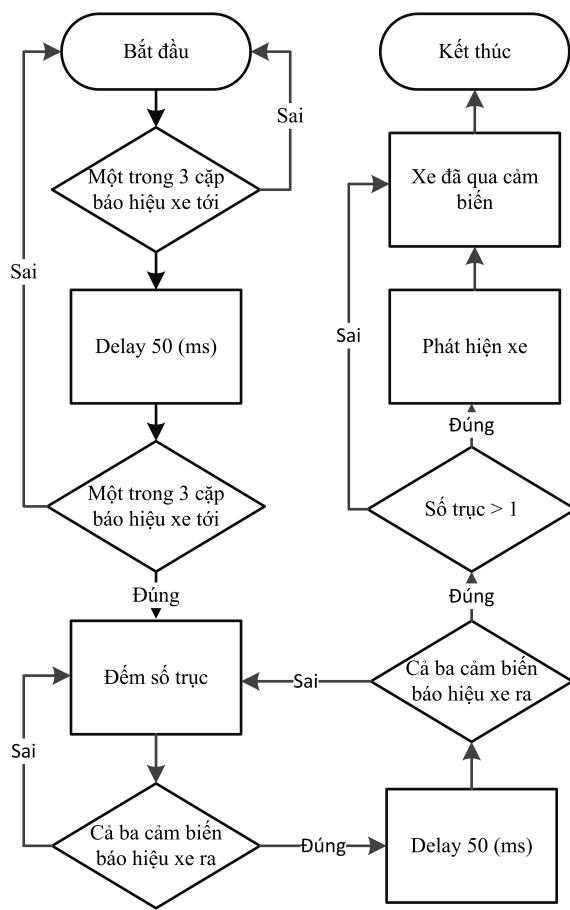
Sử dụng ngắt ngoài của vi điều khiển để đếm số trực bằng cảm biến hồng ngoại. Quá trình này được thực hiện liên tục và độc lập trong suốt thời gian phương tiện di chuyển qua cột cảm biến. Khoảng thời gian trễ 50(ms) để kiểm tra phương tiện có thực sự đến hay đi khỏi hệ thống hay không.



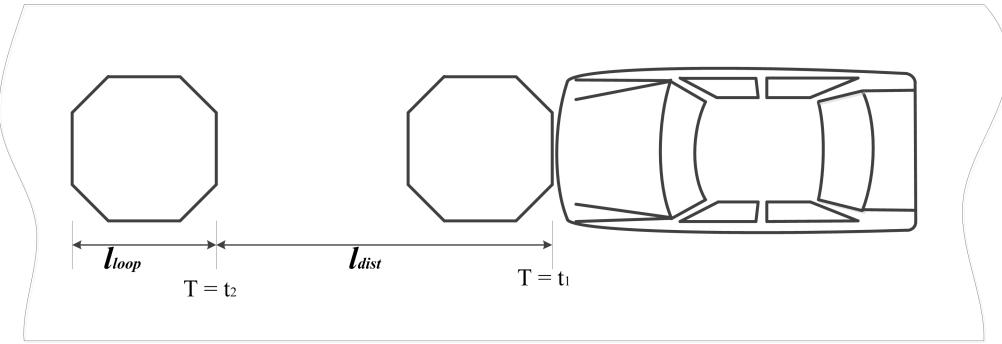
Hình 1.2: Thiết kế cảm biến vòng từ phát hiện và phân loại xe.



Hình 1.3: Đầu ra các mắt cảm biến hồng ngoại khi có phương tiện đi qua.



Hình 1.4: Thuật toán phân loại xe dựa vào số trực sử dụng cảm biến hồng ngoại.



Hình 1.5: Lắp đặt hai vòng từ để tính vận tốc và chiều dài phương tiện.

Sử dụng cảm biến hồng ngoại để đếm số trực tiếp cho kết quả khá tốt trong điều kiện trời nắng $40^{\circ}C$. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này đó là không phân biệt được người và phương tiện (các loại cảm biến từ thường tránh được sai sót này). Chùm tia phát cảm biến có độ rộng lớn có thể gây nhiễu lên các mắt cảm biến khác nên việc thiết kế bố trí các mắt cảm biến cần phải tránh được nhiễu này.

Trong đồ án này, em tìm hiểu và ứng dụng phương pháp phân loại xe căn cứ vào các kích thước của phương tiện như chiều dài, chiều cao hay chiều rộng.

1.3. Các phương pháp tính toán vận tốc và kích thước phương tiện

1.3.1. Đo chiều dài vận tốc phương tiện với hệ thống vòng từ

Hệ thống vòng từ được sử dụng chủ yếu trong kỹ thuật phát hiện xe, tuy nhiên ta có thể có được các thông tin về chiều dài và vận tốc phương tiện bởi phương pháp như sau: lắp đặt hai vòng từ liên tiếp nhau trên một hàng, khoảng cách giữa hai vòng từ được xác định trước như Hình 1.5.

Ta tính toán khoảng thời gian giữa hai lần thay đổi độ tự cảm của hai vòng từ kết hợp với khoảng cách của hai vòng từ để tính ra vận tốc và chiều dài phương tiện như các công thức:

$$Speed = \frac{l_{dist}}{t_2 - t_1} \quad (1.3.1)$$

$$L_{vehicle} = \frac{Speed(ot_1 + ot_2)}{2} \quad (1.3.2)$$

Trong đó,

l_{dist} là khoảng cách giữa hai đầu vòng từ

ot_i thời gian phương tiện trên vòng từ thứ i

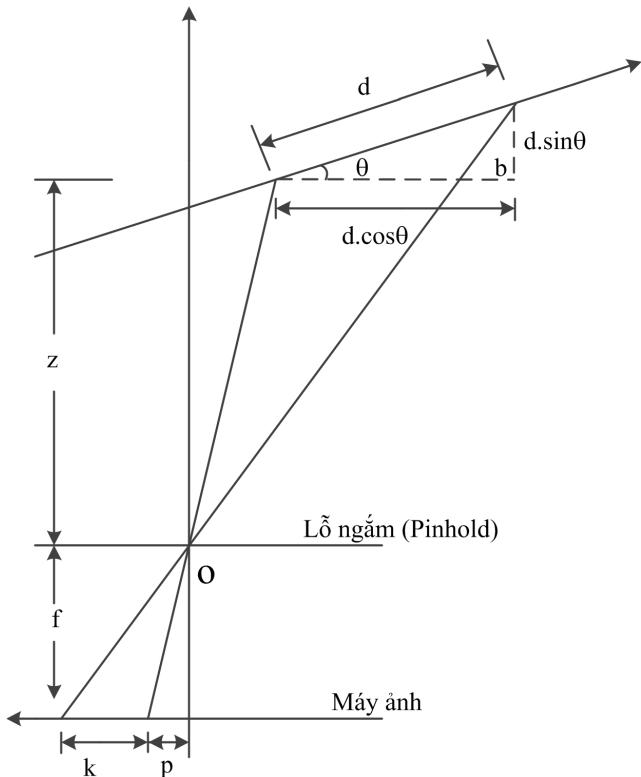
t_i thời gian phương tiện đến điểm đầu vòng từ thứ i

Ưu điểm:

- Được thiết kế linh hoạt để phù hợp nhiều loại ứng dụng.
- Công nghệ tiên tiến phát triển.
- Được nghiên cứu sâu rộng.
- Cung cấp các thông số giao thông cơ bản như mật độ lưu thông, tốc độ, chiều dài phương tiện...
- Không bị ảnh hưởng bởi thời tiết như mưa, sương và tuyết.
- Cung cấp chuẩn xác nhất số liệu lưu lượng khi được so sánh với các công nghệ thông dụng khác.

Nhược điểm:

- Yêu cầu phải được chôn dưới lòng đường khi lắp đặt dẫn đến giảm tuổi thọ mặt đường.
- Yêu cầu đóng làn đường khi lắp đặt và bảo dưỡng.
- Dây vòng từ chịu áp lực của phương tiện nên cần bảo trì thường xuyên.
- Nhiều vòng từ thường được yêu cầu để theo dõi một khu vực.
- Độ chính xác có thể bị giảm khi thiết kế yêu cầu phát hiện nhiều loại phương tiện.
- Không được sử dụng để phân loại xe dựa vào số trực.



Hình 1.6: Mô hình xử lý ảnh để tính toán vận tốc vật thể di chuyển.

1.3.2. Đo lường sự chuyển động của phương tiện sử dụng phương pháp xử lý ảnh

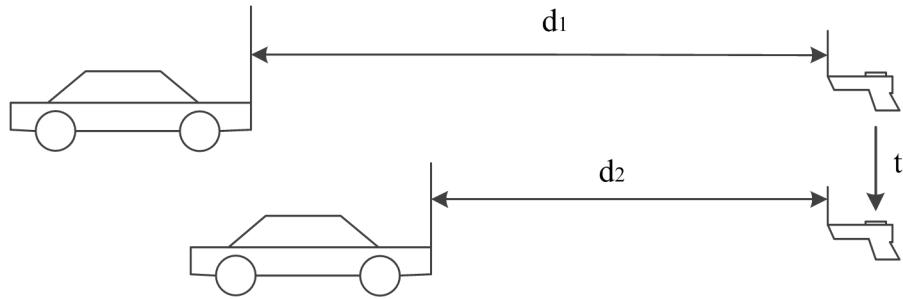
Trong phương pháp xử lý ảnh, trục của máy ảnh vuông góc với đường đi và các khung đơn kết hợp với nhau trong kho lưu trữ khung. Tốc độ được đo dựa trên sự so sánh hai khung liên tiếp bởi một kỹ thuật phù hợp để phát hiện sự dịch chuyển của phương tiện [6]. Hình 1.6 mô tả phương pháp để tính vận tốc vật thể di chuyển.

Trong đó vận tốc được tính toán theo công thức (1.3.3).

$$v = \frac{z \times k \times s_x}{T \times f \times \cos \theta} \quad (1.3.3)$$

Với v là vận tốc di chuyển của vật thể, z là khoảng cách giữa đối tượng và camera theo hướng song song với trục tung, k là vị trí dịch chuyển của đối tượng tương ứng trên camera, s_x là kích thước điểm ảnh CCD (thông số này được cho bởi nhà sản xuất), T là thời gian bắt một hình của camera, f là chiều dài tiêu cự của camera, θ là góc chuyển động của đối tượng và mặt phẳng đặt camera.

Ưu điểm:



Hình 1.7: Sử dụng súng laser để đo vận tốc phương tiện.

- Ứng dụng cho phát hiện đo đạc đa làn đường, vùng phát hiện rộng.
- Dễ dàng thêm và thay đổi khu vực phát hiện.
- Chi phí được tiết kiệm khi nhiều khu vực phát hiện nằm trong cùng một vùng phủ sóng của camera.

Nhược điểm:

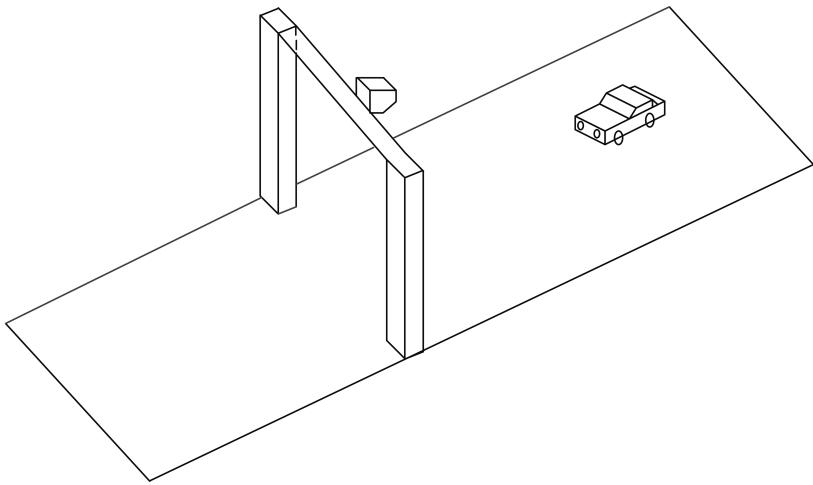
- Phải lau chùi, bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên.
- Việc đo đạc có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố của thời tiết như mưa, tuyết, sương mù, sự thay đổi từ ban ngày đến ban đêm, cự ly yêu cầu từ camera đến vật thể và vật che khuất.

1.3.3. Đo vận tốc phương tiện sử dụng súng bắn tốc độ

Súng bắn tốc độ bằng laser được sử dụng phổ biến nhất bởi cảnh sát để giám sát vận tốc của các phương tiện tham gia giao thông. Súng bắn laser sử dụng ánh sáng laser hồng ngoại để tiếp cận với mục tiêu và phản xạ lại. Súng bắn laser ước tính khoảng cách tới phương tiện bằng phương pháp tương tự như cảm biến siêu âm. Do vận tốc của tia laser là rất nhanh nên súng laser có thể đo được khoảng cách từ nó đến vật thể rất nhiều lần trong 1s. Theo dõi sự thay đổi đó súng laser sẽ tính ra được vận tốc di chuyển của vật thể. Hình 1.7 mô tả phương pháp sử dụng súng laser để đo vận tốc xe.

Vận tốc phương tiện được tính toán theo công thức (1.3.4).

$$V = \frac{d_1 - d_2}{t} \quad (1.3.4)$$



Hình 1.8: Mô hình bố trí cảm biến sóng radar.

Với V là vận tốc phương tiện, d_1 và d_2 tương ứng với khoảng cách từ súng đến vật thể trong hai lần đo, t là khoảng thời gian giữa hai lần đo.

Ưu điểm của loại cảm biến này là đo được vận tốc của vật thể tại những khoảng cách rất xa. Tuy nhiên điều này cũng là nhược điểm khi áp dụng trong các hệ thống thu phí tự động. Ngoài ra khi sử dụng súng bắn tốc độ cần có người đứng ngắm khiến cảm biến khó có thể sử dụng trong các hệ thống trên.

1.3.4. Đo lường chiều dài và chiều cao phương tiện sử dụng cảm biến sóng radar

Cảm biến sóng radar được bố trí phía trên làn đường như Hình 1.8.

Nguyên lý đo khoảng cách của cảm biến sóng radar được mô tả bởi Hình 1.9.

Trong đó vận tốc được tính toán theo công thức (1.3.5).

$$d = v \times \Delta t \times 0.5 \quad (m) \quad (1.3.5)$$

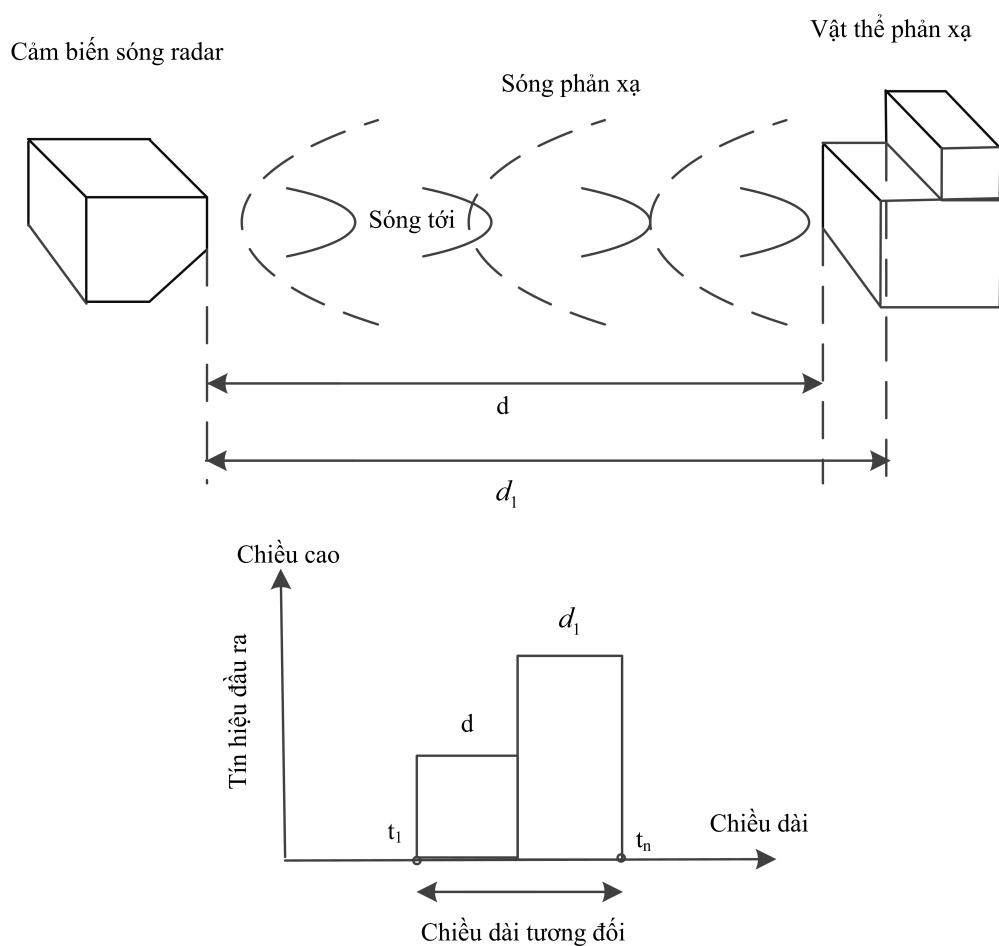
Trong đó,

d khoảng cách từ vật thể tới cảm biến (m)

v là vận tốc sóng radar (m/s)

Δt là khoảng thời gian từ thời điểm phát sóng tới lúc nhận được sóng phản xạ (s)

Do vận tốc sóng radar là rất lớn xấp xỉ sóng ánh sáng nên ta thu được chiều cao của



Hình 1.9: Nguyên lý đo khoảng cách sử dụng cảm biến sóng radar.

phương tiện khi di chuyển vào vùng phát hiện của cảm biến tại rất nhiều điểm. Đầu ra của cảm biến có thể vẽ nên một đồ thị như mô tả trong Hình 1.9. Từ chiều dài tương đối nhận được, ta đem nhân với một hệ số xác định trước để thu được chiều dài thực của vật thể.

Phương pháp này cho kết quả có độ chính xác lên tới 99% khi phân loại phương tiện theo chiều cao vào 5 nhóm trong một khảo sát 1706 phương tiện [18], thích hợp với ứng dụng trong khu đô thị nơi có mật độ dân cư lớn. Trong một bài test cụ thể của phương pháp này, việc phân loại phương tiện dựa theo chiều dài đạt độ chính xác 89% [18].

Tuy nhiên, phương pháp đòi hỏi thuật toán xử lý phức tạp và chi phí cao. Đây cũng là một modun tự chế với các thông số kỹ thuật chưa hoàn hảo với yêu cầu của nhóm thiết kế.

1.3.5. Đo chiều dài và chiều cao của phương tiện sử dụng cảm biến siêu âm

Nguyên lý xác định khoảng cách từ cảm biến siêu âm tới vật thể dịch chuyển tương tự như với cảm biến sóng radar. Điểm khác biệt ở đây là cảm biến siêu âm sử dụng sóng nằm trong băng tần thấp hơn rất nhiều và giá thành rẻ.

Trong đề tài này, em sử dụng hệ thống cảm biến siêu âm xây dựng phương pháp đo đặc chiều rộng và chiều cao của phương tiện.

1.3.6. Đo chiều dài và vận tốc của phương tiện sử dụng cảm biến chuyển động

Cảm biến phát hiện chuyển động sử dụng hiệu ứng Doppler để phát hiện và đo lường sự chuyển động của đối tượng. Một ứng dụng của cảm biến là hệ thống bảo mật trong nhà, phát hiện người vào và ra trong khu vực và hệ thống giao thông để đo lường phương tiện. Cảm biến phát hiện chuyển động gửi tín hiệu Radio Frequency (RF) tại một tần số cho trước tới đối tượng, và nếu đối tượng hoặc người đang chuyển động, tần số của tín hiệu phản xạ sẽ bị dịch một tần số Doppler [5]. Từ sự thay đổi tần số này modun cảm biến sẽ tính được vận tốc của phương tiện theo phương trình Doppler (1.3.6).

$$V = \frac{F_d \times c}{2 \times F_t \times \cos \theta} \quad (Hz) \quad (1.3.6)$$

Trong đó,

F_d là tần số Doppler (Hz)

V và vận tốc di chuyển của phương tiện (m/s)

F_t là tần số sóng truyền đi (Hz)

c là vận tốc ánh sáng (m/s)

θ là góc giữa hướng di chuyển của vật thể và trục cảm biến

Hiện nay việc ứng dụng cảm biến chuyển động để đo vận tốc phương tiện còn hạn chế bởi một phần các loại cảm biến này mới được giới thiệu trên thị trường và các ứng dụng còn chịu nhiều ảnh hưởng bởi nhiều dẫn đến kết quả không chính xác. Đề tài nghiên cứu này trình bày phương pháp tiếp cận lọc các nguồn nhiễu và đưa ra phương pháp đo cả vận tốc và chiều dài sử dụng một cảm biến chuyển động tên là HB100.

Chương 2

Thiết kế cảm biến siêu âm phát hiện và phân loại phương tiện giao thông qua trạm thu phí

2.1. Xây dựng modun cảm biến siêu âm

2.1.1. Sóng siêu âm

Sóng siêu âm là sóng dọc tức là dao động cùng chiều với chiều lan truyền sóng và có tần số lớn hơn tần số âm nghe thấy (trên $20(khz)$). Siêu âm chỉ truyền trong môi trường giãn nở (trừ chân không). Sóng âm tạo nên một sức ép làm thay đổi áp lực môi trường. Tại một vị trí nào đó trong môi trường, ở nửa chu kỳ đầu của sóng áp lực tại đó tăng, trong nửa chu kỳ sau lại giảm gây ra hiệu ứng cơ học của siêu âm. Sự chênh lệch áp suất giữa hai pha này là rất lớn, và tỷ lệ với tần số siêu âm. Một trong những đặc điểm cơ bản nhất là tần số sóng âm phụ thuộc vào bản chất của vật chất với độ rung khác nhau.

Sóng siêu âm có những tính chất sau:

- **Sự lan truyền của sóng âm - Sự suy giảm và hấp thụ:** Trong môi trường có cấu trúc đồng nhất, sóng âm lan truyền theo đường thẳng, và bị mất năng lượng dần gọi là suy giảm. Sự suy giảm theo luật nghịch đảo của bình phương khoảng cách. Vận tốc truyền sóng âm phụ thuộc vào độ cứng và tỷ trọng của môi trường vật chất xuyên qua, trong cơ thể người: mỡ $1450(m/s)$; nước $1480(m/s)$; mô mềm $1540(m/s)$; xương $4100(m/s)$ [20].

- **Sự phản xạ hay phản hồi:** Trong môi trường có cấu trúc không đồng nhất, một phần sóng âm sẽ phản hồi ở mặt phẳng thẳng góc với chùm sóng âm tạo nên âm dội hay âm vang (echo), phần còn lại sẽ lan truyền theo hướng của chùm sóng âm phát ra. Tần số cảm biến siêu âm tỷ lệ nghịch với khoảng cách phát hiện. Với tần số 50(khz) thì phạm vi hoạt động của cảm biến có thể lên tới 10(m) hoặc hơn trong khi đó với tần số 200(khz) thì phạm vi phát hiện của cảm biến chỉ giới hạn trong phạm vi 1(m) [19]. Sóng siêu âm bị phản xạ tại các đối tượng là kim loại hoặc không phải kim loại, chất lỏng, chất rắn, vật trong hoặc mờ đục (những vật có hệ số phản xạ sóng âm thanh đủ lớn). Kích thước và vật liệu của đối tượng cần phát hiện quyết định khoảng cách phát hiện lớn nhất (vật xốp < bìa các tông < kim loại) [21].
 - **Sự khúc xạ, nhiễu âm:** Khi chùm sóng đi qua mặt phẳng phân cách với một góc nhỏ, chùm âm phát ra sẽ bị thụt lùi một khoảng so với chùm âm tới còn gọi là nhiễu âm [20].

Với những đặc điểm kể trên của sóng siêu âm, rất thích hợp để ứng dụng cảm biến siêu âm trong việc đo chiều cao và chiều rộng của phương tiện.

2.1.2. Nguyên lý đo khoảng cách

Hình 2.1 biểu diễn nguyên lý đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm.

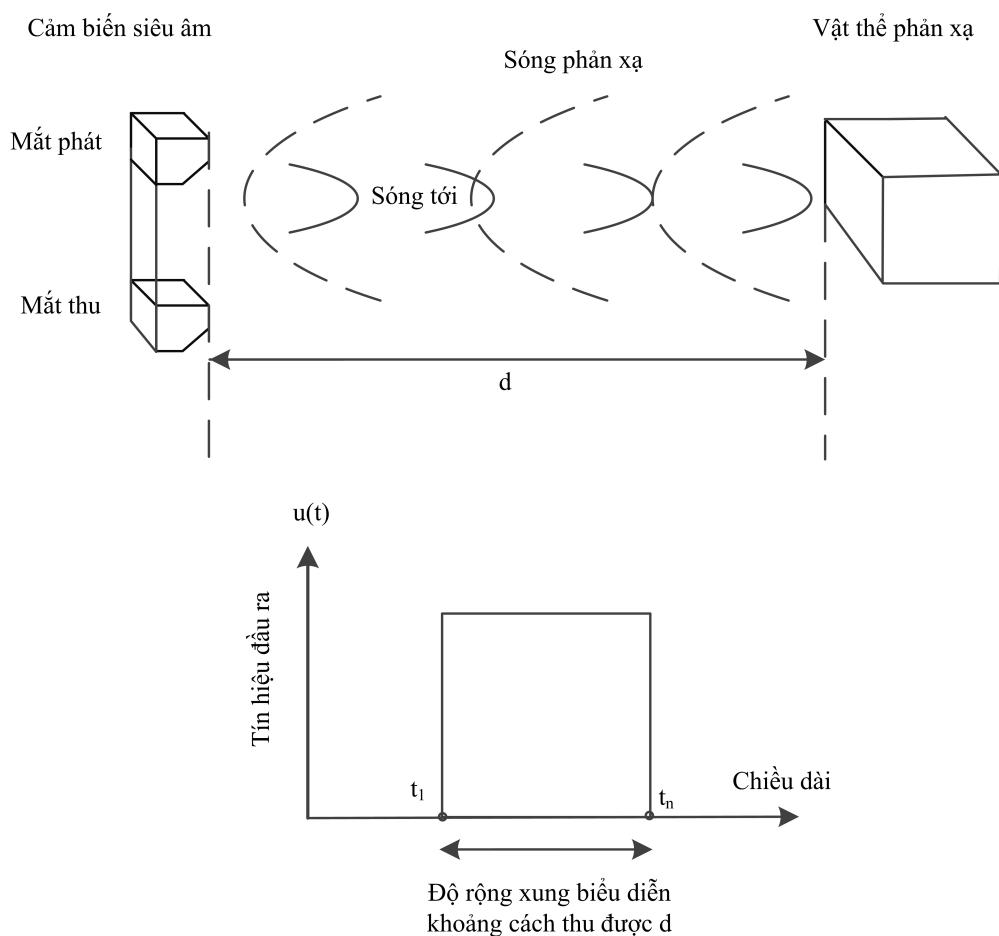
Cảm biến siêu âm thông dụng như SRF02, SRF04, SRF05, ... thường có một mắt phát sóng siêu âm và một mắt thu siêu âm. Đầu ra của cảm biến này là một xung vuông biểu diễn khoảng cách đo được từ cảm biến tới vật thể. Thời điểm t_1 , một mắt cảm biến phát sóng siêu âm đồng thời đầu ra của cảm biến được kéo lên mức điện áp cao. Sau một khoảng thời gian Δt ($\Delta t = t_n - t_1$) sóng phản xạ dội ngược lại và được thu bởi mắt cảm biến thứ hai. Cùng lúc đó cảm biến sẽ kéo đầu ra của nó xuống mức thấp báo hiệu quá trình truyền nhận kết thúc. Độ rộng xung vuông thu được chính là khoảng thời gian mà sóng siêu âm đi được quãng đường $2 \times d$. Từ đó công thức tính toán khoảng cách từ cảm biến tới vật thể được xây dựng bởi đẳng thức sau:

$$d = \frac{v \times \Delta t}{2} \quad (m) \quad (2.1.1)$$

Tại đó,

d là khoảng cách từ cảm biến siêu âm tới vật thể (m)

v là vận tốc sóng siêu âm lan truyền trong không gian tự do (m/s)



Hình 2.1: Nguyên lý đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm.

Δt là khoảng thời gian sóng siêu âm đi được quãng đường $2 \times d$ (s)

Vận tốc v của sóng siêu âm lan truyền trong không gian tự do trong điều kiện độ ẩm 0% và nhiệt độ môi trường $0^{\circ}C$ được tính toán theo công thức (2.1.2).

$$v = 331.3 + 0.606 \times T \quad (m \times s^{-1}) \quad (2.1.2)$$

Tại đó,

T là nhiệt độ môi trường ($^{\circ}C$)

Như vậy, vận tốc của sóng siêu âm trong không khí phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường. Do đó, ta xây dựng một mạch đo nhiệt độ để kết quả đo của cảm biến siêu âm được chính xác.

Tại nhiệt độ $20^{\circ}C$, áp dụng công thức (2.1.2) vận tốc sóng siêu âm thu được là:

$$v = 331.3 + 0.606 \times 20 = 334.42 \quad (m \times s^{-1})$$

Theo như bối cảnh của một hệ thống thu phí tự động thông thường, khoảng cách từ phương tiện có chiều cao $1.5(m)$ đến cảm biến đặt ở độ cao $5(m)$ so với mặt đường là $3.5(m)$. Ta dễ dàng tính được khoảng thời gian sóng bắt đầu truyền đi và nhận về Δt theo công thức (2.1.1) là:

$$\Delta t = \frac{3.5}{334.42} \simeq 0.01046(s) \simeq 10.46 \quad (ms)$$

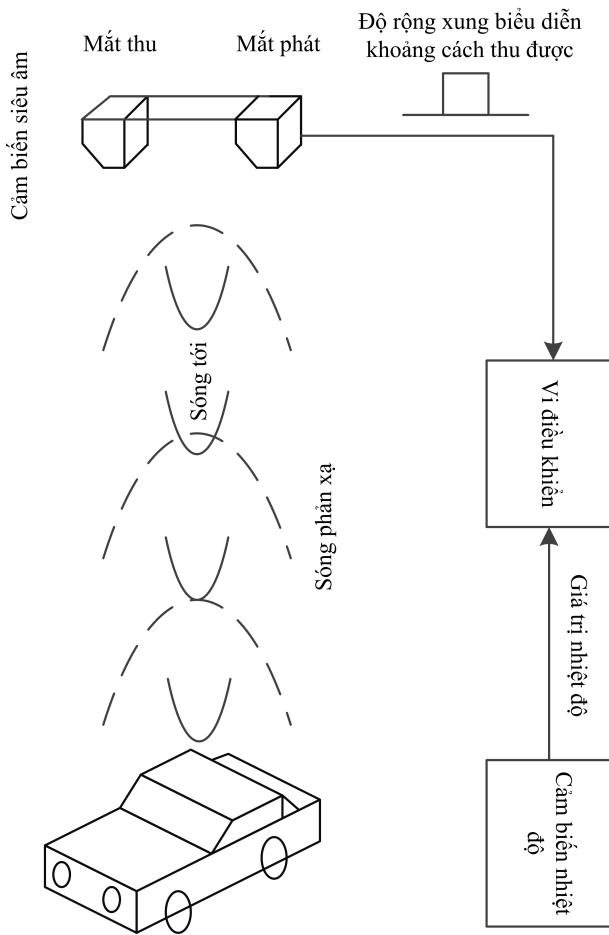
Kết quả này hoàn toàn có thể sử dụng vi điều khiển để tính toán được.

Từ các kết quả tính toán phân tích ở trên, ta có mô hình xử lý tổng quan thu thập thông tin khoảng cách từ phương tiện tới cảm biến như Hình 2.2.

2.1.3. Cảm biến siêu âm SRF05

Trong đề tài này, ta sử dụng cảm biến siêu âm SRF05 phục vụ cho mục đích lấy thông tin về chiều cao của phương tiện đồng thời để xuất giải pháp xác định chiều rộng phương tiện giao thông.

SRF05 là một bước phát triển từ SRF04, được thiết kế để làm tăng tính linh hoạt, tăng phạm vi, ngoài ra còn giảm bớt chi phí. SRF05 là hoàn toàn tương thích với SRF04 với



Hình 2.2: Sơ đồ tổng quan mạch thu thập thông tin từ cảm biến siêu âm.

khoảng cách được tăng từ 3 mét đến 4 mét. Một chế độ hoạt động mới, SRF05 cho phép sử dụng một chân duy nhất cho cả kích hoạt và phản hồi, do đó tiết kiệm giá trị trên chân điều khiển. Khi chân chế độ không kết nối, SRF05 các hoạt động riêng biệt chân kích hoạt và và chân hồi tiếp, như SRF04.

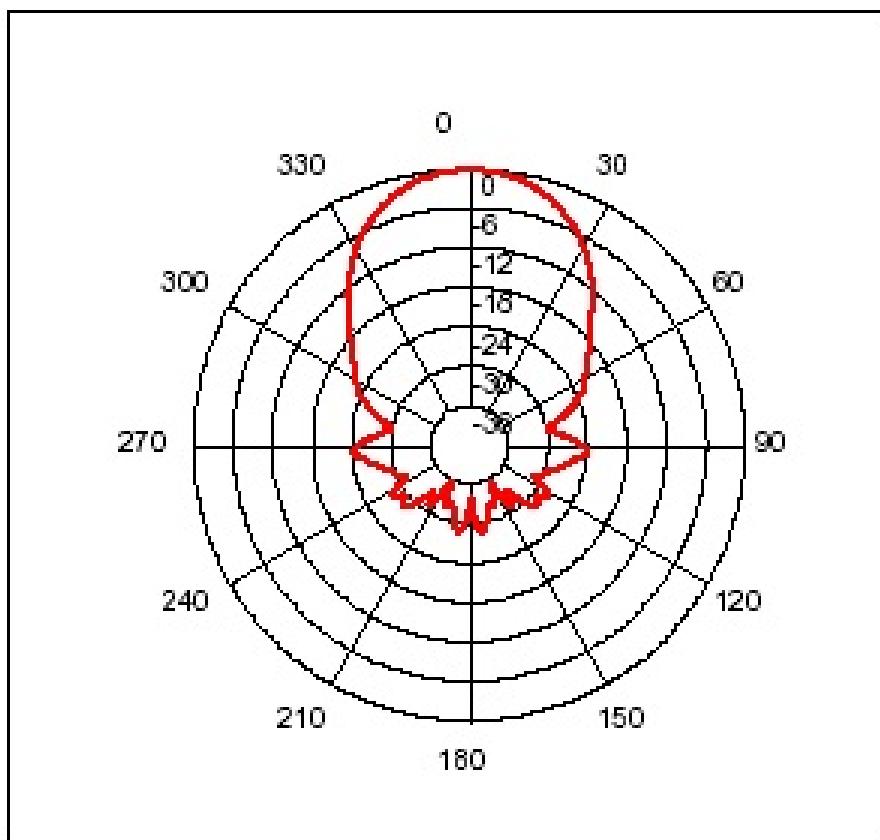
Theo cung cấp của nhà sản xuất, các thông số kỹ thuật của SRF05 bao gồm:

- Nguồn cung cấp: $5(V)$
- Nguồn dòng: Thường dùng với nguồn $30(mA)$ và có thể chịu được dòng điện tối đa $50(mA)$. Trong khi đó nguồn dòng tối đa tại đầu ra các chân của vi điều khiển là $25(mA)$ và nguồn dòng tối đa đầu vào mà vi điều khiển có thể chịu được là $200(mA)$ [24]. Do đó, ta có thể kết nối trực tiếp cảm biến siêu âm SRF05 với các chân của vi điều khiển phục vụ cho mục đích đo đặc thông số phương tiện.
- Khoảng phát hiện: $3(cm) - 4(m)$.
- Tín hiệu kích hoạt: Cảm biến siêu âm tiến hành đo đặc khoảng cách từ vật thể tới đối

tương khi được kích hoạt một xung vuông có độ rộng $10(\mu s)$ với biên độ điện áp $5(V)$.

Điều này có thể dễ dàng được thực hiện bởi vi điều khiển.

- Góc mở: 45°
- Đồ thị phương hướng bức xạ: Không có cách gì dễ dàng để giảm bớt hay thay đổi chiều rộng của chùm tia. Chùm tia của SRF05 có dạng hình nón với độ rộng của chùm là một hàm của diện tích mặt của cảm biến và là cố định. Chùm tia của cảm biến được sử dụng trên SRF05, lấy từ bản dữ liệu nhà sản xuất, sẽ được biểu diễn ở Hình 2.3.

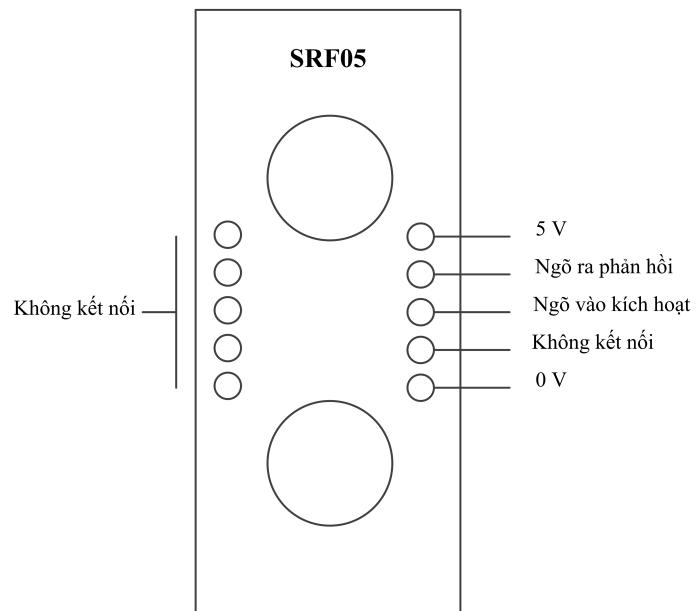


Hình 2.3: Đồ thị phương hướng bức xạ cảm biến siêu âm SRF05.

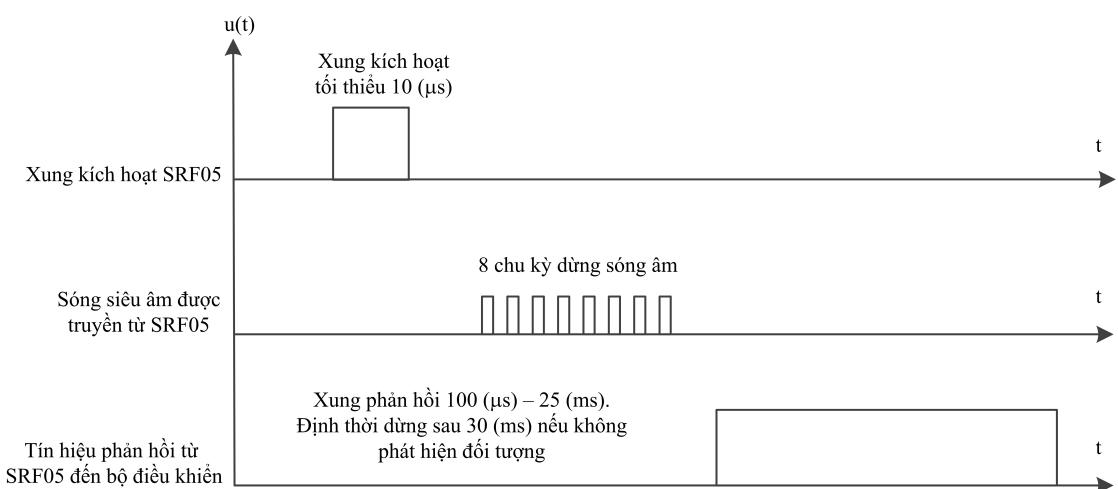
Cảm biến siêu âm có hai chế độ hoạt động:

- Chế độ 1 – tương ứng SRF04 – tách biệt kích hoạt và phản hồi.

Chế độ này sử dụng riêng biệt chân kích hoạt và chân phản hồi, và là chế độ đơn giản nhất để sử dụng. Tất cả các chương trình điển hình cho SRF04 sẽ làm việc cho SRF05 ở chế độ này.



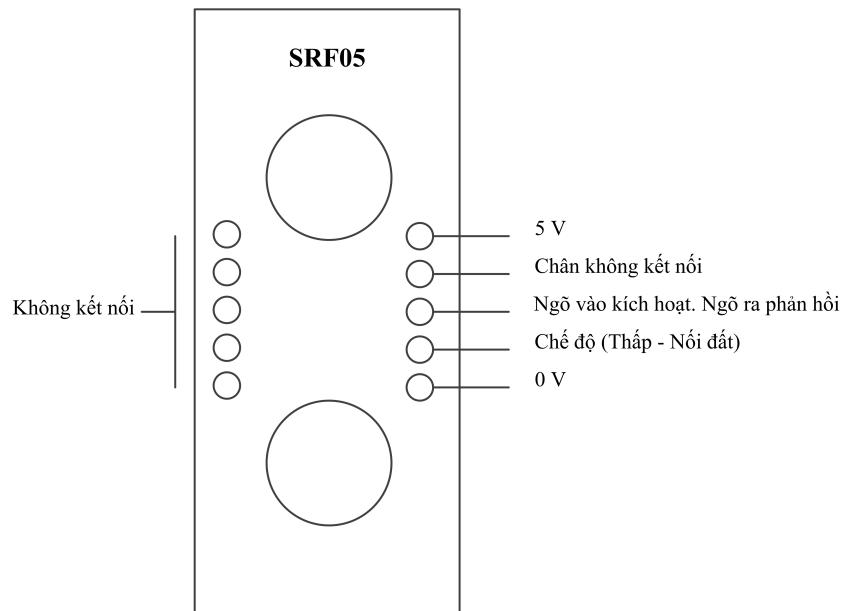
Giản đồ định thời SRF05, chế độ 1



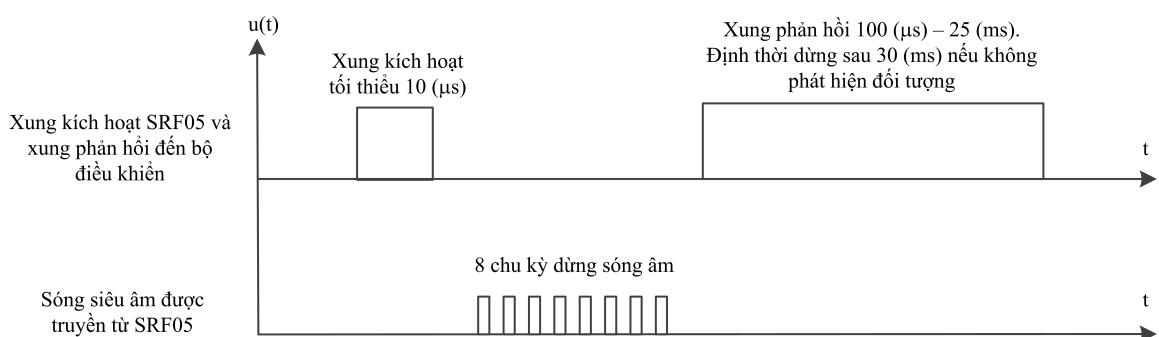
Hình 2.4: Chế độ 1 cảm biến siêu âm SRF05

- Chế độ 2 – Dùng một chân cho cả kích hoạt và phản hồi

Chế độ này sử dụng một chân duy nhất cho cả tín hiệu kích hoạt và hồi tiếp, và được thiết kế để lưu các giá trị trên chân lên bộ điều khiển nhúng. Để sử dụng chế độ này, chân chế độ kết nối vào chân mát. Tín hiệu hồi tiếp sẽ xuất hiện trên cùng một chân với tín hiệu kích hoạt. SRF05 sẽ không tăng dòng phản hồi cho đến $700\mu s$ [23] sau khi kết thúc các tín hiệu kích hoạt. Ta dễ dàng có thể thiết lập một chân của vi điều khiển để thực hiện chế độ này. Hình 2.5 sẽ mô tả chi tiết chế độ này.



Giản đồ định thời SRF05, chế độ 2



Hình 2.5: Chế độ 2 cảm biến siêu âm SRF05

Giản đồ định thời SRF05 thể hiện ở trên biểu hiện hai chế độ. Ta chỉ cần cung cấp một đoạn xung ngắn $10(\mu s)$ kích hoạt đầu vào để bắt đầu đo khoảng cách. SRF05 sẽ phát ra xung có chu kỳ 8 burst của siêu âm ở $40(khz)$ và tăng cao dòng phản hồi của nó (hoặc kích hoạt chế độ 2). Sau đó chờ phản hồi, và ngay sau khi phát hiện sóng phản xạ nó giảm dòng phản

hồi lại. Dòng phản hồi là một xung có chiều rộng là tỷ lệ với khoảng cách đến đối tượng. Bằng cách đo xung, ta hoàn toàn có thể để tính toán khoảng cách từ cảm biến đến vật thể cần đo. Nếu không phát hiện gì cả SRF05 giảm thấp hơn dòng phản hồi của nó sau khoảng $30(ms)$. SRF05 có thể được kích hoạt nhanh chóng sau mọi $50(ms)$, hoặc 20 lần mỗi giây. Ta nên chờ $50(ms)$ trước khi kích hoạt kế tiếp, ngay cả khi SRF05 phát hiện một đối tượng gần và xung phản hồi ngắn hơn. Điều này là để đảm bảo các siêu âm "beep" đã phai mờ và sẽ không gây ra sai phản hồi ở lần đo kế tiếp [23] (tránh nhiễu từ sóng siêu âm phản hồi tại lần đo trước đó).

Tùy thuộc vào mỗi nhà sản xuất mà loại cảm biến này có các đặc điểm khác nhau, do đó người thiết kế cần hiểu rõ trước khi ứng dụng cho hệ thống của mình.

2.1.4. Cảm biến nhiệt độ

Trong đồ án này, ta sử dụng cảm biến LM335 để đo nhiệt độ. Cảm biến này có một số đặc điểm cần lưu ý sau:

- Dải nhiệt độ đo được: $-44^{\circ}C - 100^{\circ}C$.
- Hoạt động chính xác ở dòng điện đầu vào: $400(\mu A) - 5(mA)$.
- Sai số ở mức nhiệt độ tối đa: $2^{\circ}C$. Sai số nhiệt độ với $25^{\circ}C$ điển hình là $1^{\circ}C$ và lớn nhất là $2^{\circ}C$.
- Trở kháng đầu ra thấp $\simeq 1(\Omega)$.
- Đầu ra của LM335 có dạng tuyến tính với độ phân giải nhiệt độ là $10mV/K$ với "K" biểu thị nhiệt độ Kelvin.

Nhận thấy $0^{\circ}C = 273K$, như vậy tại $0^{\circ}C$ LM335 sẽ xuất ra một điện áp là $2.73(V)$. Điện áp lấy mẫu cho LM335 là $5(V)$ và giá trị Analog To Digital Converter (ADC) của vi điều khiển PIC là $a-bit$ tương ứng với 2^a mức lượng tử. Mỗi mức lượng tử sẽ tương ứng với giá trị là:

$$quantum = \frac{5}{2^a} \quad (V) \quad (2.1.3)$$

LM335 thay đổi $10mV/K$ nên ứng với 1 độ "K" sẽ thay đổi số mức lượng tử là:

$$N_{quantum} = \frac{10 \times 10^{-3} \times (2^a)}{5} \quad (2.1.4)$$

Khi lấy giá trị ADC của LM335 là b mức lượng tử, nhiệt độ Kelvin tương ứng với giá trị này sẽ là:

$$Temperature(K) = \frac{b}{N_{quantum}} \quad (K) \quad (2.1.5)$$

Và điện áp ra của LM335 là:

$$Volt = \frac{b \times 5}{2^a} \quad (V) \quad (2.1.6)$$

Để quy đổi ra nhiệt độ "C" ta chỉ cần trừ kết quả thu được ở độ "K" cho 273. Khi đó công thức (2.1.5) trở thành:

$$Temperature(C) = \frac{b}{N_{quantum}} - 273 \quad (C) \quad (2.1.7)$$

Sử dụng điện áp nguồn 5(V) cấp cho LM335 mà dòng điện đầu vào phù hợp cho cảm biến theo nhà sản xuất là 400(μA) – 5(mA) [25], ta cần mắc thêm một điện trở đậm thích hợp nối tiếp với LM355 và nguồn cấp.

Trong điều kiện khí hậu miền Bắc Việt Nam, tại khu vực "Đồng Bằng Bắc Bộ", nhiệt độ chỉ dao động trong dải $4^{\circ}C – 50^{\circ}C$ do đó dải điện áp đầu vào vi điều khiển từ LM335 khi sử dụng bộ ADC – 10bit sẽ là $2.77(V) – 3.23(V)$ (áp dụng công thức (2.1.7) và công thức (2.1.6)). Khi đó điện áp rơi trên điện trở sẽ nằm trong dải $1.77(V) – 2.23(V)$. Để thỏa mãn dòng điện nằm trong dải $400(\mu A) – 5(mA)$ thì điện trở đó phải nằm trong dải $446(\Omega) – 4425(\Omega)$.

2.1.5. Vi điều khiển

Vi điều khiển được xem như một máy tính được tích hợp trên một chíp, nó thường được sử dụng để điều khiển các thiết bị điện tử. Vi điều khiển, thực chất là một hệ thống bao gồm một vi xử lý có hiệu suất đủ dùng và giá thành thấp (khác với các bộ vi xử lý đa năng dùng trong máy tính) kết hợp với các khối ngoại vi như bộ nhớ, các mô đun vào/ra, các modun biến đổi số sang tương tự và tương tự sang số,...

Có nhiều dòng vi điều khiển khác nhau như PIC, AVR, ARM, ... Đề tài này sử dụng vi điều khiển PIC là một họ vi điều khiển Reduced Instructions Set Computer (RISC) được sản xuất bởi công ty Microchip Technology. Dòng vi điều khiển này được sử dụng phổ biến trong công nghiệp và các ứng dụng nhỏ cho những người yêu thích những ứng dụng cho các hệ

thống nhúng. Với nhiều ưu điểm như giá thành thấp, nhiều ứng dụng, số lượng người dùng lớn, lập trình tuần tự (và có thể lập trình nhiều lần với bộ nhớ flash)... [16].

Đầu ra của cảm biến siêu âm được đưa vào bộ đếm của vi điều khiển. Vi điều khiển sẽ kết hợp với giá trị trả về của cảm biến nhiệt độ thông qua chân ADC để tính toán khoảng cách từ vật thể tới cảm biến phục vụ đo chiều cao và chiều rộng của vật thể theo công thức (2.1.1).

2.2. Thuật toán xác định khoảng cách từ phương tiện di chuyển đến cảm biến.

2.2.1. Xây dựng thuật toán

Đầu ra của cảm biến siêu âm là một xung vuông thể hiện thời gian mà sóng siêu âm đi được quãng đường từ vật thể tới cảm biến và ngược lại. Cảm biến siêu âm SRF05 đo được khoảng cách trong phạm vi từ $3(cm) - 4(m)$ theo các thông số kỹ thuật được trình bày ở trên. Ta dễ dàng tính được vận tốc sóng siêu âm trong không khí theo công thức (2.1.2). Đồng thời, áp dụng công thức (2.1.1), khoảng thời gian truyền sóng siêu âm theo hai chiều nằm trong khoảng sau:

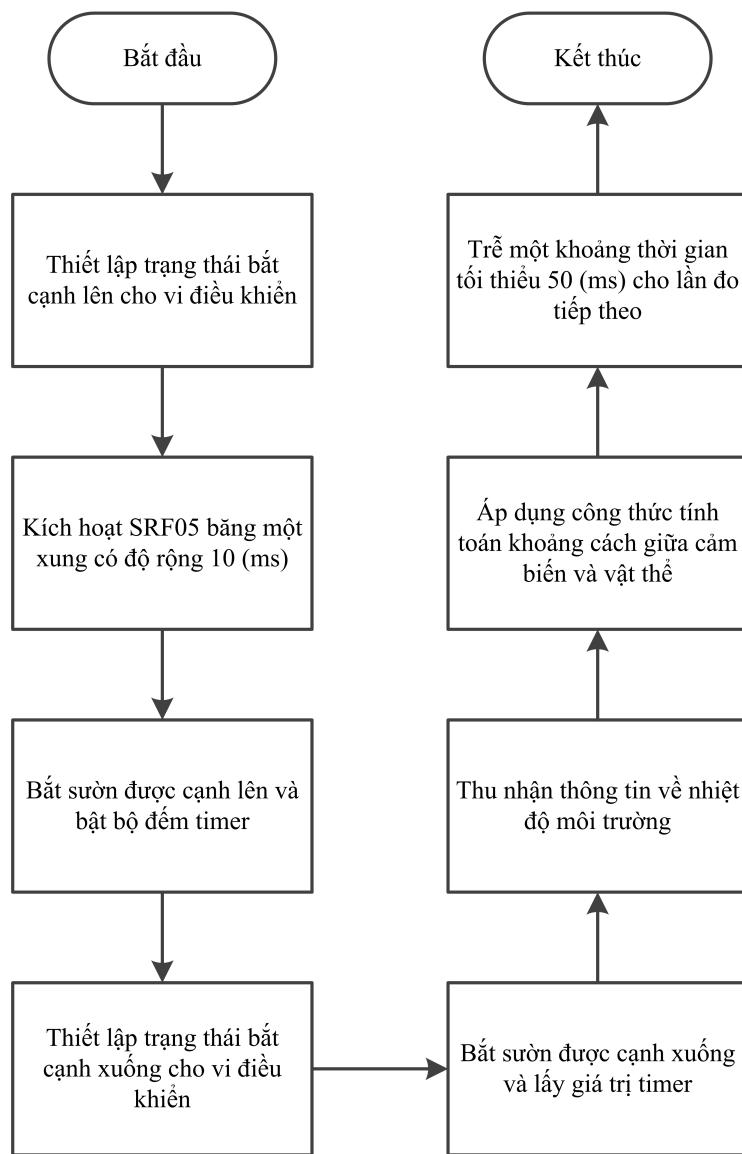
Bảng 2.1: Thời gian lan truyền với các nhiệt độ môi trường khác nhau

Nhiệt độ ($^{\circ}C$)	Vận tốc sóng (m/s)	Thời gian lan truyền (ms)
10	337.36	0.178 – 23.714
15	340.39	0.176 – 23.502
20	343.42	0.175 – 23.295
25	346.45	0.173 – 23.091
30	349.48	0.172 – 22.891
35	352.51	0.170 – 22.694

Căn cứ vào thông số về "Thời gian lan truyền" thu được tại Bảng 2.1, ta nhận thấy xung đầu ra cảm biến biểu hiện khoảng thời gian này có thể đo đạc được bởi vi điều khiển PIC với chân "Input Capture" và sử dụng "Timer1" để đếm mà không phải sử dụng đèn ngắt tràn "Timer".

Thuật toán xác định khoảng cách từ phương tiện di chuyển tới cảm biến được biểu diễn dưới Hình 2.6.

Giá trị trả về của cảm biến là một xung vuông được đưa vào đầu vào của vi điều khiển. Ta sử dụng chân "Input Capture" để bắt xung và bật "Timer" để đo độ rộng của xung này.



Hình 2.6: Lưu đồ thuật toán xác định khoảng cách từ cảm biến tới phương tiện dịch chuyển.

Giá trị bộ đếm "Timer" được tăng thêm 1 đơn vị sau một khoảng thời gian $a(\mu s)$ (phụ thuộc vào giá trị presscaler) nào đó. Độ rộng của xung biểu hiện khoảng thời gian sóng lan truyền từ cảm biến tới vật thể và dội ngược trở lại. Kết hợp nhiệt độ thu được từ cảm biến nhiệt độ, ta tính được vận tốc sóng lan truyền theo công thức (2.1.2). Từ đó, với công thức (2.1.1) ta tính được khoảng cách cần tìm.

Ví dụ, lấy được giá trị của bộ đếm "Timer" là 2000; giá trị presscaler phù hợp là 4 với vi điều khiển PIC tương ứng với giá trị đếm "Timer1" tăng thêm 1 sau $0.8(\mu s)$; vận tốc sóng siêu âm ở nhiệt độ $20^\circ C$ là $334.42(m \times s^{-1})$ thì khi đó khoảng cách đo được là:

$$d = \frac{v \times \Delta t}{2} = \frac{334.42 \times 2000 \times 0.8 \times 10^{-6}}{2} \simeq 0.268(m)$$

2.2.2. Kết quả thử nghiệm

Bảng 2.2: Kết quả thử nghiệm đo khoảng cách sử dụng cảm biến siêu âm

Khoảng cách thực (m)	Số lần đo	Sai số (m)	Ghi chú
1	10	0.03	
2	10	0.05	
3	10	0.08	
4	10	0.12	
5	10		Năm ngoài dài đo được

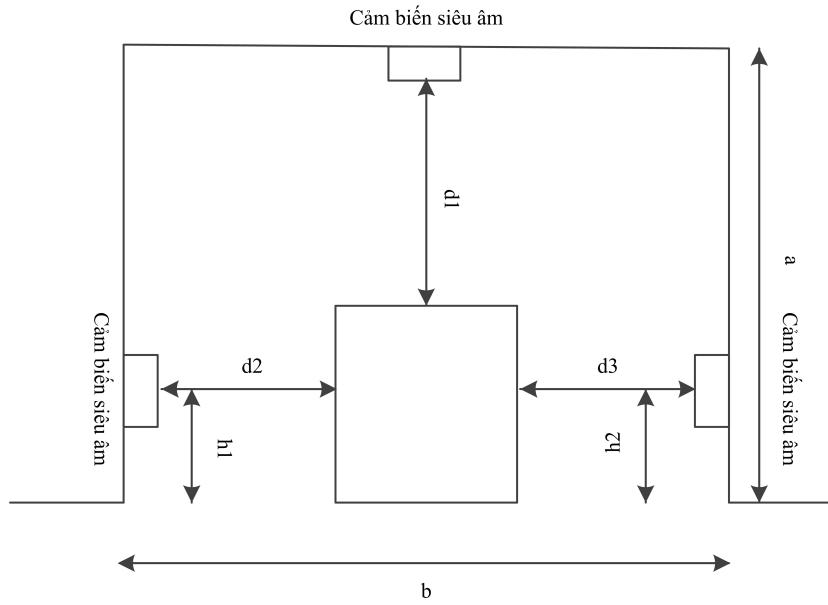
Qua kết quả thử nghiệm thể hiện trong Bảng 2.2, có thể thấy sai số đo được tỉ lệ thuận với khoảng cách cần đo như vậy ta có thể lập phương trình để tính toán giảm thiểu sai số.

2.3. Bố trí hệ thống cảm biến siêu âm và xây dựng thuật toán xác định chiều rộng và chiều cao

2.3.1. Bố trí cảm biến siêu âm trong hệ thống giao thông thông minh

Để đo chiều rộng, cảm biến siêu âm được bố trí hai bên như trong Hình 2.7. Để đo chiều cao, cảm biến siêu âm được bố trí trên cao.

Hình 2.7 biểu diễn cách bố trí cảm biến siêu âm tại cột cảm biến trong hệ thống giao thông thông minh được mô tả tại Hình 1.1. Ở đó, cột cảm biến có chiều cao $a(m) \leq 5(m)$, làn đường rộng $b(m)$, chiều cao của hai cảm biến siêu âm đo chiều rộng được bố trí ở độ cao



Hình 2.7: Sơ đồ bố trí hệ thống cảm biến siêu âm.

lần lượt là $h1(m)$ và $h2(m)$. Khoảng cách mà cảm biến chiều cao được là $d1(m)$ và khoảng cách mà hai cảm biến chiều rộng đo được lần lượt là $d2(m)$, $d3(m)$.

Với $a \leq 5$ và chiều cao tối thiểu của ô tô thường là $1.5(m)$ khoảng cách xa nhất mà cảm biến phải đo khi có phương tiện là $3.5(m)$. Cự ly này hoàn toàn có thể được phát hiện bởi SRF05.

Nếu có được các thông số kể trên, ta dễ dàng tính được các thông số xe theo công thức sau:

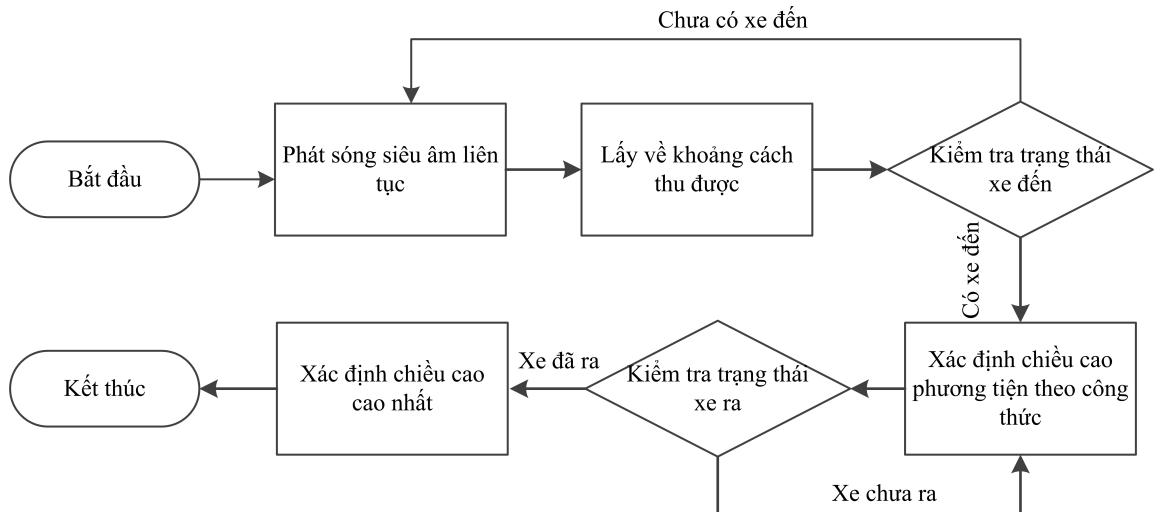
$$chieudai = a - d1 \quad (m) \quad (2.3.8)$$

$$chieurong = b - d2 - d3 \quad (m) \quad (2.3.9)$$

2.3.2. Thuật toán xác định chiều rộng và chiều cao của xe.

Nếu để cả 3 cảm biến siêu âm hoạt động tại cùng một thời điểm thì rất dễ gây nhiễu lên nhau dẫn đến kết quả đo được bị sai lệch. Hơn nữa, chiều cao cần thu được là chiều cao lớn nhất của xe, chiều rộng của xe tại mọi điểm đọc theo chiều dài của xe là cố định do vậy ta có thể đo chiều rộng tại một thời điểm. Nhưng do có thể gấp phái những xe tải không có kiện hàng phía sau gây sai khi đo nên ta sẽ đo chiều rộng tại phần đầu của xe.

Do cảm biến định thời dừng sau $30(ms)$, khoảng cách lý thuyết có thể đo được là $4(m)$ và hệ thống giao thông được bố trí với cột cảm biến cao $4(m) \leq a(m) \leq 5(m)$. Nên khi không có phương tiện, cảm biến sẽ ở trạng thái không đo được khoảng cách (căn cứ vào kết quả thử



Hình 2.8: Thuật toán đo chiều cao sử dụng cảm biến siêu âm.

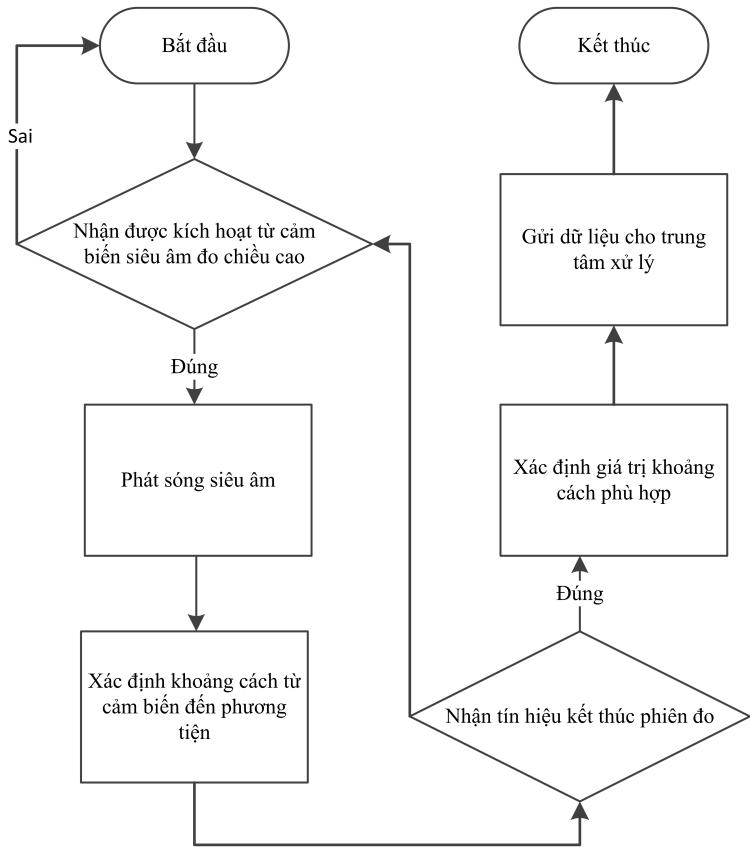
nghiệm đo được tại Bảng 2.2). Nhưng do chiều cao phương tiện tối thiểu là $1.5(m)$ như đã trình bày ở trên nên khi có phương tiện cảm biến hoàn toàn có thể đo được khoảng cách này.

Từ những phân tích như trên, ta xây dựng thuật toán đo đặc chiều cao và chiều rộng phương tiện như Hình 2.8.

Cảm biến sử dụng đo chiều cao được bố trí phía trên làn đường. Cảm biến được thiết lập phát sóng siêu âm để lấy về khoảng cách liên tục. Khi không có phương tiện di chuyển sẽ không có giá trị khoảng cách trả về mà thay vào đó là một thông báo là không có phương tiện.

Trạng thái khi giá trị trả về của cảm biến biểu hiện là có khoảng cách. Đồng thời giá trị khoảng cách này sau khi áp dụng công thức (2.3.8) thì thu được chiều cao xe. Nhưng chiều cao phương tiện phải lớn hơn $1(m)$ thì mới coi là có xe đến (vì chiều cao của phương tiện thường lớn hơn $1.5(m)$).

Trong hệ thống thu phí điện tử sử dụng barrie, do thời gian đóng mở phổ biến là từ $2(s) - 6(s)$, chiều dài từ cảm biến phát hiện xe tới barrie là khoảng $20(m)$ nhưng khi xe đi được nửa chặng đường thì barrie phải hoàn tất việc mở để đảm bảo xe lưu thông liên tục nên vận tốc mà phương tiện có thể di chuyển qua hệ thống giới hạn trong dải $5(km/h) - 18(km/h)$. Căn cứ vào các tính toán lý thuyết, cảm biến siêu âm định thời dừng sau $30(ms)$ và thời gian yêu cầu để sóng siêu âm phai mờ (tránh sai số khi đo) là $50(ms)$. Do vậy, giữa hai lần đo của cảm biến cách nhau một khoảng thời gian là $100(ms)$ (tính thêm các chu kỳ lệnh xử lý và truyền nhận dữ liệu). Trong khoảng thời gian này, tương ứng với khoảng vận tốc kể trên, xe sẽ di chuyển được quãng đường nằm trong dải $14(cm) - 50(m)$. Để tránh sai số khi gặp một số xe

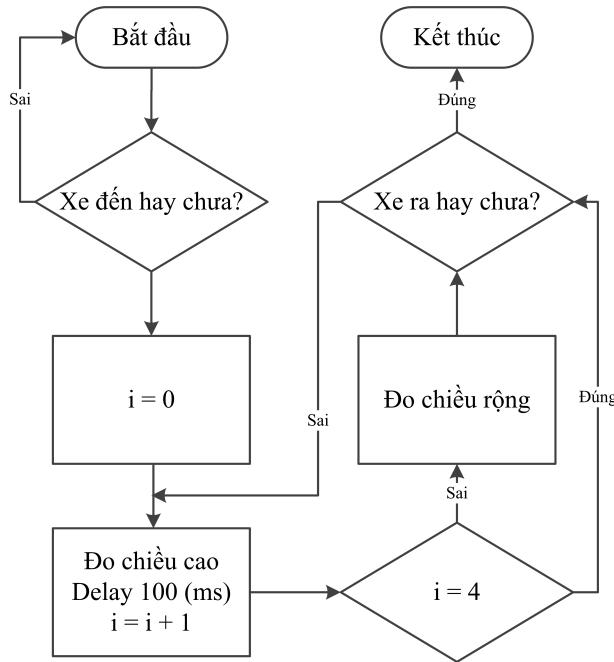


Hình 2.9: Thuật toán xác định chiều rộng cảm biến siêu âm.

container không chứa thùng hàng ở sau (đầu xe thường có chiều dài hơn 1(m)), ta chỉ tiến hành đo chiều rộng tại 3 khoảng thời gian 100(ms) ban đầu được kích hoạt bởi cảm biến siêu âm trên cao.

Để tinh chỉnh một cách chính xác giá trị khoảng cách trong chế độ đo chiều rộng này, ta phải lựa chọn giá trị thỏa mãn các điều kiện sau:

- 1) Vì làn đường có độ rộng là $b(m)$ nên giá trị khoảng cách này phải nhỏ hơn $b(m)$. Xe ô tô thường có chiều rộng tối thiểu 1.5(m) nên giá trị này phải nhỏ hơn $(b - 1.5)(m)$. Tuy nhiên, phương tiện di chuyển không bao giờ đi sát hai cột đặt cảm biến nên giá trị này nên nhỏ hơn $(b - 1.5 - 0.5)(m)$.
- 2) Giá trị khoảng cách này theo các phân tích trên cũng phải lớn hơn 50(cm).
- 3) Tổng giá trị hai khoảng cách này phải nhỏ hơn $(b - 1.5)(m)$
- 4) Giá trị hai khoảng cách này không bao giờ xấp xỉ bằng nhau và xấp xỉ $b/2$. Ta có thể lựa chọn một sai số δ phù hợp theo các ứng dụng cụ thể để đánh giá sự xấp xỉ này. Ví dụ, làn đường rộng 4(m), căn cứ vào kết quả sai số trong thử nghiệm đo khoảng cách



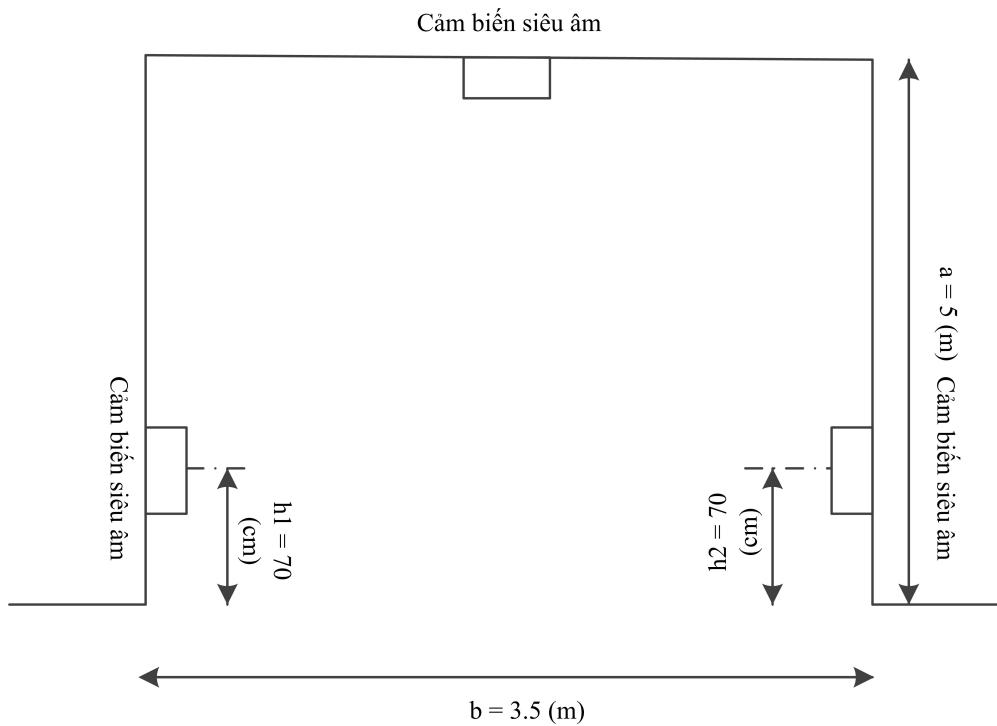
Hình 2.10: Thuật toán xử lý áp dụng hệ thống cảm biến phân loại xe.

ở Bảng 2.2 ta lưa $\delta = 5(cm)$

Điều kiện số 3 và 4 được thực hiện tại trung tâm xử lý sau khi đã nhận được giá trị khoảng cách gửi về. Hai điều kiện trên hoàn toàn có thể được thực hiện tại vi điều khiển. Dữ liệu được gửi về trung tâm theo bộ các thông số.

Để tránh nhiễu ảnh hưởng lên nhau khi kết hợp cả phương pháp đo chiều cao và chiều rộng, ta xây dựng thuật toán cho hệ thống cảm biến như mô tả ở Hình 2.10.

Thuật toán mô tả hoạt quy trình hoạt động của hệ thống cảm biến siêu âm trong nhiệm vụ đo đặc chiều rộng và chiều cao của xe. Khi cảm biến chiều cao phát hiện có xe đến, biến i đếm số lần đo chiều rộng được thiết lập bằng 0. Đồng thời, nó thực hiện chức năng đo chiều cao của mình. Tiếp theo, nó kích hoạt đo chiều cao và tiến hành trễ 100(ms) để tránh nhiễu ảnh hưởng từ chính cảm biến này tới hai cảm biến đo chiều rộng. Sau khoảng thời gian này, cảm biến chiều cao tăng biến i lên 1 và lại tiến hành quá trình hoạt động từ bước đo chiều cao. Khi biến $i = 4$ thì quá trình đo chiều rộng kết thúc, chỉ còn lại quá trình đo chiều cao. Quá trình này được thực hiện cho đến khi xe đi ra khỏi vùng phát hiện của cảm biến siêu âm được bố trí trên cao.



Hình 2.11: Sơ đồ trí bố trí hệ thống cảm biến siêu âm.

2.4. Kết quả sản phẩm thực tế và đề xuất.

2.4.1. Thiết kế sản phẩm thực tế

Bố trí cột cảm biến siêu âm có chiều cao $a = 5(m)$, làn đường dành cho ô tô có chiều rộng $b = 3.5(m)$, lựa chọn hệ số $\delta = 5(cm)$ để đánh giá sai số trong chế độ đo chiều rộng.

Thông thường, các ô tô, xe tải thường có gầm cao dưới $70(cm)$ chỉ có một số loại xe tải gầm cao hơn con số này. Nhưng nhiều loại xe con có chiều cao dưới $1.5(m)$. Vậy để phù hợp với góc mở của cảm biến siêu âm, khi sử dụng thêm hệ cảm biến siêu âm đo chiều rộng, ta nên bố trí cảm biến ở độ cao $70(cm)$.

Sản phẩm thực tế được thiết kế dựa trên những phân tích kỹ lưỡng ở trên. Phần cứng được sử dụng trong modun như sau:

- a) Cảm biến siêu âm: SRF05.
- b) Vi điều khiển: PIC16F886.
- c) Cảm biến nhiệt độ: LM335.
- d) Nguồn cung cấp: 5VDC

Bảng 2.3: Kết quả thử nghiệm đo khoảng chiều cao phương tiện

Kiểu xe	Chiều cao thực	Khoảng vận tốc (km/h)	Phần trăm chính xác (%)
Xe hơi	1.6	0-10	92
		10-20	90
Xe bus	3.6	0-10	94
		10-20	93

e) Sử dụng điện trở đệm $1(K\Omega)$ cho LM335.

d) Sử dụng thạch anh $20(Mhz)$

Cảm biến siêu âm được nối trực tiếp với các chân của vi điều khiển. Lựa chọn "Chế độ 2" cho cảm biến, ta sử dụng chân RB4 để tạo xung kích hoạt $10(\mu s)$ cho SRF05; chân RC2 làm chân "Input Capture" bắt các cạnh của xung đầu ra cảm biến và sử dụng bộ đếm "Timer1" với Prescaler = 4 (bộ đếm "Timer1" tăng lên 1 đơn vị sau $0.8(\mu s)$).

Lựa chọn xung clock của "Timer1" bằng $1/4$ xung clock nội của IC ($OSC/4$).

Bộ đếm "Timer1" bắt đầu từ giá trị 0 đếm đến giá trị 65535 thì giá trị đếm tiếp theo là 0.

Với giá trị Prescaler = 4 thì "Timer" bị tràn sau:

$$Timer = \frac{4 \times 65535 \times prescaler}{OSC \times 10^6} = \frac{4 \times 65535}{20 \times 10^6} \simeq 52.428(ms)$$

Do tràn "Timer1" theo tính toán ở trên lớn hơn so với khoảng thời gian định thời dừng của cảm biến siêu âm SRF05($30(ms)$) tương ứng với chiều cao khoảng $5(m)$), ta có thể sử dụng ngắt tràn "Timer" để đánh giá chưa có phương tiện tới cảm biến này.

Cảm biến nhiệt độ LM335 được đưa vào chân ADC RA0 của vi điều khiển và sử dụng chế độ ADC – 10bit. Tại mỗi thời điểm tính toán khoảng cách từ cảm biến đến phương tiện giao thông, giá trị nhiệt độ sẽ được lấy để tính toán vận tốc âm thanh.

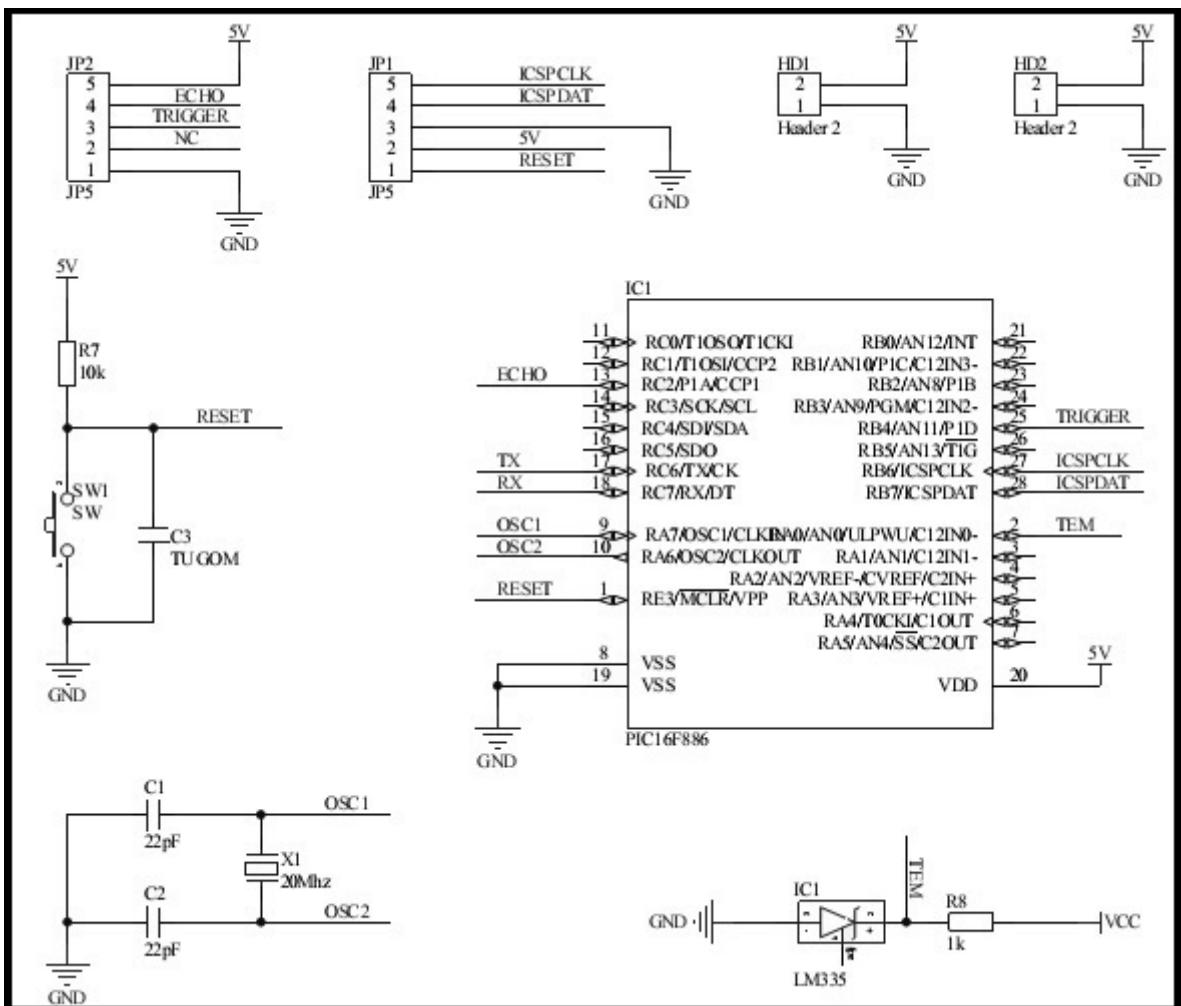
Ta có sơ đồ nguyên lý mạch cảm biến siêu âm được thiết kế tại Hình 2.12.

2.4.2. Thử nghiệm và đo đặc sai số

Tiến hành thử nghiệm với hai loại xe là xe bus và xe con trong 2 khoảng vận tốc. Gọi chiều cao thực của xe là $H_{real}(cm)$, chiều cao thu được là $H_{observed}(cm)$. Kết quả được coi là chính xác nếu:

$$H_{real} - 20 \leq H_{observed} \leq H_{real} + 20 \quad (cm)$$

Qua kết quả thử nghiệm mô tả trong Bảng 2.3, ta rút ra nhận xét sau:



Hình 2.12: Mạch nguyên lý cảm biến siêu âm.

- Kết quả đạt sự chính xác cao hơn khi phương tiện di chuyển ở tốc độ thấp.
- Phương tiện có khoảng cách càng gần với cảm biến siêu âm thì kết quả trả về càng chính xác.

2.4.3. Đề xuất

Ngoài việc đo chiều rộng và chiều cao phương tiện phục vụ cho quá trình phân loại phương tiện ứng dụng trong hệ thống thu phí điện tử, cảm biến siêu âm còn một số ứng dụng sau:

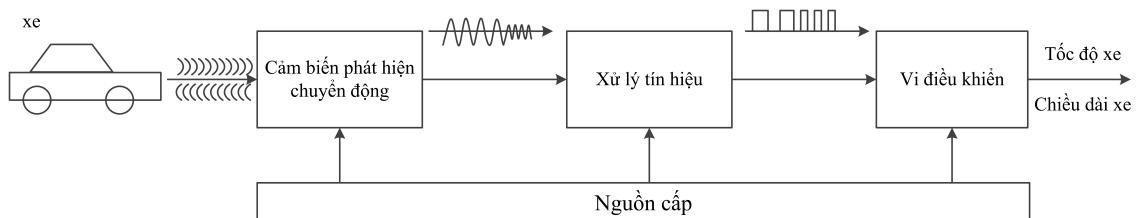
- Ứng dụng phát hiện vật cản cho ô tô khi lắp cảm biến tại mặt trước phương tiện.
- Ứng dụng đo mực nước phục vụ cho công tác phòng chống lũ lụt.

Chương 3

Thiết kế cảm biến chuyển động đo lường vận tốc và chiều dài phương tiện giao thông qua trạm thu phí

3.1. Cấu trúc mạch xử lý tín hiệu cảm biến chuyển động

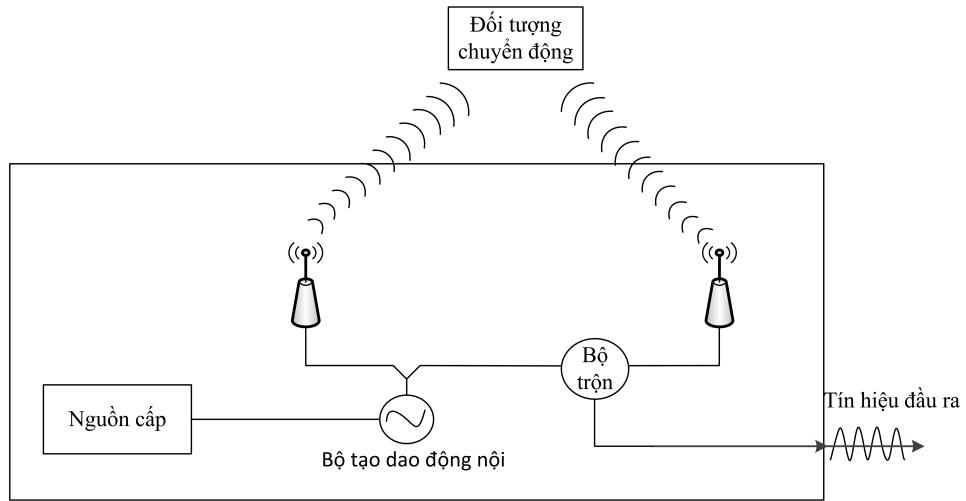
Phần này mô tả một cấu trúc tổng quan của mạch xử lý tín hiệu cảm biến bao gồm bốn khối chính (Hình 3.1).



Hình 3.1: Kiến trúc tổng quan mạch xử lý tín hiệu cảm biến.

3.1.1. Cảm biến chuyển động

Cấu tạo thông thường của cảm biến chuyển động bao gồm một bộ tạo dao động, các anten và một bộ trộn. Bộ tạo dao động tạo ra sóng trong băng tần X từ 8(Ghz) tới 12(GHz). Một bộ anten được sử dụng làm anten phát hướng vào phương tiện chuyển động và một bộ anten thu sẽ nhận được tần số phản xạ từ phương tiện. Bộ trộn có nhiệm vụ tính toán sự chênh lệch giữa hai tần số thu và phát này để nhận được tần số Doppler. Sơ đồ khối của cảm biến chuyển động được mô tả dưới Hình 3.2.



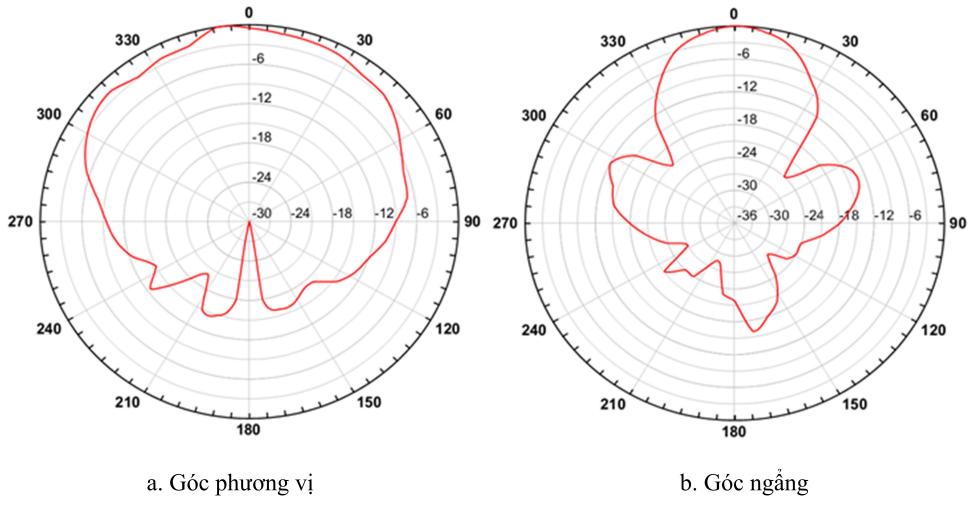
Hình 3.2: Sơ đồ khái niệm cảm biến chuyển động.

Tùy thuộc vào mỗi nhà sản xuất mà loại cảm biến này có các đặc điểm khác nhau, do đó người thiết kế cần hiểu rõ trước khi ứng dụng cho hệ thống của mình.

- Nguồn cung cấp: cảm biến chuyển động thường sử dụng nguồn điện áp thấp, điện áp cung cấp cho cảm biến này nằm trong dải từ 3.3(V) đến 5(V) tùy thuộc vào nhà cung cấp. Một vài loại cảm biến có thể được cấp nguồn bởi các xung theo chu kỳ để giảm năng lượng tiêu thụ của thiết bị.
- Tần số phát: tần số phát được thiết lập bởi nhà sản xuất và nằm trong băng X, người sử dụng không thể tác động đến thông số này của sản phẩm. Bảng 3.1 biểu diễn các tần số được cấp phát cho thiết bị tại một số quốc gia khác nhau [7].
- Đặc tính của sóng ở băng tần X: Sóng điện từ phản xạ (tán xạ) từ các bề mặt nơi có sự thay đổi lớn về hằng số điện môi hay hằng số nghịch từ. Có nghĩa là một chất rắn trong không khí hay chân không, hoặc một sự thay đổi nhất định trong mật độ nguyên tử của vật thể với môi trường ngoài, sẽ phản xạ sóng băng X. Các vật liệu hấp thụ sóng băng X, gồm có các chất có điện trở và có từ tính. Sóng băng X tán xạ theo nhiều cách phụ thuộc vào tỷ lệ giữa kích thước của vật thể tán xạ với bước sóng của sóng băng X và hình dạng của vật. Nếu bước sóng ngắn hơn nhiều so với kích thước vật, tia sóng sẽ dội lại tương tự như tia sáng phản chiếu trên gương. Nếu như bước sóng lớn hơn so với kích thước vật, vật thể sẽ bị phân cực, giống như một ăngten phân cực. Tuy nhiên các sóng ngắn băng X cần nguồn năng lượng cao và định hướng, ngoài ra chúng dễ bị hấp thụ bởi vật thể nhỏ (như mưa và sương mù...), không dễ dàng đi xa như sóng có bước

sóng dài. Sóng băng X phản chiếu từ bề mặt cong hay có góc cạnh, tương tự như tia sáng phản chiếu từ gương cầu.

- Mô hình bức xạ: cảm biến sử dụng các anten hướng tới vùng phát hiện chuyển động. Người dùng có thể điều chỉnh vị trí của cảm biến để thu được vùng phát hiện tốt nhất mong muốn. Mô hình bức xạ của anten và góc nửa công suất của cảm biến HB100 được thể hiện ở Hình 3.3. Căn cứ vào đồ thị đặc tính bức xạ của cảm biến chuyển động



Hình 3.3: Đặc tính bức xạ của cảm biến với các cách thiết lập khác nhau.

HB100 ta dễ dàng nhận thấy khi đặt cảm biến tại vị trí góc phương vị cho ta vùng phát hiện rộng hơn so với góc ngang. Vị trí này thích hợp với ứng dụng cảm biến trong hệ thống phát hiện phương tiện chuyển động. Khi đặt cảm biến tại vị trí góc ngang ta nhận thấy tính định hướng của cảm biến tốt hơn thích hợp khi sử dụng cảm biến để đo vận tốc và chiều dài của phương tiện.

- Tín hiệu đầu ra: đầu ra của cảm biến là tần số Doppler khi sự di chuyển được phát hiện. Tùy vào mỗi ứng dụng cụ thể, các dải tần số Doppler là khác nhau, do đó ta sẽ xây dựng các bộ xử lý tín hiệu ứng cho mỗi dải khác nhau .
Tín hiệu đầu ra có thể là xung sin như với cảm biến HB100 [7] hoặc xung vuông như với cảm biến phát hiện chuyển động 32213-Băng X [8],... phụ thuộc vào nhà sản xuất. Một chú ý quan trọng về đầu ra của cảm biến đó là cường độ tín hiệu nhận được (Receive Signal Strength (RSS)). Tín hiệu này bị suy giảm bởi suy hao trong không gian tự do, suy hao do phản xạ, suy hao do hấp thụ tại mục tiêu và các suy hao khác. Thông thường cường độ tín hiệu RSS nhận được tại đầu ra của cảm biến phát hiện

chuyển động nằm trong dải điện áp thấp (μV). Mạch thiết kế phải quan tâm tới cường độ lớn nhất và nhỏ nhất được cho bởi nhà sản xuất khi thiết kế bộ khuếch đại.

Cường độ tín hiệu đầu ra cảm biến chuyển động phụ thuộc vào nhiều yếu tố thời tiết như: mưa, tuyết rơi, mật độ không khí (khói bụi) và cả nhiệt độ môi trường. Do đó, việc thử nghiệm trong nhà sẽ cho kết quả khác so với việc thử nghiệm ngoài trời. Ảnh hưởng của các yếu tố trên càng rõ nét hơn khi thử nghiệm với cảm biến có bước sóng nhỏ hơn 10(cm). Sự ảnh hưởng này có thể được lý giải bởi đặc tính hấp thụ đối với sóng băng tần X như đã trình bày ở trên.

Bảng 3.1: Bảng phân bố tần số cho cảm biến phát hiện chuyển động

Tần số (GHz)	Quốc gia	Chú ý
9.35	CHLB Đức	
9.9	Pháp, Ý	
10.525	Mỹ, Bỉ, Hà Lan	
10.587	Anh	Cho các ứng dụng ngoài trời
10.687	Anh	Cho các ứng dụng trong nhà

3.1.2. Khối xử lý tín hiệu

Chức năng khối xử lý tín hiệu là khuếch đại tín hiệu đầu ra cảm biến và sau đó chuyển đổi nó sang dạng xung vuông và đưa vào vi điều khiển. Với yêu cầu này, khối xử lý tín hiệu bao gồm hai khối nhỏ: một khối khuếch đại và một khối so sánh được tạo ra dựa trên cơ sở dải tần Doppler và cường độ tín hiệu nhận được RSS. Người thiết kế có thể chọn bộ *Khuếch đại thông dải đảo* và bộ *Khuếch đại thông dải không đảo* [9] như Hình 3.4.

Mạch khuếch đại thông dải đảo hay mạch khuếch đại thông dải không đảo khuếch đại tín hiệu với hệ số khuếch đại *Gain* nằm trong dải tần số từ f_2 đến f_1 .

Một trong những phương pháp tăng độ chính xác, giảm nhiễu không mong muốn ta sẽ sử dụng một bộ lọc tại nguồn đầu vào hoặc lựa chọn khuếch đại thuật toán có hệ số nén đồng pha Common Mode Rejection Ratio (CMRR) tốt.

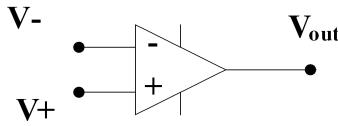
- Hệ số nén đồng pha CMRR

Hệ số nén đồng pha CMRR khác nhau đối với các dòng khuếch đại thuật toán khác nhau. Hệ số này biểu diễn cho khả năng loại bỏ các tín hiệu đầu vào không mong muốn thông thường.

$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ $f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ $Gain = -\frac{R_1}{R_2}$	<p>Mạch khuếch đại thông dài đảo</p>
$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ $f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ $Gain = 1 + \frac{R_1}{R_2}$	<p>Mạch khuếch đại thông dài không đảo</p>
$V_{out} = V_s$ nếu $V_{in2} > V_{in1}$ $V_{out} = 0$ nếu $V_{in2} < V_{in1}$	<p>Mạch so sánh</p>

Hình 3.4: Mạch khuếch đại thông dài và mạch so sánh.

Hệ số CMRR được tính toán như sau:



Hình 3.5: Mạch khuếch đại thuật toán thông thường.

Một khuếch đại thuật toán được mô tả trong Hình 3.5 có hai đầu vào, V_+ và V_- , và một hệ số khuếch đại vòng hở G_{op} . Trong trường hợp lý tưởng, đầu ra của khuếch đại thuật toán được biểu diễn bởi công thức (3.1.1) :

$$V_{out} = (V_+ - V_-) \times G_{op} \quad (V) \quad (3.1.1)$$

Trong đó,

V_{out} là điện áp ra khuếch đại thuật toán (V).

V_+ là điện áp đầu vào thuận khuếch đại thuật toán (V).

V_- là điện áp đầu vào đảo của khuếch đại thuật toán (V).

Trong điều kiện lý tưởng, hệ số khuếch đại của khuếch đại thuật toán là vô cùng lớn (tiến tới vô cùng).

Nếu đặt vào cửa thuận và cửa đảo của bộ khuếch đại thuật toán các điện áp bằng nhau V_{cm} (Hình 3.6), theo đó ta có $V_{out} = 0$. Tuy nhiên, thực tế không phải như vậy, giữa điện áp ra và điện áp vào đồng pha có quan hệ tỷ lệ là hệ số khuếch đại đồng pha A_{vCM} .

Khi đó hệ số CMRR được biểu diễn tại công thức (3.1.2):

$$CMRR = 20 \times \lg \frac{A_{vd}}{A_{vCM}} \quad (dB) \quad (3.1.2)$$

Trong đó,

A_{vd} là hệ số khuếch đại vi sai

A_{vCM} là hệ số khuếch đại đồng pha

	$A_{vCM} = \frac{v_{out}}{V_{cm}}$

Hình 3.6: Công thức hệ khuếch đại vi sai và hệ số khuếch đại đồng pha.

Công thức trên biểu diễn cho khuếch đại thuật toán có hệ số CMRR tiến đến vô cùng. Nhưng trên thực tế công thức (3.1.1) phải được viết lại như sau:

$$V_{out} = (V_+ - V_-) \times G_{op} \pm \frac{V_{cm}}{10^{\frac{CMRR}{20}}} \quad (V) \quad (3.1.3)$$

Ở đó, V_{cm} biểu diễn cho điện áp đồng pha tại đầu vào, hoặc $(V_+ + V_-)/2$.

Giá trị CMRR càng cao mạch có tính triệt nhiễu đồng pha càng tốt do đó hệ thống khuếch đại càng tốt.

Bảng 3.2: Bảng hệ số CMRR của một vài khuếch đại thuật toán

Khuếch đại thuật toán	CMRR min (dB)
LF351	70
LM353	70
LM324	80
LF411A	80
LF356	85
OP-07A	110
OP-21A	100
OP-64E	110

3.1.3. Vi điều khiển

Đầu ra của bộ so sánh là một xung vuông được đưa vào bộ đếm của vi điều khiển. Vi điều khiển sẽ tính toán và đưa ra kết quả về tần số Doppler phục vụ đo vận tốc và chiều dài của phương tiện.

3.2. Xử lý tín hiệu đầu ra

Mục tiêu của phần này là để xây dựng thuật toán xử lý tín hiệu đầu ra của cảm biến phát hiện chuyển động nhằm mục đích thiết kế khôi xử lý tín hiệu được đề cập ở Hình 3.1. Như đã trình bày ở trên, đầu ra của cảm biến là một tín hiệu có điện áp thấp (cỡ μV), có tần số là tần số Doppler tỉ lệ với vận tốc của phương tiện đang chuyển động lại gần hay ra xa khỏi cảm biến. Mạch xử lý tín hiệu phải đáp ứng được điều kiện sau.

1. Mạch cảm biến cần phải đo được sự chuyển động khi phương tiện di chuyển tại một khoảng cách cố định d_0 trong vùng phát hiện của cảm biến.
2. Mạch chỉ được khuếch đại tần số nằm trong dải băng tần xác định trước. Băng tần này phụ thuộc vào vận tốc di chuyển của phương tiện trong các ứng dụng cụ thể.

Để giải quyết vấn đề thứ nhất, người thiết kế phải lựa chọn hệ số khuếch đại *Gain* phù hợp. Nếu *Gain* quá lớn, tín hiệu sẽ bị méo và nhiễu sẽ tăng lên. Ngược lại, nếu *Gain* quá nhỏ, tín hiệu không thể đưa vào vi điều khiển. Để giải quyết về sau, người thiết kế cần khảo sát tốc độ của phương tiện và chuyển đổi thành dải tần số hay băng thông sử dụng công thức tần số Doppler.

3.2.1. Lựa chọn hệ số khuếch đại

Ta giả sử cường độ tín hiệu truyền đi là E_{tx} . Khi lan truyền trong không gian tự do, tín hiệu bị yếu đi bởi suy hao hai chiều trong không gian tự do, suy hao bởi phản xạ, suy hao do hấp thụ tại mục tiêu và các suy hao khác. Cường độ tín hiệu nhận được được xác định bởi công thức bên dưới:

$$E_{rx} = E_{tx} - 2L_{free space} - L_{re} - L_{ab} - L_{others} (dB) \quad (3.2.4)$$

Với $2L_{free space}$, L_{re} , L_{ab} và L_{others} lần lượt là suy hao hai chiều trong không gian tự do, suy hao do phản xạ, suy hao do hấp thụ của phương tiện và các loại suy hao khác. Trong đó, suy hao trong không gian tự do tỷ lệ với bình phương khoảng cách giữa cảm biến và phương tiện cần đo và tỷ lệ với bình phương tần số của tín hiệu vô tuyến, được cho bởi công

thức (3.2.5).

$$L_{free\ space} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi d f}{c}\right)^2 \quad (3.2.5)$$

Ở đó:

λ là bước sóng tín hiệu (m)

f là tần số tín hiệu (Hz)

d là khoảng cách từ cảm biến phương tiện (m)

c là vận tốc ánh sáng, $3.10^8(m/s)$

Theo đơn vị decibel:

$$L_{free\ space} = 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f - 147.55 \quad (dB) \quad (3.2.6)$$

Trong khi chúng ta có thể tính được suy hao trong không gian tự do từ công thức (3.2.5), việc ước tính giá trị suy hao liên quan tới phản xạ hay hấp thụ là khó thực hiện do sự khác nhau về hình dạng và chất liệu của các phương tiện. Do đó, công thức (3.2.4) có thể viết lại như sau:

$$E_{rx} = E_{tx} - 40 \log_{10} d - \sum loss \quad (dB) \quad (3.2.7)$$

Giả sử khi truyền qua bộ khuếch đại với $Gain = k$, để đưa vào vi điều khiển, cường độ tín hiệu cần lớn hơn hoặc bằng E_0 . Do đó:

$$E_0 = E_{rx} + 10 \log_{10} k \quad (3.2.8)$$

$$\begin{aligned} &= E_{tx} - 40 \log_{10} d - \sum loss + 10 \log_{10} k \\ &= E_{tx} + 10 \log_{10} \frac{k}{d^4} - \sum loss \end{aligned}$$

Từ công thức (3.2.8) chúng ta có thể thiết kế thuật toán để lựa chọn một hệ số khuếch đại $Gain$ phù hợp. Các bước bên dưới trình bày quy trình để lựa chọn $Gain$ cho bộ khuếch đại khi phương tiện di chuyển tại khoảng cách d_0 kể từ cảm biến.

Bước 1) Khởi tạo: $k = k_0$, $d = d_0$, $\delta = \delta_0$

Bước 2) Thiết lập hệ số khuếch đại

Thiết lập: $Gain = k$

Bước 3) Thủ nghiệm

Tính toán khoảng cách lớn nhất (d_{max}) giữa cảm biến và phương tiện mà cảm biến có thể phát hiện được.

Thiết lập: $d = d_{max}$

Bước 4) Kiểm tra điều kiện

Nếu $|d_0 - d| < \delta \rightarrow$ kết thúc.

Ngược lại \rightarrow Thiết lập: $k = Gain \times (d_0/d)^4 \Rightarrow$ Quay lại Bước 2.

Sử dụng phương pháp trên, để có được cự ly phát hiện phương tiện di chuyển ở khoảng cách 8(m) mạch khuếch đại cần có $Gain = 12000$.

3.2.2. Lựa chọn băng tần

Mục đích của phần này là tính toán băng thông tốt nhất phục vụ cho việc lọc trong mạch xử lý tín hiệu. Khi phương tiện di chuyển so với cảm biến, ta có công thức tần số Doppler như sau:

$$F_d = 2V\left(\frac{F_t}{c}\right)\cos\theta \quad (Hz) \quad (3.2.9)$$

Ở đó:

F_d là tần số Doppler (Hz)

V là tần số của phương tiện (m/s)

F_t tần số phát của cảm biến (Hz)

c vận tốc ánh sáng (m/s)

θ là góc giữa hướng phương tiện di chuyển và trục của cảm biến.

Bảng 3.3 thể hiện băng thông tương ứng với dải vận tốc từ 5(km/h) – 40(km/h).

Việc thiết kế bộ lọc với băng thông có độ chính xác cao giúp giảm thiểu nhiễu từ môi trường xung quanh.

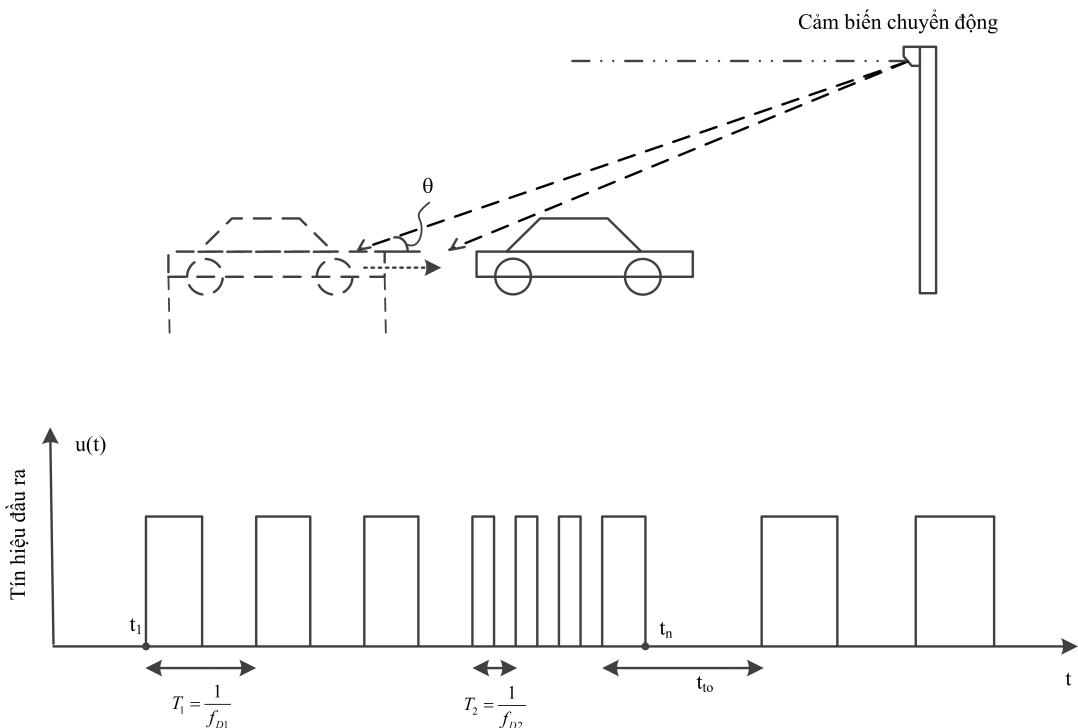
Bảng 3.3: Bảng thông với các tần số truyền khác nhau

Tần số truyền (GHz)	Bảng thông (Hz)
9.35	86.55 – 692.40
9.9	91.65 – 733.20
10.525	97.45 – 779.60
10.587	98.00 – 784.00
10.687	98.95 – 791.60
24.125	223.4 – 1787.20

3.3. Thuật toán xác định vận tốc và chiều dài của phương tiện.

Mục đích của phần này là xây dựng thuật toán để tính toán vận tốc và chiều dài của phương tiện. Tín hiệu đầu ra của cảm biến được khuếch đại sau đó chuyển đổi sang dạng xung vuông và đưa vào vi điều khiển. Vì điều khiển phải xử lý các xung vuông thu được để tính vận tốc trung bình và chiều dài của phương tiện.

Xung vuông được đưa vào vi điều khiển có dạng như Hình 3.7.



Hình 3.7: Xung vuông tại đầu vào vi điều khiển.

Tại thời điểm (t_1) phương tiện bắt đầu di chuyển tới vùng phát hiện của cảm biến được biểu diễn như là thời điểm tín hiệu đầu ra (sau khi truyền qua khôi xử lý tín hiệu) được thiết

lập lên mức cao. Thông tin tần số Doppler (Hz) được thể hiện dưới dạng xung vuông trong khoảng thời gian phương tiện vẫn nằm trong vùng phát hiện của cảm biến và có thể được tính như số lần tín hiệu đầu ra được thiết lập từ mức thấp lên mức cao trong $1s$. Nếu khoảng thời gian mà tín hiệu đầu ra được thiết lập về mức thấp kể từ thời điểm t_n lớn hơn $t_{time-out}$, đối tượng được xem là di chuyển ra khỏi vùng phát hiện.

Ta xét trong khoảng thời gian rất nhỏ vận tốc của phương tiện là cố định. Do đó, tần số Doppler là:

$$F_d = \frac{\delta x}{\delta t} \quad (Hz)$$

Ở đó, δx là số lần tín hiệu đầu ra được thiết lập từ thấp lên cao trong khoảng thời gian δt . Bằng cách sử dụng công thức tần số Doppler (3.2.9) chúng ta có vận tốc phương tiện trong khoảng thời gian δt là:

$$V = \frac{F_d}{k} \quad (m/s)$$

Với hệ số tỷ lệ k được tính theo công thức:

$$k = \frac{2F_t}{c} \cos \theta \quad (m^{-1}) \quad (3.3.10)$$

Do đó, trong khoảng thời gian δt ta sẽ thu được thông tin về chiều dài theo công thức sau:

$$\delta s = V \delta t = \frac{F_d}{k} \delta t = \frac{\delta x}{k} \quad (m)$$

Chiều dài phương tiện (S) là tích phân của δs trong khoảng thời gian giữa các lần di chuyển của đối tượng đi vào và đi ra khỏi khu vực phát hiện của cảm biến.

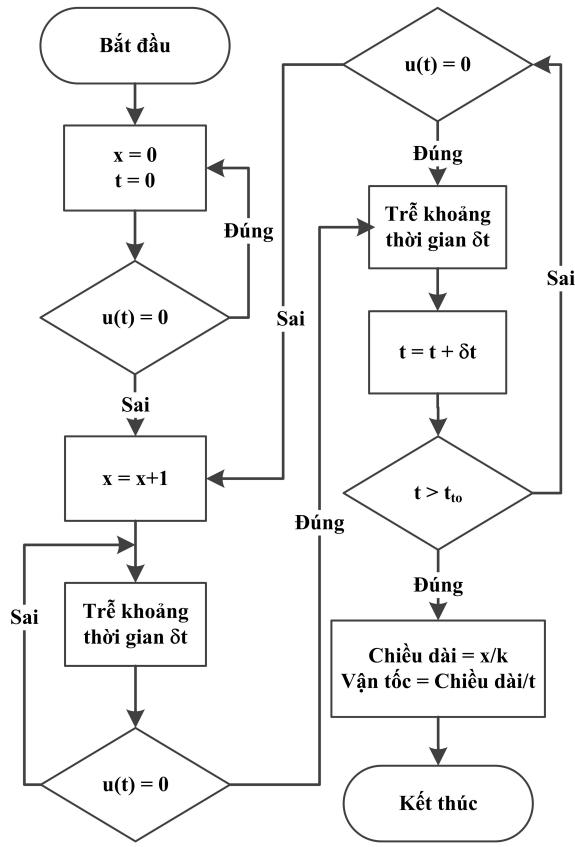
$$S = \int_{t_1}^{t_n} \delta s = \int_{t_1}^{t_n} \frac{\delta x}{k} = \frac{\sum_{t_1}^{t_n} \delta x}{k} = \frac{x}{k} \quad (m) \quad (3.3.11)$$

Từ công thức (3.3.11), ta có *chiều dài phương tiện được tính là tỉ số của số lần tín hiệu vào được thiết lập từ mức thấp lên mức cao và hệ số tỉ lệ k*.

Vận tốc trung bình của phương tiện là:

$$V = \frac{S}{t_n - t_1} = \frac{S}{\Delta t} \quad (m/s) \quad (3.3.12)$$

Ở đó, Δt là khoảng thời gian phương tiện đi vào và đi ra khỏi vùng phát hiện. Từ công thức (3.3.11) và (3.3.12) ta thiết kế lưu đồ thuật toán như Hình 3.8 để tính toán vận tốc và



Hình 3.8: Lưu đồ thuật toán xác định chiều dài và vận tốc phuong tiện.

chiều dài phuong tiện.

Với δt là bước thời gian để kiểm tra xung tín hiệu đang ở mức cao hay mức thấp.

Hệ số tỉ lệ k phụ thuộc vào tần số phát và vị trí của cảm biến so với phuong tiện như phuong trình (3.3.10). Giá trị $t_{time-out}$ được tính bởi công thức sau:

$$t_{time-out} = \frac{1}{F_{dmin}} = \frac{1}{kV_{min}} = \frac{c}{2V_{min}F_t \cos \theta} \quad (3.3.13)$$

Ví dụ, sử dụng tần số phát $F_t = 9.9(\text{Ghz})$ vận tốc nằm trong khoảng từ $5\text{km}/\text{h} - 40\text{km}/\text{h}$, $\theta = 30^\circ$.

$$t_{time-out} = \frac{3 \times 10^8 \times 3600}{2 \times 5 \times 10^3 \times 9.9 \times 10^9 \times \cos 30^\circ} \simeq 0.013(\text{ms})$$

Với việc sử dụng các công thức trên, chiều dài và vận tốc của phuong tiện được tính toán chỉ với một cảm biến phát hiện chuyển động.

3.4. Thiết kế sản phẩm thực tế và kết quả.

3.4.1. Thiết kế sản phẩm thực tế

Hệ thống thực tế đã được nhóm thiết kế sử dụng các phương pháp và thuật toán đã đề cập ở phần trên. Phần cứng được sử dụng trong modun như sau:

- a) Cảm biến chuyển động: HB100, $F_t = 10.525(GHz)$, $\theta = 30^\circ$.
- b) Khuếch đại thuật toán: LM324.
- c) Vi điều khiển: PIC 16F886.
- d) Nguồn cung cấp: 5V DC.

Hệ thống được sử dụng để tính toán vận tốc và chiều dài của phương tiện trong bán kính tầm nhìn thẳng 8(m), khoảng vận tốc của phương tiện di chuyển từ 5(km) đến 40(km). Các thông số được xác định:

- $Gain = 12000$
- $Bandwidth = 80(Hz) - 800(Hz)$
- $k = 61$
- $t_{time-out} = 11.85(ms)$

Mạch xử lý tín hiệu được cho như Hình 3.9.

Tại vị trí đầu vào tín hiệu IF được qua mạch lọc thông cao với tần số cắt f_c bằng

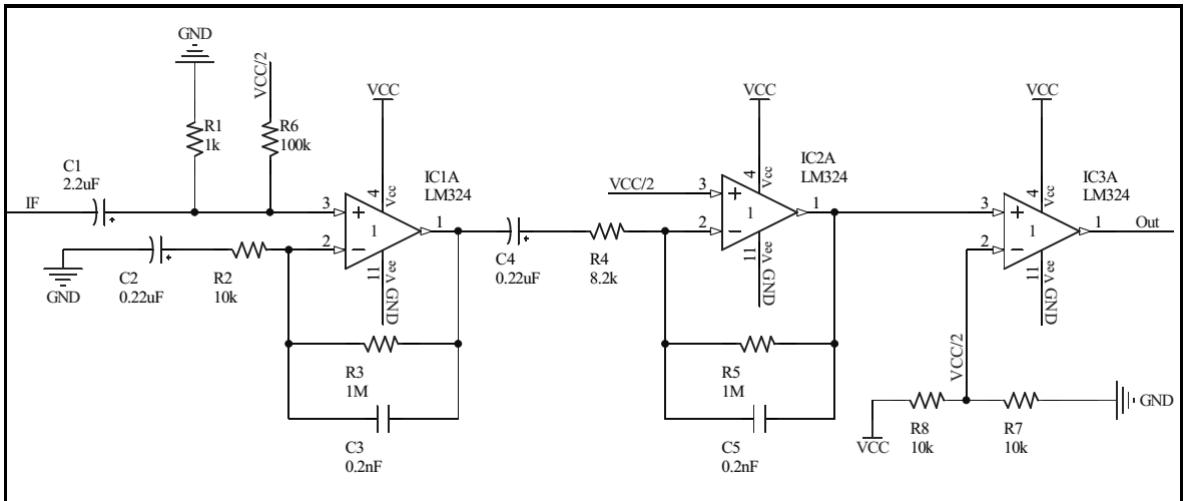
$$f_c = \frac{1}{2\pi \times C_1 \times R1} \simeq 72(Hz)$$

Tín hiệu sau đó được đưa đến mạch khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại

$$Gain_1 = \frac{R3}{R2} = 100$$

khuếch đại tín hiệu trong dải từ

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \times C_2 \times R2} \simeq 72(Hz)$$



Hình 3.9: Mạch xử lí tín hiệu cảm biến chuyển động.

đến

$$f_2 = \frac{1}{2\pi \times C_3 \times R3} \simeq 796(Hz)$$

Tương tự tín hiệu tiếp tục được đưa đến mạch khuếch đại có hệ số khuếch đại $Gain_2 \simeq 122$ với dải tần $88 - 796(Hz)$. Như vậy, hai mạch khuếch đại có hệ số khuếch đại $Gain = Gain_1 \times Gain_2 = 12200$, khuếch đại tín hiệu có tần số trong dải $\Delta f = 88 - 796(Hz)$. Các giá trị này gần đúng với yêu cầu thiết kế. Tín hiệu cuối cùng được qua mạch so sánh để chuyển thành xung vuông trước khi đi vào các chân của vi điều khiển.

Tín hiệu sau khi xử lí được được vào 2 chân RC0 và RC2 của vi điều khiển PIC. Chân RC2 dùng để nhận biết thời điểm xe bắt đầu đi vào vùng phát hiện của hệ thống. Tại thời điểm này vi điều khiển sẽ khởi động khói đếm để lấy thông tin về chiều dài và vận tốc của phương tiện từ dữ liệu đưa vào chân RC0.

3.4.2. Thử nghiệm và đo đặc sai số

Nhóm nghiên cứu đã theo dõi 3 kiểu của phương tiện: Xe hơi, xe bus và xe tải trong 4 khoảng của vận tốc. Sau mỗi lần nêu chiều dài đo được của phương tiện ($L_{observed}$) ứng với chiều dài thực của phương tiện (L_{real}) thỏa mãn

$$\frac{|L_{observed} - L_{real}|}{L_{real}} \leq 10\%$$

, ta đánh dấu tích tương ứng với lần đo đặc chính xác. Toàn bộ quá trình đo đặc được xử lí tính toán trên phần mềm được viết riêng trên C# như Hình 3.10.

Speed range (km)	0-10	10-20	20-30	30-40
Accurate Percentage (%)	80	89	100	94
Times observed	40	19	9	17

Type of Vehicle: Bus

Length (m): 5.40

Length Observed (m): 5.1

Speed Observed (km/h): 17.25

Buttons: Back, Save, Stop, Exit

Hình 3.10: Phần mềm tính toán sai số.

Bảng 3.4: Kết quả theo dõi chiều dài và vận tốc của các phương tiện

Kiểu xe	Chiều dài thực	Khoảng vận tốc (km/h)	Phần trăm chính xác (%)
Xe hơi	3.6	0-10	85
		10-20	90
		20-30	87
		30-40	80
Xe bus	5.6	0-10	81
		10-20	92
		20-30	90
		30-40	85
Xe tải	7.3	0-10	88
		10-20	96
		20-30	94
		30-40	89

Dữ liệu là giá trị chiều dài của các phương tiện đo được sau đó được lưu ra file .exel để phục vụ quá trình thống kê sau này. Kết quả sau quá trình thử nghiệm được trình bày trong Bảng 3.4.

3.5. Ứng dụng và đề xuất cho sản phẩm

Sản phẩm hiện tại đã được sử dụng trong hệ thống thu phí điện tử, được đặt tại vị trí đầu của hệ thống để thu thông tin về chiều dài và vận tốc phương tiện đang đi đến. Hình 1.1 mô tả vị trí đặt của modun phát hiện chuyển động trong hệ thống thu phí điện tử. Trung tâm xử lí sẽ so sánh thông tin xe từ thẻ của phương tiện với các thông số xe nhận được từ các cảm biến. Trong trường hợp khớp thông tin, hệ thống sẽ trừ tiền trong thẻ mà lái xe sở hữu và mở

thanh chắn cho xe đi qua. Trường hợp ngược lại, hệ thống sẽ đưa ra các cảnh báo về phương tiện đi đến.

Ngoài ra module được phát triển còn có thể được ứng dụng trong các hệ thống khác như:

- Hệ thống phát hiện người ra vào trong một khu vực nào đó
- Có thể lắp đặt tại các trạm giao thông trên đường quốc lộ để giám sát vận tốc của phương tiện.

KẾT LUẬN

Đồ án đã trình bày phương pháp để thiết kế một sản phẩm dựa trên yêu cầu thực tế. Sản phẩm được thí nghiệm rất nhiều lần và nhận các phản hồi để có kết quả phát hiện tốt.

Việc sử dụng các phương pháp chọn lọc hệ số khuếch đại và băng thông đối với modun cảm biến chuyển động HB100 giúp mạch loại bỏ được các nguồn nhiễu từ môi trường ngoài nâng cao sự chính xác của thông tin phát hiện.

Thiết kế cảm biến siêu âm có thêm modun đo nhiệt độ giúp giảm thiểu sai số đo đạc khi so sánh với modun được thiết lập giá trị vận tốc âm thanh cố định.

Tuy nhiên modun còn trả về kết quả sai trong một số trường hợp như khi mật độ giao thông lớn, các xe đi nối tiếp nhau. Trong thời gian tới em sẽ tiếp tục phát triển và nâng cao độ tin cậy của sản phẩm. Tiếp tục hoàn thiện hệ cảm biến siêu âm ứng dụng đo chiều rộng và chiều cao phương tiện ứng dụng trong bài toán phân loại phương tiện trong hệ thống thu phí điện tử.

Tài liệu tham khảo

- [1] <<http://www.most.gov.vn/>>
- [2] <<http://tiasang.com.vn/>>
- [3] Stephen Ezell, “Intelligent Transportation Systems”, *The Information Technology & Innovation Foundation*, Jan. 2010, pp. 1-5.
- [4] U.S. Department of Transportation (2006), *Traffic Detector Handbook*: Third Edition - Volume I, chapter 2, [online]
Available at:
<www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/>
- [5] <http://dangerousprototypes.com/2013/08/21/breakout-board-uses-hb100-doppler-motion-sensor/>
- [6] Nurhadiyatna A., Hardjono B., Wibisono A., Jatmiko W., Mursanto P., “Vehicle speed measurement using camera as sensor”, In *2012 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSYS)*, 1-2 Dec. 2012.
- [7] ST Electronics, *X-Band Microwave Motion Sensor Module Application Note*.
- [8] Parallax Inc., "X-Band Motion Detector (#32213)", Sep. 11, 2009.
- [9] Texas Instruments, *A Single-Supply Op-Amp Circuit Collection*, SLOA058-November 2000.
- [10] Federal Office of Metrology METAS, *Traffic Measurement Technology*, January 2010.

- [11] Lelitha V., Gitakrishman R., Asha A., "Intelligent Transport Systems, Synthesis Report on ITS Including Issues and Challenges in India", *Centre of Excellence in Urban Transport*, Dec. 2010.
- [12] Martin L. Hazelton, "Estimating Vehicle Speed from Traffic Count and Occupancy Data", *Journal of Data Science* 2(2004), 231-244.
- [13] Ahmed M. El-Geneidy and Robert L. Bertini, "Toward Validation of Freeway Loop Detector Speed Measurements Using Transit Probe Data", In *2004 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Washington*, D.C., USA, October 3-6, 2004.
- [14] B. J. Gajewski, S. M. Turner, W. L. Eisele, and C. H. Spiegelman, "Intelligent Transportation System Data Archiving: Statistical Techniques for Determining Optimal Aggregation Widths for Inductive Loop Detector Speed Data," *Transportation Research Record*, vol. 1719, pp. 85-93, 2000.
- [15] L. A. Klein, *Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*. Boston, MA: Artech House, 2001.
- [16] Presi T.P., "Design and development Of PIC microcontroller based vehicle monitoring system using Controller Area Network (CAN) protocol", In *2013 International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES)*, 21-22 Feb. 2013.
- [17] U.S. Department of Transportation (2013), *Traffic Monitoring Guide*, [online]
Available at:
[<http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguide>](http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguide)
- [18] Ildar Urazghildiev, Rolf Ragnarsson, Pierre Ridderstrom, Anders Rydberg, Member, IEEE, Eric Ojefors, Kjell Wallin, Per Enochsson, Magnus Ericson, and Goran Lofqvist, "Vehicle Classification Based on the Radar Measurement of Height Profiles", In *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Jun, 2007.
- [19] William R. Hendee and E. Russell Ritenour, "Ultrasound Waves", In *Medical Imaging Physics*, Fourth Edition, chapter 19, [online]
Available at:
 [<http://ymk.k-space.org/>](http://ymk.k-space.org/)

- [20] <<http://www.benh.vn/sieu-am/Sieu-am-la-gi-Nguyen-ly-cau-tao-may-sieu-am-vacac-kieu-sieu-am/53/2058/28-7-2012.htm>>
- [21] <<http://baigiang.violet.vn/present/>>
- [22] <<http://en.wikipedia.org/wiki/Speed-of-sound>>
- [23] Revolution Education Ltd, "SRF05 Ultrasonic Range Sensor", Fourth Edition, Feb, 2011, [online]
Available at:
<<http://www.picaxe.com/docs/srf005.pdf>>
- [24] <<http://www.basicmicro.com/downloads/docs/Smith-halfChp3.pdf>>
- [25] Texas Instruments, *LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors*, March 2013.
- [26] <<https://www.ece.cmu.edu/ee321/spring99/LECT/lect8feb5.pdf>>