

## **DESENVOLVIMENTO DE UM HARDWARE CONTROLADOR DE VEÍCULOS OPERADOS REMOTAMENTE**

**MATEUS TERRIBELE LEME<sup>1</sup>; JEAN CARLOS SCHEUNEMANN<sup>2</sup>; MARCELO  
LEMON ROSSI<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [mateusterribele@hotmail.com](mailto:mateusterribele@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jeancarsch@gmail.com](mailto:jeancarsch@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marcelo.rossi@ufpel.edu.br](mailto:marcelo.rossi@ufpel.edu.br)

### **1. INTRODUÇÃO**

A vida sendo um bem indisponível e a necessidade de preservar a integridade física e moral do indivíduo houve a exigência de desenvolvimento de novas tecnologias para a sua preservação, com isso a criação de veículos não tripulados vêm sendo a grande solução na atualidade. Eles estão presentes em vários ambientes, seja usando os ROUV's (Remotely Operated Underwater Vehicle), que possibilita operações em grandes profundidades como monitorar ou executar funções em poços de plataformas petrolíferas, ou com os RCV's (Remotely Controlled Vehicle) que possibilita operações terrestres, como em um esquadrão antibomba onde há necessidade de desarmar explosivos, ou, então, o uso de RPA's (Remotely Piloted Aircraft) que possibilita operações aéreas, usados, por exemplo, em projetos de geoprocessamento para mapear áreas com rapidez e precisão identificando os tipos de solos ali presentes.

O presente trabalho visa mostrar o desenvolvimento de um modelo básico de hardware controlador para um veículo remotamente controlado (VRC), sendo possível utilizá-lo em qualquer projeto de VRC.

Neste trabalho serão abordados os passos de desenvolvimento e as dificuldades encontradas em todo o processo de desenvolvimento.

### **2. METODOLOGIA**

Antes de começarmos a desenvolver o hardware foi preciso escolher uma estrutura onde iríamos aplicá-lo e como iríamos pilotá-lo. Decidiu-se reutilizar a estrutura antiga de um RCV. Para isso, foram retiradas todas as peças de controle, deixando apenas as partes mecânicas compostas pelo chassi e os dois eixos. O dianteiro é responsável pela direção, utilizando um servo motor para orientá-lo, e o eixo traseiro operando em conjunto com um sistema de engrenagens e um motor para tracionar o RVC. Para pilotá-lo optou-se por desenvolver por desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, que utilize o sistema Android.

A partir destas escolhas, começou-se a desenvolver o hardware controlador. De forma a permitir que o RCV tenha várias funções, como, controle de motores, controle de periféricos (câmeras de vídeo, braços robóticos, etc) e que permita a transmissão desses dados, escolheu-se trabalhar com sistema embarcado, e, dessa forma, foi escolhido a plataforma BeagleBone Black.

Escolheu-se esta plataforma porque ela oferece comunicação ethernet, utilizada para enviar informações a um mini roteador, que servirá de ponte para o dispositivo móvel; 2 entradas USB para comunicação com dispositivos periféricos; canais de PWM (Pulse-Width Modulation), que possibilita controlar a potência dos motores; 512MB de memória RAM DDR3 e compatibilidade com vários sistemas operacionais, no caso foi utilizado o Linux Ångström.

Definido o hardware do controlador, foi desenvolvido o software que rodará no sistema embarcado. Este software é responsável por receber informações do dispositivo móvel, converter as informações em acionamento dos motores no ROV (por acionamentos das GPIO – General-Purpose Input/Output) e, também, de retornar ao usuário informações do RCV, como a imagem da câmera.

Ao software foram adicionados controladores PID, de forma a permitir um controle preciso da posição de motores, como o posicionamento correto das rodas do eixo dianteiro durante as curvas ou de outros motores que podem ser adicionados (garra, manipuladores, etc). O software também tem acesso aos controladores PWM para controle de potência dos motores, que foi utilizado para controle de velocidade do motor de tração e de posição para o giro das rodas.

Depois de desenvolvido a parte computacional de controle, usando o sistema embarcado, foi preciso construir o hardware de potência para acionamento dos motores que permitem o movimento do RCV. Esse hardware possui a função de: regulação de tensão, devido às divergências dos níveis de tensão do hardware; duas pontes-H, que permitem inverter o sentido da corrente em cada motor (e assim a direção do giro dos motores); e circuito de alimentação, capaz de suprir energia para o sistema de controle (sistema embarcado) e os seus acessórios (miniroteador e motores).

A alimentação do RCV é fornecida por uma bateria de LiPO (Polímero de Íon de Lítio), com tensão nominal de 14,8V e com capacidade de 2200mAh. A capacidade e a tensão da bateria foram definidas por testes de laboratório com o intuito de medir o consumo e a tensão de operação de cada um dos componentes do ROV.

Os testes de laboratório demonstraram que os motores operam a uma tensão muito superior à do sistema embarcado. Assim, de forma a fornecer a tensão necessária ao sistema embarcado, foi preciso construir um regulador de tensão, para abaixar a tensão de 14,8V para 5V. O consumo máximo estimado para os equipamentos que utilizariam os 5V foi de 4A, dessa forma optamos por utilizar o regulador linear LM338, que por sua vez é de fácil utilização como apresentado no circuito da Figura 1, pois ele necessita apenas de capacitores de filtro, sendo um para estabilizar a entrada e um para estabilizar a saída, e uma configuração de resistores que controlam a tensão, no caso usou-se um trimpot de forma a ter um ajuste preciso da tensão de 5V. O controle de tensão do LM338 obedece a equação,  $V_{out} = 1,25V \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{R2}$ , disponibilizada em seu datasheet. Teve-se um cuidado especial durante a elaboração do layout do circuito, devido ao espaço reduzido sobre o aerofólio, local escolhido para acomodar o alimentador. O layout finalizado de acordo com a Figura 1.

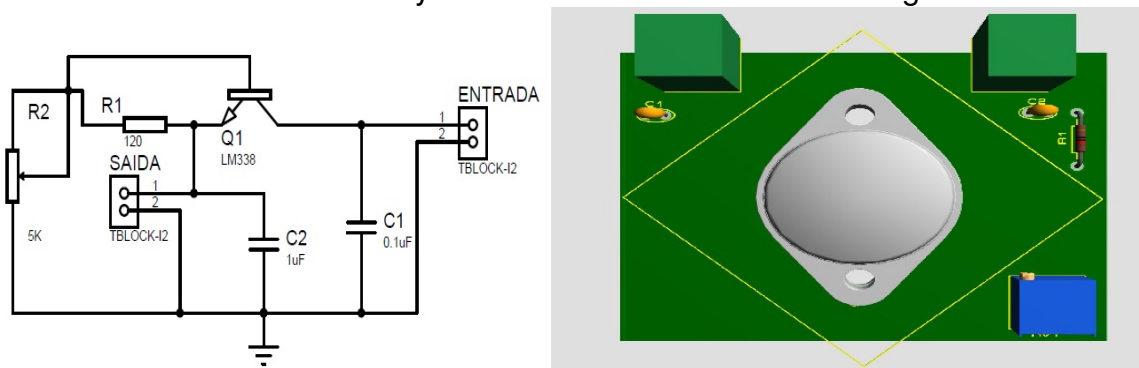


Figura 1 – Esquema elétrico do regulador de tensão a esquerda e o seu layout à direita

Os motores precisam ser acionados para os dois sentidos de rotação, para isso foram utilizadas pontes-H. A ponte H consiste em uma configuração de quatro transistores NPN em que apenas dois de cada vez podem ser acionados e em certa ordem. Dessa forma permite o fluxo da corrente elétrica em dois sentidos diferentes no motor utilizando uma fonte assimétrica (como a bateria) e, assim possibilitando a inversão do sentido de rotação dos motores.

Para a simplificação do circuito foi utilizado o CI L298 que consiste em duas pontes-H em um único encapsulamento. Outra vantagem do L298 é que possui entrada para o pulso PWM, possibilitando, assim o controle da velocidade dos motores e a escolha do sentido da rotação.

O limite de tamanho deste hardware foi determinado pelo tamanho da BeagleBone Black, pois ele foi projetado para se encaixar sobre ela. Para garantir o funcionamento correto do sistema foi criado, primeiramente, o hardware para testes dos motores ilustrado na Figura 2. Os testes apresentaram que o CI se comportou de uma forma muito satisfatória, e então seguimos para o desenvolvimento do hardware definitivo de controle dos motores e periféricos, ilustrado na Figura 2.

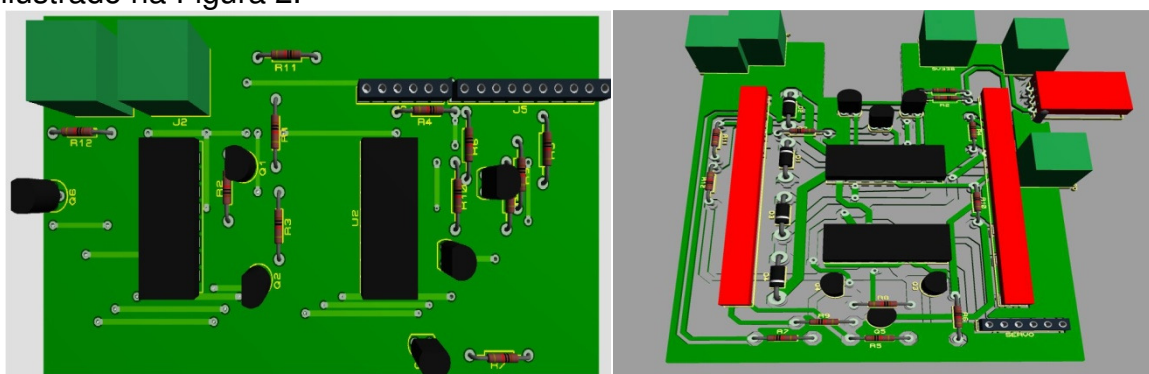


Figura 2 – Placa de teste para o acionamento dos motores à esquerda e placa final do RCV à direita

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O funcionamento final do RCV consiste no seguinte procedimento. Primeiramente, é necessário ligar o hardware controlador na alimentação da bateria LiPO, com isso, será iniciado todos os dispositivos e periféricos, assim possibilitando o uso do mini-roteador (sistema de comunicação). Posteriormente, deve-se rodar o aplicativo controlador no dispositivo móvel, que por sua vez oferecerá todas as ferramentas necessárias para pilotar do RCV (Joystick e stream de vídeo). Com o aplicativo já em funcionamento, ilustrado na Figura 3, o operador deve se conectar-se com o RCV e, assim, conseguirá acesso a todo o controle dos motores.

Ao ser enviado um comando do aplicativo controlador através do dispositivo móvel, o mini-roteador recebe-o e repassa-o para o sistema embarcado, que faz sua leitura e o executa no hardware controlador, fazendo com que os motores venham a ser acionados.

O RCV também conta com uma câmera de vídeo acoplada em sua estrutura, usada para transmissão em tempo real. Seu uso é definido da seguinte maneira, a câmera captura cerca de 40 fotos por segundo e as envia para o sistema embarcado que as processa através de uma ferramenta de processamento de imagem do kernel de seu processador, assim possibilitando a transmissão para o aplicativo controlador no dispositivo móvel.

A autonomia do RCV virá com o aperfeiçoamento do hardware controlador, que permitirá o uso mais eficiente da carga da bateria, pois, neste hardware desenvolvido, está sendo usada uma regulação de tensão linear que não é a ideal (porem mais simples) uma vez que existem perdas constantes de energia convertidas em forma de calor (Efeito Joule) para abaixar a tensão à desejada.

A regulação de tensão ideal para este sistema consiste em um uso de um buck converter, que utiliza um método de chaveamento em alta velocidade para reduzir as perdas por dissipação de calor. Para este RCV será necessário um projeto de buck converter específico e, para desenvolvê-lo e aplicá-lo, é necessária uma pesquisa mais ampla, abordando assuntos mais aprofundados e específico exigindo, assim, um conhecimento maior sobre eletrônica de potência para seu desenvolvimento. A estrutura geral do desenvolvimento do RCV está ilustrada na Figura 3.

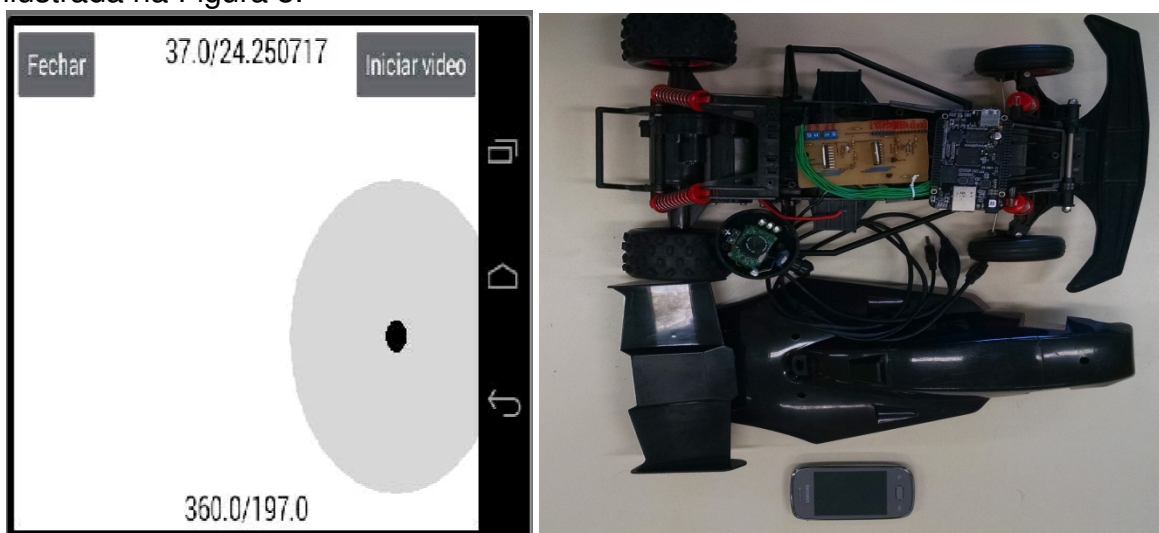


Figura 3 – Aplicativo mobile para o controle do RCV à esquerda. Sistema do RCV e o seu controlador mobile à direita

#### 4. CONCLUSÕES

Foi abordado neste projeto o desenvolvimento e construção de um RCV com intuito de criar um modelo básico de hardware controlador, assim possibilitando o seu uso em futuros trabalhos de desenvolvimento de VRC's.

O modelo básico de hardware controlador consiste em três partes, sendo elas: ajuste de tensão, processamento e sistema de acionamento.

O ajuste de tensão deve ser desenvolvido, de acordo com as necessidades de tensão que o hardware controlador carecerá. Deve-se escolher o melhor processo de regulação, o que possibilite melhor aproveitamento da fonte de alimentação do hardware.

A parte de processamento deverá conter um sistema embarcado, que contenham ferramentas que possam suprir as necessidades do RCV. Para escolhê-lo da melhor maneira possível é preciso uma listagem das operações do RCV, pois são elas que definem o que o sistema embarcado deverá conter para operá-las.

O sistema de acionamento é o que possibilitará o controle dos motores. Para desenvolvê-lo deve-se saber a potência que os motores utilizarão para escolher um circuito adequado.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOLLOY, Derek. **The Beaglebone**: Electronic Engineering Education and Innovation. 2014. Disponível em: <<http://derekmolloy.ie/>>. Acesso em: 9 abr. 2014.

INSTITUTO NEWTON C BRAGA. **Ponte-H com controle PWM**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/110-mecatronica/robotica/1213-ponte-h-com-pwm>>. Acesso em: 8 maio 2014.

TUREVSKIY, Arkadiy. **PID Control Made Easy**: PID Control. 2014. Disponível em: <[http://www.mathworks.com/videos/pid-control-made-easy-81646.html?s\\_tid=srchtitle](http://www.mathworks.com/videos/pid-control-made-easy-81646.html?s_tid=srchtitle)>. Acesso em: 17 set. 2014.

TANZILLI, Sergio (Org.). **Video Streaming**: Using mjpeg streamer to stream video over HTTP. 2014. Disponível em: <[http://www.acmesystems.it/video\\_streaming](http://www.acmesystems.it/video_streaming)>. Acesso em: 21 out. 2014.