

**Ultrasonic Imbedded System for  
Visually Impaired Persons  
to  
Enhance Situational Awareness**

for  
Dr. N. Xiong  
CS-4233 Professional Development  
Northeastern State University  
Broken Arrow, Oklahoma

by  
G. C. Holden

September 23, 2018

## Table of Contents

Abstract .....	iii
Introduction .....	1
Background .....	1
Project Goals .....	1
Platform Choice .....	1
Raspberry Pi .....	1
Arduino .....	1
Hardware Components Section .....	1
Arduino .....	1
Arduino Mega Specifications .....	1
Arduino IDE .....	1
Arduino Pro Mini Transition .....	1
Ultrasonic Sensors .....	1
Theory of Ultrasonic Ranging .....	1
HC-SR04 Ultrasonic Module Specifications .....	1
HC-SR04 Operation .....	1
Micro Vibration Motors .....	1
Micro Vibration Motor Specifications .....	1
Micro Vibration Motor Operation .....	1
Software Development Section .....	1
User Experience .....	1
Acceptable Detection Rate .....	1
Intuitive Haptic Feedback .....	1
Coding of Ultrasonic Sensors .....	1
Basics of communication .....	1
Design of software .....	1
Analysis of Values for Improved Accuracy .....	1
Coding of Micro Vibration Motor .....	1
Software Control of Motor .....	1
Need for Transistor .....	1
Non-Linear Intensity .....	1
Conclusion .....	1
Summary and Interpretation of Findings .....	1
Recommendations .....	1
Works Cited .....	1

## Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut efficitur lorem sit amet eleifend aliquam. Morbi lacus felis, egestas at nisl tincidunt, fermentum tristique dui. In molestie purus nunc, sit amet consectetur quam bibendum nec. Cras tellus orci, egestas ut interdum vel, viverra vitae nunc. Ut venenatis et velit quis volutpat. Pellentesque in turpis ipsum. Mauris ac pulvinar lorem, rutrum dictum odio. Aliquam quis urna vehicula, gravida arcu id, ultricies est. Pellentesque et hendrerit ante. Donec ut nulla diam.

Phasellus sollicitudin iaculis pellentesque. Curabitur porta sodales turpis eu imperdiet. Nunc malesuada neque quis justo porttitor, sed semper mi sagittis. Aliquam pretium justo ac erat suscipit lacinia. Nunc orci metus, fringilla et rhoncus ut, pellentesque vitae nulla. Nullam eget ipsum facilisis, scelerisque lacus vel, posuere elit. Proin erat enim, vestibulum ut aliquam nec, tempor id massa. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin at lobortis enim, in varius tellus. Nam non arcu ut orci vehicula consectetur. Donec odio libero, congue a erat quis, porttitor suscipit felis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nullam finibus vulputate diam, eu porttitor urna condimentum ac. Vivamus lobortis nulla non eros sagittis, eget gravida leo dictum. Vivamus accumsan ipsum eu ligula aliquet, sed maximus ligula placerat.

Suspendisse dictum porttitor nisi id consequat. Etiam cursus velit eu neque accumsan, eu malesuada elit aliquam. Cras tortor metus, ultrices sed erat ac, viverra commodo ipsum. In nec justo est. Duis porttitor ligula vel nibh fringilla pulvinar. Donec a metus interdum, tincidunt quam non, mollis massa. Nunc blandit magna quis lacinia porttitor. Vivamus aliquet nisl id lacus bibendum, pretium laoreet diam tincidunt. Integer at purus odio. Curabitur augue ante, ullamcorper quis leo a, ullamcorper convallis neque. Nulla non interdum diam, sollicitudin commodo justo. Nullam sed placerat turpis. Nulla facilisi. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus.

Ut in aliquet enim. Vivamus sollicitudin pulvinar malesuada. Sed placerat enim id sem laoreet, at ultrices mauris vestibulum. Morbi fringilla ligula sit amet nisl ornare, ac rhoncus ipsum rhoncus. In ut malesuada turpis, sit amet tincidunt orci. Ut lectus nisi, rutrum id feugiat in, aliquam vitae turpis. Maecenas feugiat facilisis porta. Curabitur nec eros condimentum, sodales sapien semper, facilisis diam. Sed varius erat neque, vitae aliquam nulla malesuada at. In vitae dapibus urna. Vivamus ut nunc lacus. In hac habitasse platea dictumst. Nunc maximus est in eros pharetra, sed mattis sapien suscipit.

Sed nec odio in risus condimentum semper. Donec purus leo, eleifend eget sodales et, rutrum eu purus. Maecenas tristique vestibulum diam vel fringilla. Vivamus commodo eros sit amet pellentesque volutpat. Suspendisse fermentum felis at elit faucibus, vitae fringilla turpis congue. Pellentesque quis vestibulum erat, sed volutpat nulla. Vestibulum.

## Introduction

**Background.** Imbedded systems are becoming a part of everyday life, from front door locks that can be opened with a cell phone to refrigerators that can notify owners when the milk is low. While the Internet-of-Things (IoT) offers conveniences to the masses and is therefore the most commonly thought of application of imbedded systems, similar imbedded systems also have the potential to be used for much more serious purposes such as sensory replacement.

Replacement human sensory input research and development is ongoing at a very technical level. For example, cochlear implants are already used to directly stimulate nerves related to audio signaling to the brain and allow deaf users to be more aware of sound-producing events. Unfortunately, the cost for a cochlear implant can run close to \$100,000.00, making it difficult for persons to access this technology. Even worse, there is currently no standard medical technology to assist persons with severe vision loss, leaving no help for people who need visual assistance.

This all-or-nothing situation does not have to be the only solution, though. Commonly available electronics can be used to fill these sensory gaps very inexpensively. In addition, once sensory enhancement projects are created and published to public repositories, the devices can be re-created by novice users. In this way, the community can join forces to provide assistance to persons around the globe.

### Project Summary:

This project will devise a portable imbedded system for use by persons with extremely limited vision to augment the use of a cane.

It will use between one and three ultrasonic sensors and multiple haptic feedback motors to guide users away from obstacles which are not yet in the range of a cane and would otherwise be undetectable.

- ◆ Design imbedded hardware system utilizing the arduino platform.
- ◆ Use multiple ultrasonic sensors and multiple haptic feedback motors as input and output to provide control of the system and feedback.
- ◆ Develop software to analyze sensor inputs and determine required hardware action and give appropriate haptic feedback.
- ◆ Test system to determine if it provides assistance to test subjects who are not allowed to use their sight.

**Project Goals.** Curabitur porta sodales turpis eu imperdiet. Nunc malesuada neque quis justo porttitor, sed semper mi sagittis. Aliquam pretium justo ac erat suscipit lacinia. Nunc orci metus, fringilla et rhoncus ut, pellentesque vitae nulla. Nullam eget ipsum facilisis, scelerisque lacus vel, posuere elit. Proin erat enim, vestibulum ut aliquam nec, tempor id massa.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin at lobortis enim, in varius tellus. Nam non arcu ut orci vehicula consectetur. Donec odio libero, congue a erat quis, porttitor

suscipit felis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nullam finibus vulputate diam, eu porttitor urna condimentum ac.

**Platform Choice.** Curabitur porta sodales turpis eu imperdiet. Nunc malesuada neque quis justo porttitor, sed semper mi sagittis. Aliquam pretium justo ac erat suscipit lacinia. Nunc orci metus, fringilla et rhoncus ut, pellentesque vitae nulla. Nullam eget ipsum facilisis, scelerisque lacus vel, posuere elit. Proin erat enim, vestibulum ut aliquam nec, tempor id massa.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Proin at lobortis enim, in varius tellus. Nam non arcu ut orci vehicula consectetur. Donec odio libero, congue a erat quis, porttitor suscipit felis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Nullam finibus vulputate diam, eu porttitor urna condimentum ac.

## Hardware Components Section

### Arduino

**Arduino Mega Specifications.** Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

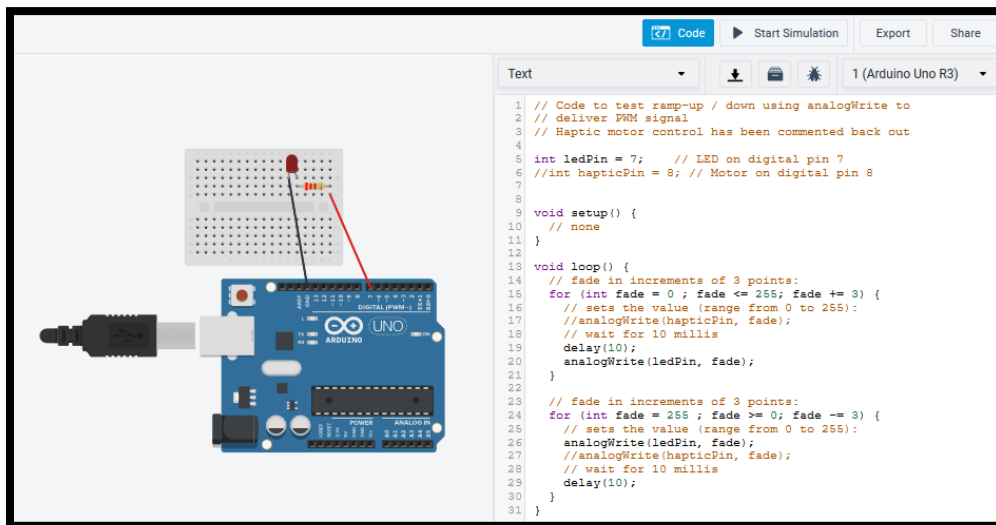
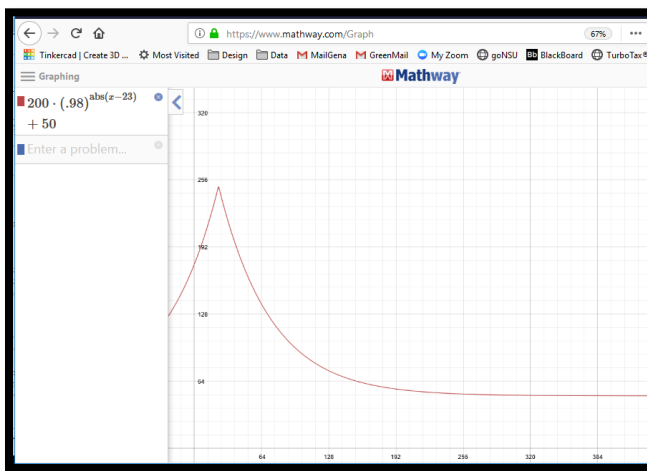


Figure 1 – Name Goes Here. Source: Site source. "Article Name". Apr. 2014.

**Arduino IDE.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.



**Figure 2 – Explanation of Figure 2.**

**Arduino Pro Mini Transition.** Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

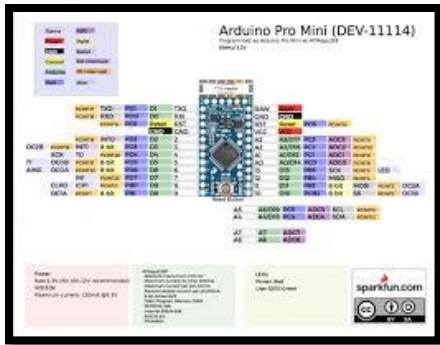


Figure 3 – Description of Figure 3.

### Ultrasonic Sensors

**Theory of Ultrasonic Ranging.** Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

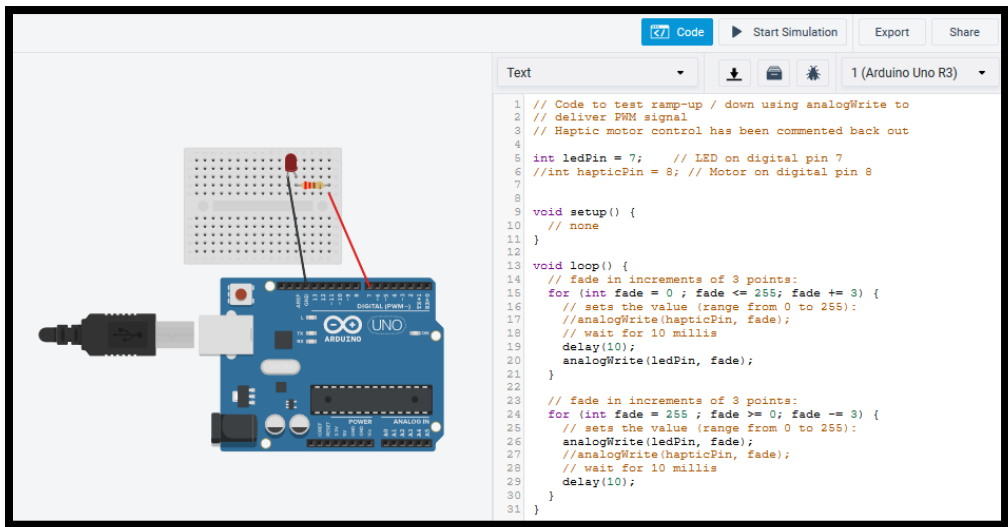


Figure 4 – Name Goes Here. Source: Site source. “Article Name”. Apr. 2014.

**HC-SR04 Ultrasonic Module Specifications.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

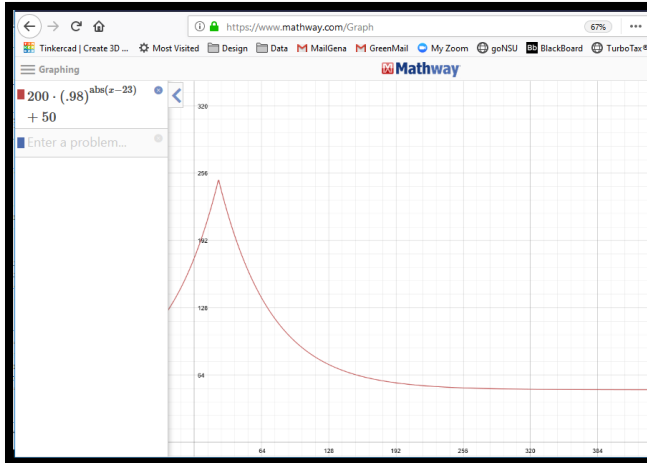


Figure 5 – Explanation of Figure 2.

**HC-SR04 Operation.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

## Micro Vibration Motor

**Micro Vibration Motor Specifications.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.



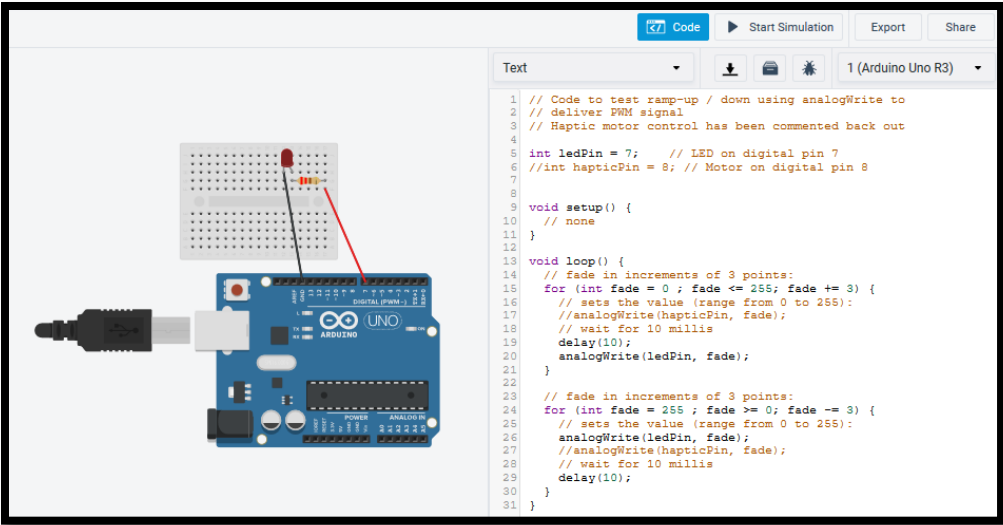


Figure 6 – Name Goes Here. Source: Site source. “Article Name”. Apr. 2014.

**Micro Vibration Motor Operation.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

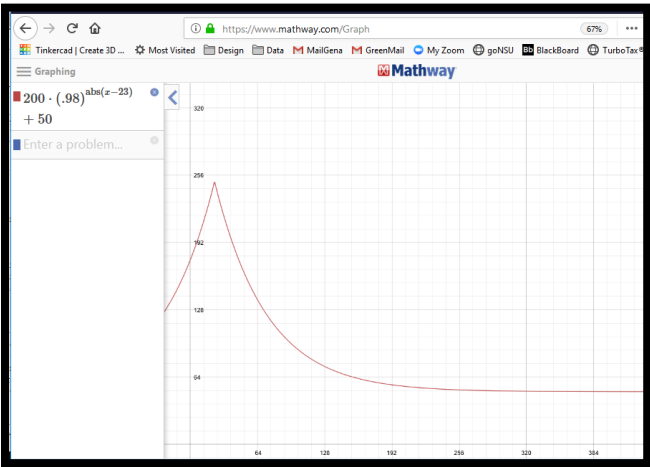


Figure 7 – Explanation of Figure 2.

**Motor Current Draw and Arduino Protection.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui

imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.



Figure 8 – Description of Figure 3.

## Software Development Section

### User Experience

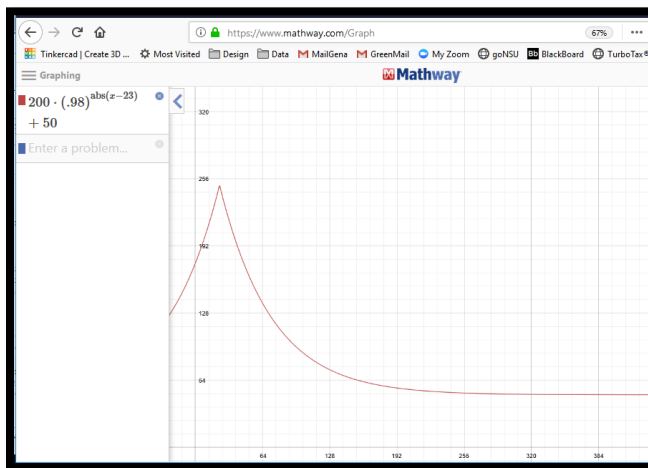
**Acceptable Detection Rate.** Consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

**Intuitive Haptic Feedback.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci.

Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.



**Figure 9 – Explanation of Figure 2.**

## Coding of Ultrasonic Sensors

**Basics of communication.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

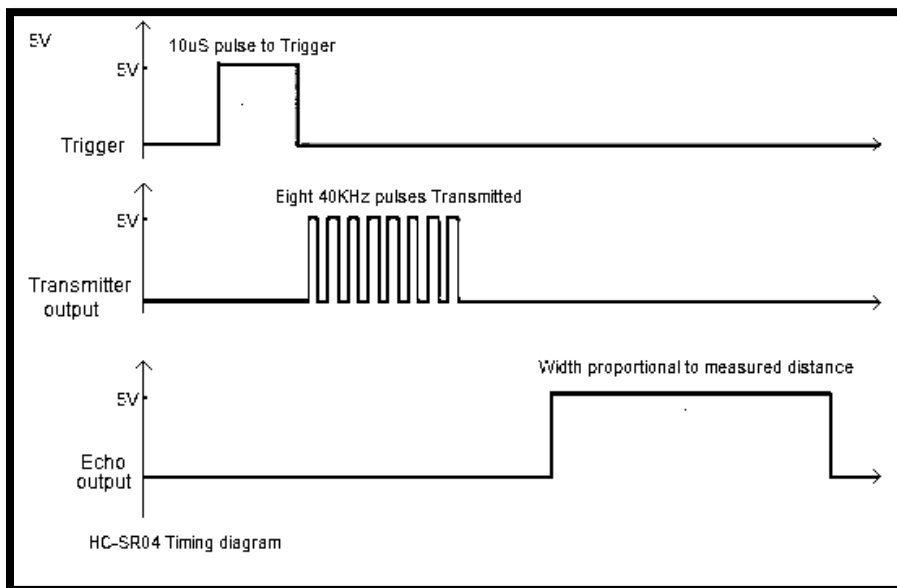


Figure 10 – Description of Figure 3.

**Design of Software.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

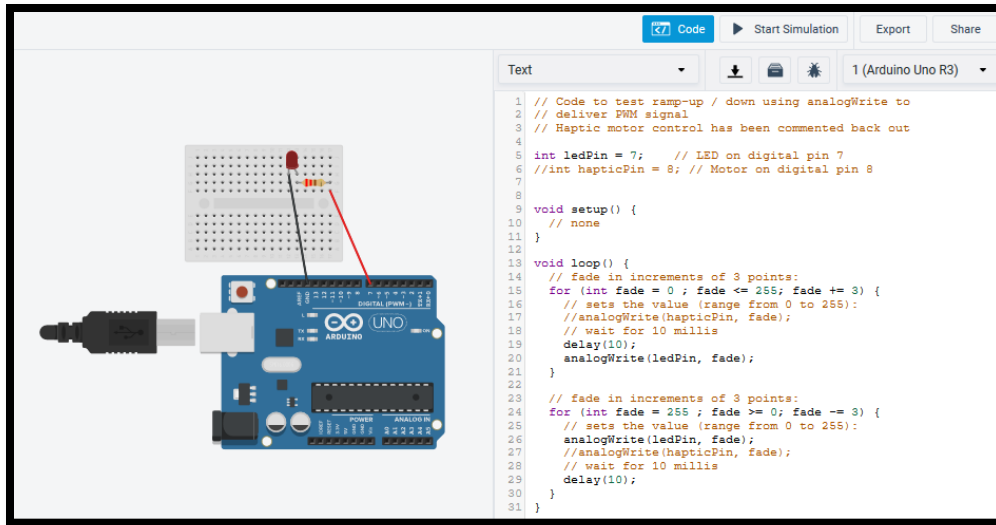


Figure 11 – Name Goes Here. Source: Site source. “Article Name”. Apr. 2014.

**Software Improvement of Detection Accuracy.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

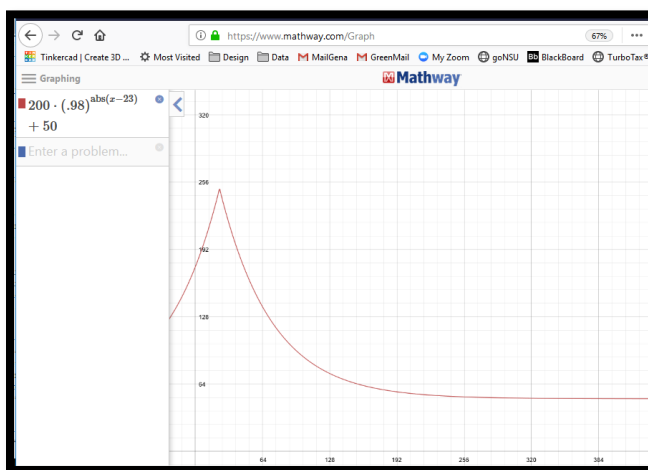


Figure 12 – Explanation of Figure 2.

## Coding of Micro Vibration Motor

**Software Control of Motor.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

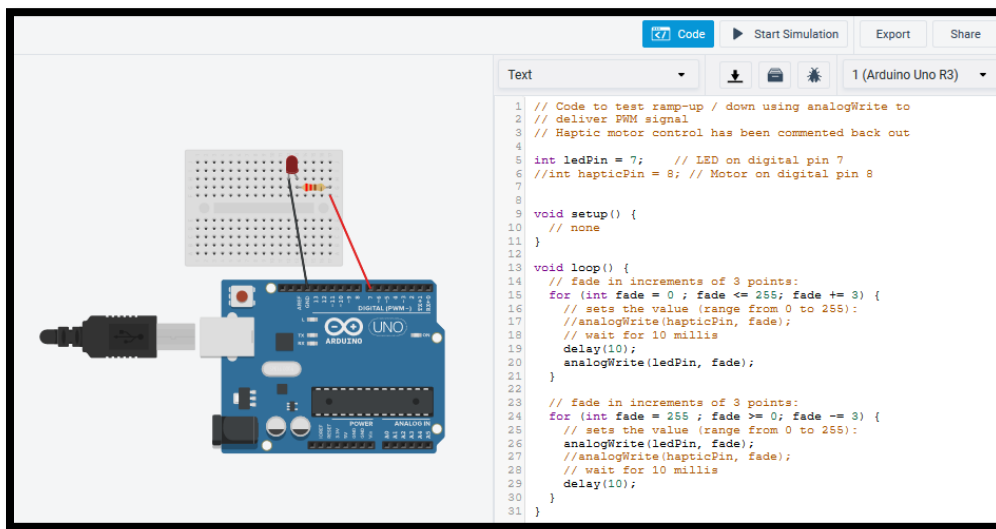


Figure 13 – Name Goes Here. Source: Site source. "Article Name". Apr. 2014.

**Use of Transistor to Prevent Overdraw.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Figure 2 below is a demonstration of this concept. Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

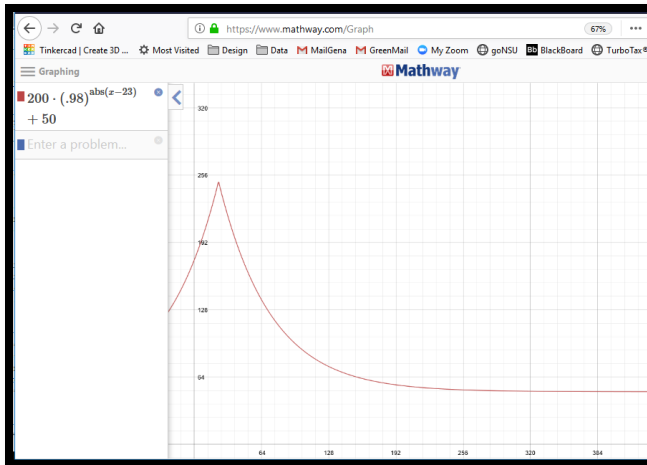


Figure 14 – Explanation of Figure 2.

**Non-Linear Intensity.** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras a gravida lectus. Praesent dapibus ante arcu, non laoreet dui imperdiet ac. Donec velit sapien, molestie et vestibulum at, molestie eu lacus. Praesent accumsan blandit efficitur. Sed suscipit maximus volutpat. Aliquam erat volutpat. Suspendisse scelerisque non lacus at consequat. Nunc ullamcorper convallis enim vitae faucibus. Maecenas id tincidunt orci. Phasellus interdum arcu id nisl tempor fermentum quis ut dui. Sed pellentesque eget orci sit amet mattis. Nunc blandit massa sed nisi eleifend, et bibendum turpis aliquet.

Sed suscipit leo ut purus interdum consequat. Maecenas at efficitur lectus. Ut mollis molestie scelerisque. Nulla commodo posuere eleifend. In a nisl sodales, mattis nulla a, venenatis odio. Etiam augue augue, malesuada vitae metus.

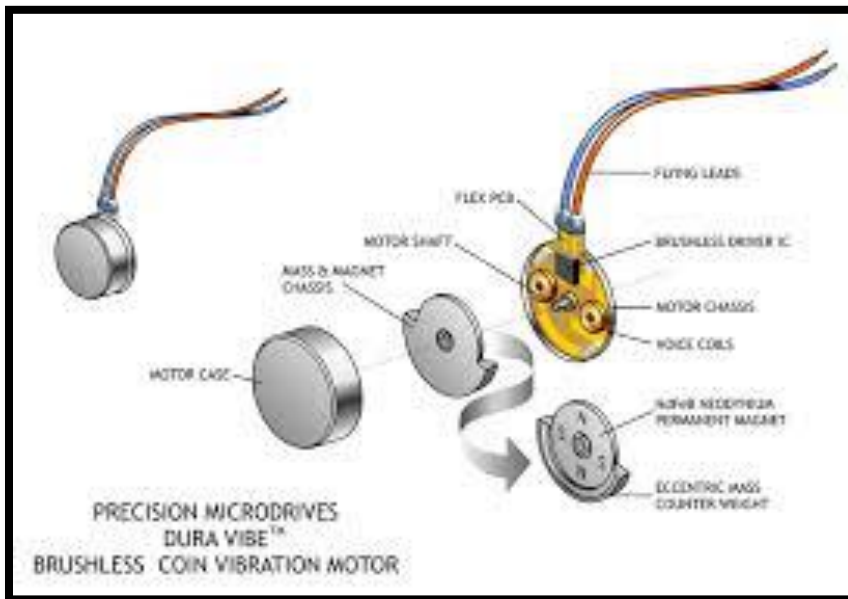


Figure 15 – Description of Figure 3.

## Conclusion

### Summary and Interpretation of Findings

Sed ut nisi sed erat accumsan tincidunt. Donec pellentesque tellus a quam mollis, sit amet feugiat dolor fringilla. Vivamus ac nunc ligula. In sodales ac arcu sed tempus. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Sed eu dictum magna. Etiam vel lectus ut risus egestas rutrum nec nec libero.

Suspendisse vulputate, mi non posuere luctus, ipsum libero sollicitudin sem, ut egestas quam leo et diam. In a leo ac magna commodo cursus id id eros. Phasellus dapibus ullamcorper auctor. Ut quis mauris libero. Sed vel luctus urna, et venenatis tortor. Duis tristique ipsum erat, non auctor metus ultrices in. Integer ac nulla vel magna aliquam iaculis eget eu lorem. Proin eu lectus tincidunt, finibus purus ac, tempus ante. Nulla elementum nulla ipsum, at gravida magna tincidunt et. Quisque cursus, elit pretium sodales vehicula, ligula velit semper leo, vel scelerisque lacus sapien ut risus

Praesent elit leo, fringilla sit amet scelerisque at, viverra at neque. Vestibulum non cursus odio. Praesent sed aliquam leo, nec commodo elit. Aliquam ac mauris quis metus lobortis congue. Praesent efficitur, eros in dictum vulputate, ligula lacus dapibus velit, at commodo lorem odio malesuada est. Morbi tristique gravida ante a venenatis. Ut vehicula aliquam nisi, eu fermentum quam facilisis id. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Sed luctus augue eu turpis rhoncus gravida. Fusce ac enim ut elit egestas blandit. Donec id tortor orci. Phasellus lacinia libero convallis, tristique ipsum quis, commodo magna. Mauris nibh ex, egestas blandit porttitor sed, molestie at ante. Donec imperdiet nisl eget neque mollis, sed congue augue eleifend.

Phasellus ut tortor at magna ultrices fermentum in sed metus. Proin sed tortor non neque laoreet fringilla non vitae quam. Cras fermentum urna turpis, sit amet lobortis nibh vestibulum vitae. Etiam eu blandit mi. Donec non mauris a lectus fringilla volutpat. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque lorem velit, tempor placerat nibh sit amet, efficitur feugiat neque. Praesent non dapibus eros. In eget lorem tellus. Nullam finibus, quam ornare hendrerit tincidunt, dolor purus commodo odio, at commodo sapien nibh eu magna. Donec nibh orci, viverra ac metus lobortis, bibendum finibus nulla. Ut lacinia urna nec sapien tincidunt venenatis. Suspendisse luctus condimentum sapien. Vivamus eu nibh suscipit, semper nibh sed, elementum ante. Sed interdum lacus eu massa pellentesque imperdiet.

Suspendisse non justo magna. Nunc interdum quam at cursus fermentum. Sed ultrices placerat mauris at pharetra. Nunc eget elit a lorem imperdiet lacinia. Curabitur ex mauris, ornare.



## Recommendations

- Aenean egestas eros ac sagittis finibus. Nulla molestie faucibus metus, quis sollicitudin mi gravida ut. Fusce volutpat, ex at hendrerit consectetur, diam ante aliquet est, ac aliquam diam massa nec sem. Pellentesque eget commodo massa, eget fermentum erat.
- Phasellus faucibus vestibulum tortor, at sodales nulla iaculis vitae. Vivamus finibus quam non eros malesuada, in dictum mi faucibus. Sed sed leo porttitor, pulvinar lectus vel, varius risus. Fusce at dapibus eros. Pellentesque eget bibendum magna, at tristique ex. Donec at sapien at ante interdum vehicula sed sit amet turpis.
- Vestibulum facilisis quis augue id iaculis. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Sed felis purus, porta ac laoreet nec, dapibus eget nisl. Donec ipsum augue, suscipit sit amet placerat sed, aliquet vel arcu. Integer eleifend tortor quis ipsum commodo, quis viverra sapien sagittis. Sed hendrerit, libero id maximus malesuada, risus lectus ullamcorper nunc, quis semper felis enim quis lectus.
- Suspendisse tempor enim eget diam vestibulum viverra. Quisque vehicula lorem mi, vel pellentesque nunc gravida eget. Maecenas in sem eget ante elementum accumsan mattis in elit.

### Works Cited

- "Title." *Magazine*, Apr. 2014, [www.url.com/page](http://www.url.com/page). Accessed 30 Nov. 2016.
- "Driving Blind" *Consumer Reports*, vol. 68, no. 10, Oct. 2003, pp. 23-24.
- Federal Motor Vehicle Safety Standards; Rear Visibility, Final Rule, 79 Fed. Reg. 19177-19250 (Apr. 7, 2014) (to be codified at 49 C.F.R. pt. 571).
- "Online Article." *Organization*, 22 Sept. 2011, [www.url.com/files/2014/06/chart.pdf](http://www.url.com/files/2014/06/chart.pdf). Accessed 2 Dec. 2016.
- Mazzae, Elizabeth N. "NHTSA's Backover Crash Prevention Research." *National Highway Traffic Safety Administration*, 2007, [www.kidsandcars.org/files/pdfupload/2007-nhtsa-backover-crash-prevent-study.pdf](http://www.kidsandcars.org/files/pdfupload/2007-nhtsa-backover-crash-prevent-study.pdf). Accessed 29 Nov. 2016.
- National Highway Traffic Safety Administration. *Fatalities and Injuries in Motor Vehicle Backing Crashes*. Nov. 2009, [crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811144](http://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811144). Accessed 2 Dec. 2016.
- . *Vehicle Backover Avoidance Technology Study*. Nov. 2006, [www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Studies%20&%20Reports/Associated%20Files/BackoverAvoidanceTechStudy.pdf](http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/Vehicle%20Safety/Studies%20&%20Reports/Associated%20Files/BackoverAvoidanceTechStudy.pdf). Accessed 2 Dec. 2016.
- Nelson, Gabe. "Cadillac CT6's E-mirror Wins NHTSA Approval." *Automotive News*, 29 Feb. 2016, [www.autonews.com/article/20160229/OEM11/302299989/cadillac-ct6s-e-mirror-wins-nhtsa-approval](http://www.autonews.com/article/20160229/OEM11/302299989/cadillac-ct6s-e-mirror-wins-nhtsa-approval). Accessed 29 Nov. 2016.
- Paltrow, Scot J. "How a Small White House Agency Stalls Life-saving Regulations." *Reuters*, 29 Oct. 2015, [www.reuters.com/investigates/special-report/usa-regulations-oira](http://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-regulations-oira). Accessed 29 Nov. 2016.