



Embedded System Controller for a Longboard.

Autor: Torres Ordóñez, Valeriano.

Director: Wood, Sally.

Entidad Colaboradora: Santa Clara University.

RESUMEN DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema que regule la potencia aplicada al motor eléctrico de un longboard. Este sistema está basado en dos sensores de presión, uno para cada pie, que permiten al usuario acelerar al inclinarse hacia delante. Se pretende que este longboard pueda ser utilizado por cualquier tipo de usuario, independientemente de su peso, altura o estilo de patinaje; para lo que se ha desarrollado un modo de calibración.

El alcance de este proyecto cubre el desarrollo de una máquina de estados que regula el funcionamiento del dispositivo, la implementación de los sensores de forma ergonómica, el desarrollo de una aplicación para smartphones, que posibilita la selección de los diferentes modos de operación; el establecimiento de una comunicación bluetooth estable entre el teléfono y el microcontrolador situado en la tabla; un sistema lumínico de retroalimentación basado en leds y la demostración del correcto funcionamiento del proyecto, regulando la potencia aplicada a un pequeño motor de corriente continua.

2. ESTADO DE LA TÉCNICA

En los últimos años se está produciendo un auge del uso de longboards, monopatines de grandes dimensiones que permiten a sus usuarios desplazarse en distancias cortas con una mayor estabilidad que la que puede aportar un skateboard clásico.

Paralelamente, también se está produciendo una proliferación de medios de transporte eléctricos para un solo usuario con complejos sistemas electrónicos, como los denominados “hoverboards”, “segways” o los propios longboards con la implementación de motores eléctricos.

Los longboards eléctricos presentes en el mercado cuentan con significativas prestaciones de velocidad punta y autonomía, alcanzando los 32 km/h y con una duración de la batería de unos 40 km en condiciones normales de uso. Una vez que el longboard eléctrico como producto se ha afianzado en el mercado, la innovación se está enfocando hacia el modo de regular la potencia que recibe el motor. Tradicionalmente, se ha regulado con dispositivos de control remoto por radiofrecuencia o bluetooth. Sin embargo, estos métodos suelen ser poco ergonómicos y suponen una perturbación en el uso normal del longboard.

El objetivo de este proyecto es proporcionar un método alternativo, basado en el peso del usuario, para controlar el voltaje aplicado al motor, con un coste inferior a los competidores más directos presentes en el mercado, que comercializan este producto en torno a los \$1,300-\$1,500. A su vez, para integrar de la forma más natural posible el control del longboard, el usuario contará con una aplicación en su Smartphone. Desde esta aplicación podrá apagar el motor en cualquier momento, fijar la potencia aplicada al motor, elegir si desea regular el motor con su peso al inclinarse hacia delante o calibrar el sistema para sus características concretas.

3. METODOLOGÍA

Este proyecto se compone de 4 partes principales:

- Desarrollo de la **máquina de estados** que regirá el comportamiento del longboard y su implementación en el microcontrolador, Arduino Mega 2560.
- **Conexión, configuración y diseño** (cuando se ha requerido) de los diferentes componentes electrónicos.
- **Montaje** físico de los componentes en el longboard.
- Desarrollo de la **aplicación** para el control del dispositivo.

3.1. MÁQUINA DE ESTADOS

El sistema está controlado por un algoritmo, en forma de máquina de estados, que ha sido implementado en un microcontrolador Arduino MEGA 2560. Su precio asequible, sencillez y su amplia gama de funcionalidades (entradas analógicas y digitales, comunicación serie, PWM, etc.), ha resultado ser idóneo para el desarrollo de este proyecto. En el siguiente diagrama se puede ver cómo se producen las transiciones de un estado a otro en función de la señal bluetooth recibida (B), que marca el estado; y la señal procedente del sensor del pie trasero (A), que actúa como interruptor de “hombre al agua”.

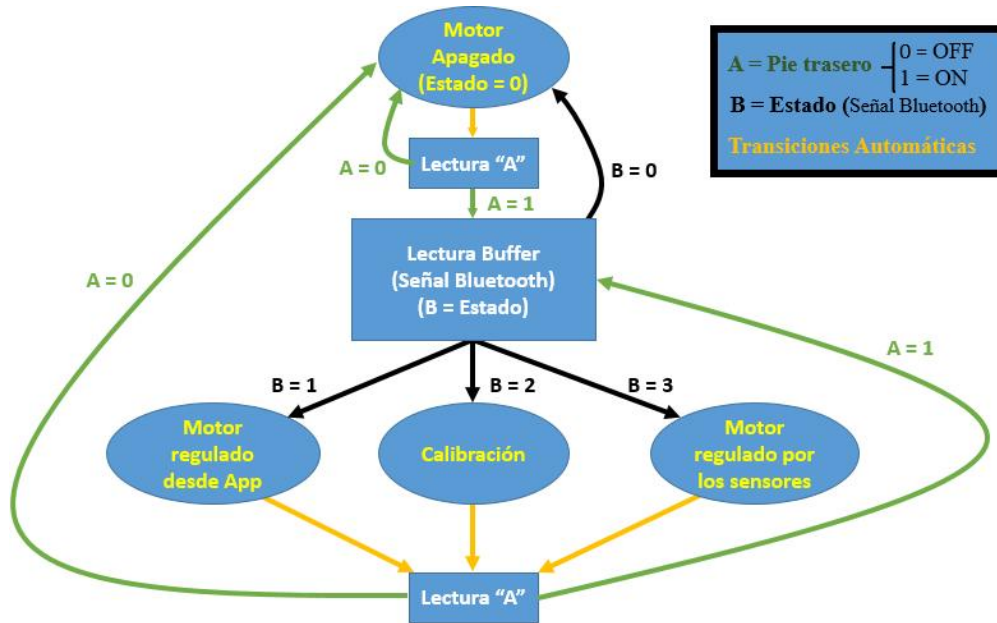


Ilustración 1: Diagrama de transiciones en la máquina de estados.

3.2. CONEXIÓN, CONFIGURACIÓN Y DISEÑO

Cuando las necesidades del proyecto lo han requerido, se han diseñado componentes tanto electrónicos como mecánicos para obtener un funcionamiento óptimo del sistema.

Con el objetivo de aunar todos los componentes electrónicos y sus conexiones de forma compacta y resistente, se ha diseñado una placa de circuito impreso.

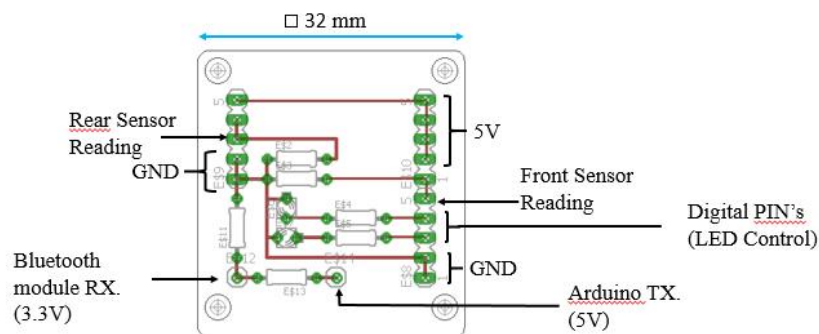


Ilustración 2 Placa de circuito impreso empleada en el proyecto.

Para obtener un correcto acondicionamiento del sensor delantero que garantice su precisión y durabilidad, se ha diseñado, y posteriormente impreso en 3D; una cubierta para el mismo, asegurando siempre que la experiencia del usuario no se ve alterada por estos elementos ajenos a las condiciones normales de uso.

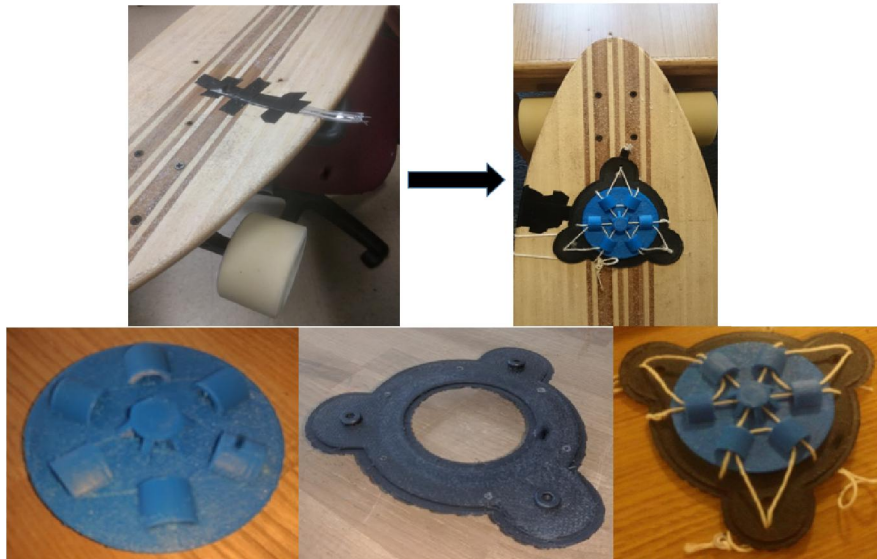


Ilustración 3 Cubierta del sensor delantero.

Para garantizar la mayor seguridad estructural del longboard y mantener la estética diáfana del mismo, se decidió poner un límite de agujeros a taladrar en la tabla para unir los componentes, 3 concretamente. Con estos agujeros se une, en la parte superior, la cubierta del sensor y por la parte inferior, una placa acrílica con todos los agujeros restantes, necesarios para unir los demás componentes.

Otros componentes electrónicos como el módulo bluetooth (HC-05) y el regulador de tensión del motor (H-Bridge), fueron debidamente configurados. Las baterías fueron unidas a la parte inferior del longboard mediante velcros para así facilitar su retirada y eventual reemplazo. Las demás conexiones eléctricas se afianzaron mediante soldadura y los cables mediante cinta adhesiva.

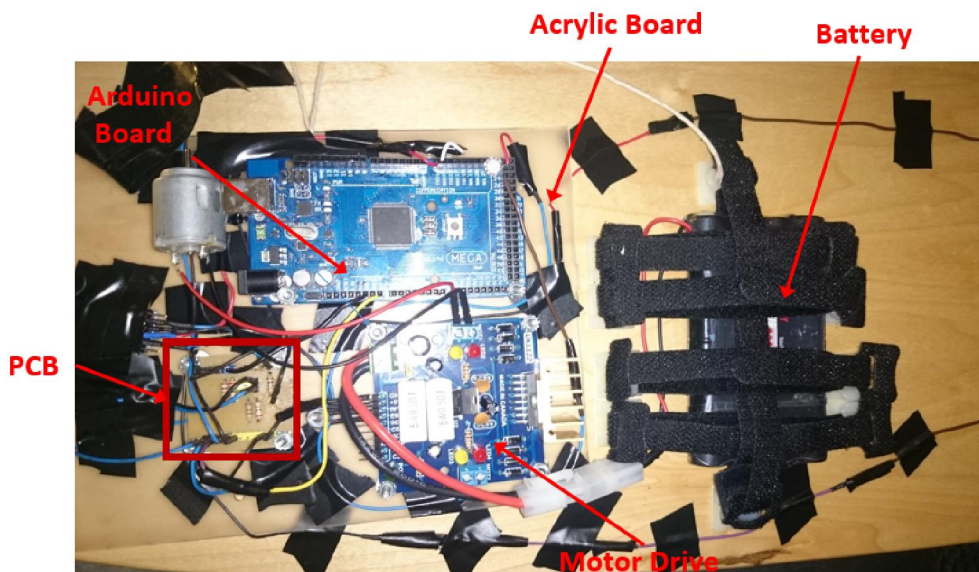


Ilustración 4. Vista de todos los componentes unidos a la parte inferior del longboard.

3.3. APLICACIÓN PARA SMARTPHONE

Con el objetivo de controlar todos los diferentes modos de operación (Motor OFF, motor regulado desde el teléfono, motor regulado desde los sensores de presión y calibración), se ha desarrollado una aplicación, llamada SCU (Skate Control Unlimited). Para ello se hizo uso del entorno de desarrollo “MIT App Inventor”, que resultó ser la herramienta ideal debido a su intuitivo sistema basado en módulos.

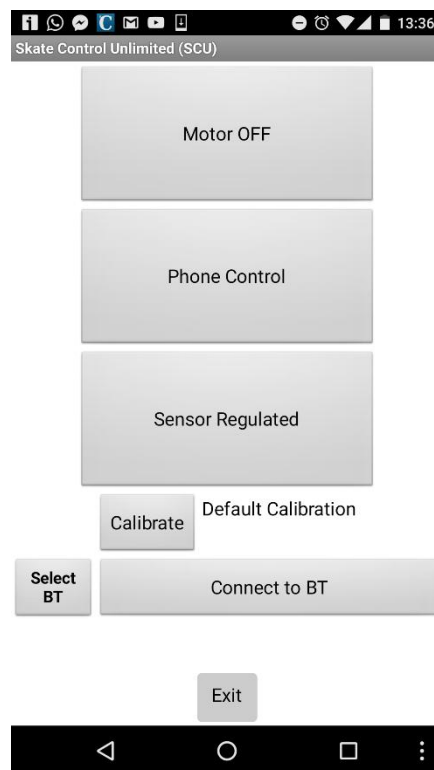


Ilustración 5: Captura de la pantalla de la aplicación desarrollada (SCU).

4. RESULTADOS

Una vez finalizado el desarrollo del proyecto, los resultados han sido muy satisfactorios. Se ha conseguido instalar todos los componentes en el longboard de forma compacta, segura y resistente. El control de la tensión del motor mediante los sensores funciona perfectamente. El modo de calibración otorga a cada usuario una experiencia de patinaje totalmente personalizada. La placa de circuito impreso presenta un nivel de calidad suficiente para el manejo de las conexiones y acondicionamiento eléctrico de los diferentes componentes. El sistema de retroalimentación basado en luces leds responde perfectamente, alertando al usuario de que se está aplicando la máxima tensión en el motor (led rojo en la punta del longboard) y confirmando que se ha calibrado el sistema correctamente (led verde en un lateral). Por último, la aplicación para Smartphones ofrece unas prestaciones suficientes para el control de cada uno de los modos de operación y se comunica con el módulo bluetooth satisfactoriamente. Sin embargo, dicha aplicación presenta algunos fallos a la hora de pasar de un estado a otro, por lo que hay que reiniciarla ocasionalmente. Cabe destacar, que estos pequeños problemas en el código de la aplicación no comprometen en ningún caso la seguridad del usuario.

5. CONCLUSIONES

El proyecto ha sido finalizado cumpliendo con las expectativas iniciales. El longboard proporciona una alternativa fiable y divertida para controlar el motor. En un futuro, con vistas a una posible comercialización, se debería implementar el mismo diseño con un motor trifásico con las especificaciones necesarias para poder arrastrar el sistema y su usuario. Esto implicaría rediseñar todo lo relativo a la electrónica de potencia en el proyecto, como son el controlador del motor o las baterías; aunque en la memoria de este proyecto se incluye una propuesta con todos estos componentes. También sería recomendable ahondar en la posibilidad de instalar un freno regenerativo para el motor eléctrico. Finalmente, el establecimiento de la comunicación serie por bluetooth y su uso para una correcta transición entre estados, aunque satisfactoria, presentó una mayor complejidad con respecto a lo esperado inicialmente. Probablemente, la solución a los fallos que presenta la aplicación, pasan por un aumento de la velocidad de transmisión (baud rate) del módulo bluetooth, aunque por limitaciones de tiempo esta hipótesis no pudo ser comprobada.



Embedded System Controller for a Longboard.

Author: Torres Ordóñez, Valeriano.

Director: Wood, Sally.

Associates: Santa Clara University.

ABSTRACT

1. INTRODUCTION

The goal of this project is to design and implement an embedded system aimed at controlling the motor of an electric longboard. This system will be based on two pressure sensors, one for each foot, which will allow the user to accelerate when leaning on his front foot. This system can be calibrated for each user, regardless of weight, height or riding styles. This project will cover the implementation of these sensors in a seamless way, so that a user's riding experience is not disturbed, the development of a phone application to control different operating modes, the establishment of the communication between the board and the user's phone through a Bluetooth module, and the implementation of a state machine using an Arduino board and LED lighting system for feedback.

2. STATE OF THE ART

Lately, there is a peak in the use of longboards, large skateboards that allow users to move over short distances with greater stability than the offered by a classic skateboard. In parallel, it is also happening a proliferation of electric vehicles for a single user with complex electronic systems, such as the so-called "hoverboards", "Segways" or longboards themselves with the implementation of electric motors.

Electric longboards, which can be already found in the market, have high top speed and autonomy, reaching 32 km/h and a battery life of about 40 km in normal use. Once the electric longboard has secured its role on the market, innovation is focusing on the mode to adjust the power applied to the engine. Traditionally, it has been regulated with RF or Bluetooth remote control devices. However, these methods are often little ergonomic and involve a disruption in normal use of the longboard.

The objective of this project is to provide an alternative method, based on the weight of the user, to control the voltage applied to the motor, at a lower cost than direct competitors in the market, which market the product around \$ 1,300- \$ 1,500. In turn, to integrate the most natural way possible longboard control, the user will have an application on their Smartphones. From this application you can turn off the engine at any time, set the power applied to the motor, select to regulate the engine with weight to lean forward or calibrate the system for the specific characteristics of the user.

3. METHODOLOGY

This project consists of 4 main parts:

- Development of the **state machine** that will govern the behavior of the longboard and its implementation in the microcontolador, Arduino Mega 2560.
- **Connection, configuration and design** (when required) of different electronic components.
- **Physical build** of components on the longboard.
- **Smartphone application** development in order to control the device.

3.1. STATE MACHINE

The system is controlled by an algorithm, as a state machine, which has been implemented in a microcontroller Arduino MEGA 2560. Its affordability, simplicity and its wide range of features (analog and digital inputs, serial communication, PWM, etc.) has proven to be suitable for the development of this project. In the diagram below you can see how transitions occur from one state to another depending on the bluetooth signal received (B), marking the state; and the signal from the sensor on the back foot (A), which acts as a “dead-man” switch.

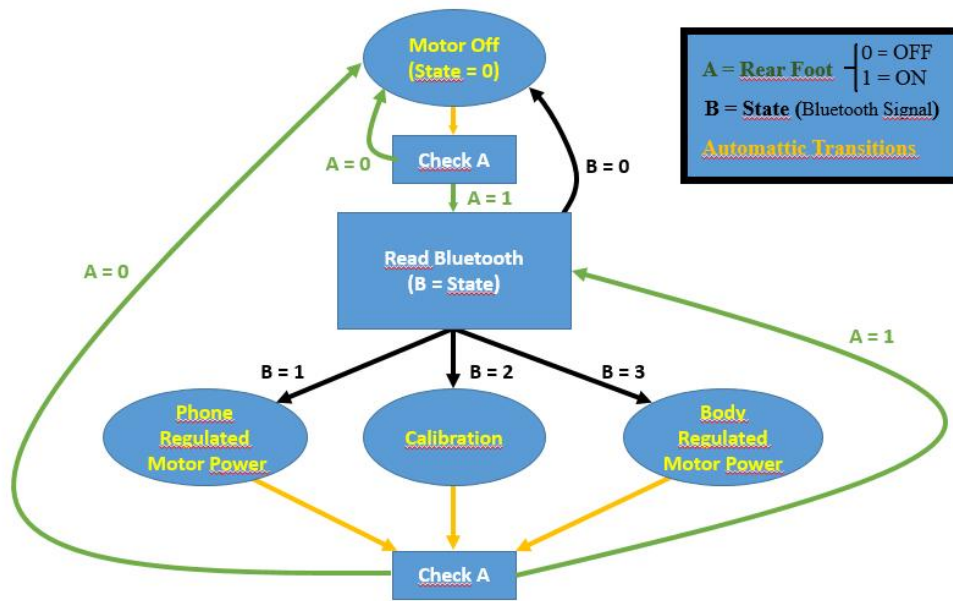


Figure 1: Workflow diagram.

3.2. CONNECTION, CONFIGURATION AND DESIGN

When required, electronic and mechanical components have been designed for optimal system performance.

With the aim of combining all electronic components and connections in a compact and resistant way, a printed circuit board has been designed.

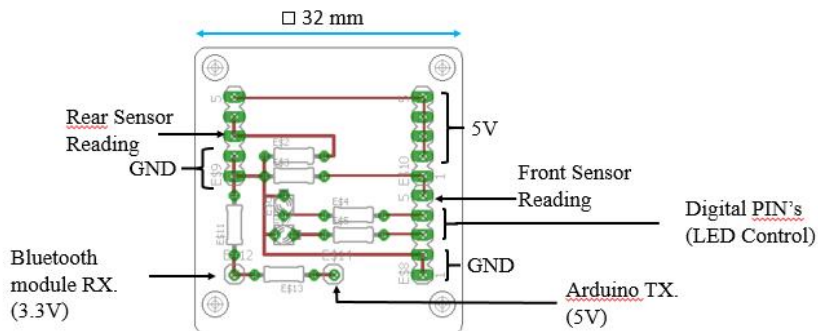


Figure 2: PCB schematic.

In order to achieve proper front sensor conditioning, which guarantees its precision and durability, a sensor mat has been designed and 3D printed. Nomal user experience is ensured, by means of an ergonomic design.

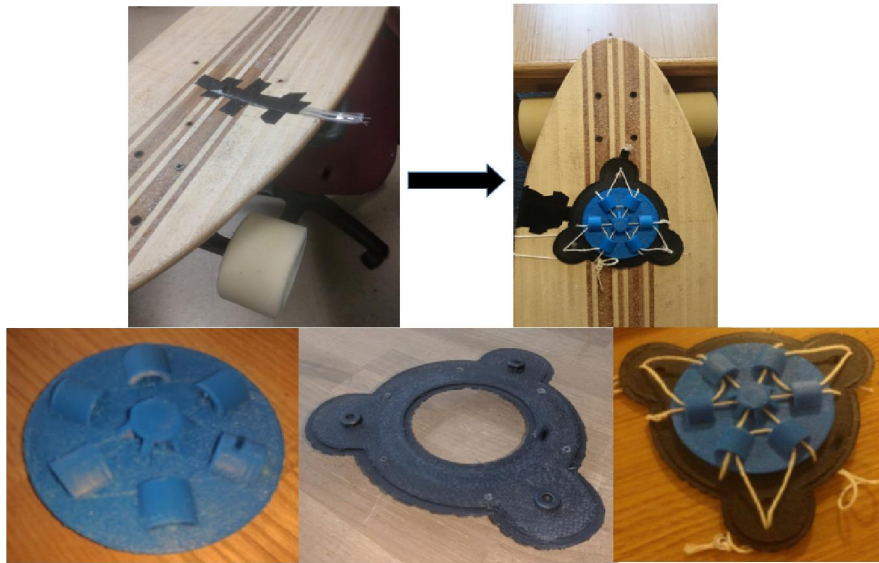


Figure 3: Front sensor mat implementation.

In order to provide maximum structural security and keep certain aesthetics levels, a maximum of drilled holes was set to 3. By means of these holes, the sensor mat is attached to the upper part of the board and an acrylic board, with enough holes to attach the rest of the components, is placed under the board.

Other electronic components, such as the Bluetooth module and the H-Bridge motor drive, were thoughtfully set for this project. Batteries were placed under the board by means of velcros, aiming at making it easier to remove them. All the electric connections are properly wired and welded.

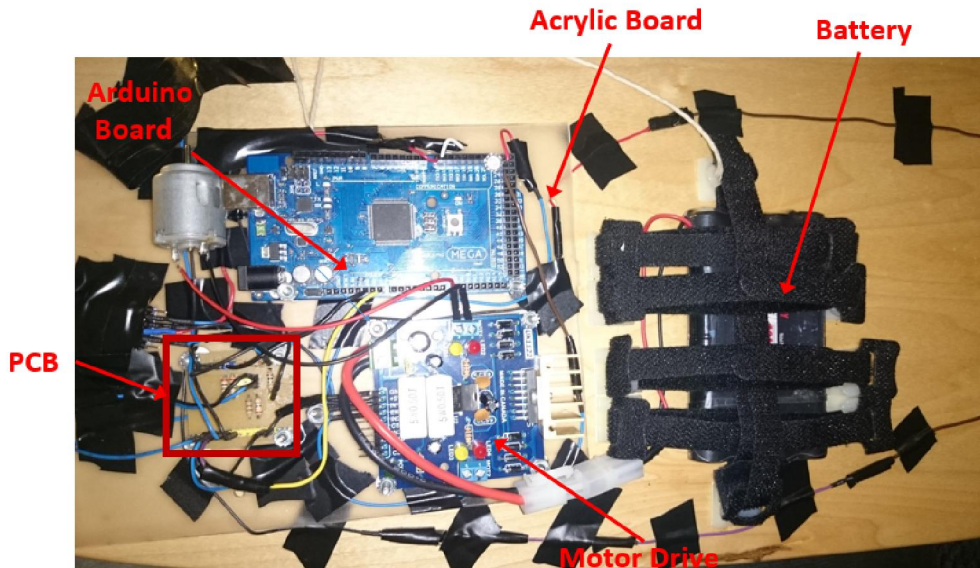


Figure 4: View under the board.

3.3. SMARTPHONE APPLICATION

In order to control all the different operation modes (Motor OFF, power regulated from the phone, power regulated by body leaning and calibration), a phone application called SCU (Skate Control Unlimited) was developed. This application was developed by means of the “MIT App Inventor” tool, which resulted to be highly useful for this aspect.

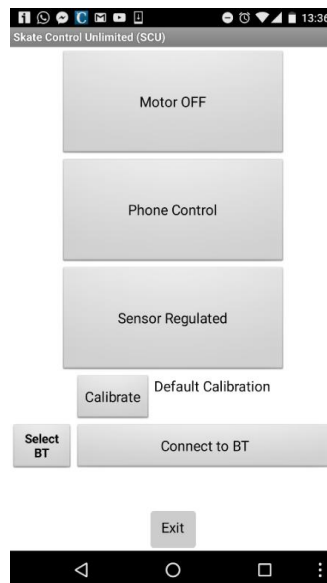


Figure 5: Screenshot of the phone application (SCU).

4. RESULT

Upon completion of the project, the results have been very satisfactory. All components have been installed on the longboard in a compact, safe and resistant way. Control by the motor voltage sensor works perfectly. The calibration mode gives each user a personalized riding experience. The printed circuit board has a sufficient level handling electrical connections and fittings of different components. The feedback system based on LED lights responds perfectly, alerting the user that maximum voltage is being applied to the motor (red LED at the tip of the longboard) and confirming that the system has been calibrated properly (green LED on the side). Finally, the Smartphone application offers enough features to control each of the operating modes and communicates with the bluetooth module successfully. However, the application has some glitches when moving from one state to another, so it must be restarted sometimes. It is noteworthy that these small problems in the application code do not compromise in any case the user safety.

5. CONCLUSION

By the end of this project all stages were developed successfully. Performance of the pressure sensors were consistent and reliable. However, some glitches in the phone application appeared unexpectedly. Therefore, deeper study on accurate phone application development should be done. The establishment of serial communication via Bluetooth and its use for proper transition between states, although satisfactory, showed greater complexity than initially expected. Probably the solution to failures within the application, go through an increase in transmission speed (baud rate) with the Bluetooth module, but due to time constraints this hypothesis could not be confirmed. Anyway, this first stage of a final marketable product can definitely be considered overall successful. In the future, when the sensor control system is fully developed and tested, it would interesting to set this control system on a board with an actually powerful enough electric motor. This future implementation would require to change many components, such as the batteries and the addition of an ESC (Electronic Speed Controller) which acts as a motor drive and converts DC current from the batteries into AC current to feed a brushless motor.