

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

## **SEL 0352 - Instrumentação Eletrônica II**

Prof. Edison Gesualdo

### **Documentação Final** Distribuição de Frenagem

Alunos:

Allyson Motta

Leonardo Bosco

Marvin Castro Grossi

Mateus Vanzella

n° USP 8606500

n° USP 8552028

n° USP 8504239

n° USP 8504181

*São Carlos*  
*07/2017*

# Sumário

1.0 Problema	2
2.0 Abordagem	3
3.0 Circuito	4
4.0 Montagem	6
5.0 Resultados	8

## 1.0 Problema

Um aspecto muito importante dos carros de competição, e principalmente os *offroads*, é a distribuição de frenagem entre as rodas dianteiras e traseiras. Alterar esta característica permite ao piloto maior controle sobre o carro, que se converte em desempenho. Portanto, desenvolveu-se um dispositivo que permite que o piloto altere a distribuição durante a corrida.

O mecanismo de funcionamento da distribuição consiste em alterar a posição de uma peça (Bias) que está atrelada a uma barra. Esta barra (*Balance Bar*) funciona como um braço de alavanca que fornece torque às rodas quando o freio é pressionado. O Bias é o ponto de apoio para essa alavanca. Portanto a posição do Bias determina o torque a ser entregue ao sistema dianteiro e traseiro. Podemos verificar as peças envolvidas através da Figura 1.



- 1 - Servo motor
- 2 - Bias

Figura 1 - Mecanismo de distribuição de frenagem

O objetivo do trabalho é criar um dispositivo que permita que o piloto faça a distribuição em tempo real durante a corrida.

## 2.0 Abordagem

Para realizar a movimentação do Bias, atualmente, no carro de competições do BAJA EESC-USP foi posicionado um servo motor que gira uma engrenagem. Esta, gira uma outra engrenagem presa a uma barra roscada, que por sua vez, está encaixada no Bias. Pode-se verificar através da Figura 1.

A solução para possibilitar que o controle da distribuição da frenagem seja feito pelo piloto, foi utilizar dois potenciômetros: um no painel do carro e um linear atrelado ao Bias. Assim, quando o piloto gira a chave de um potenciômetro angular no painel, a diferença de tensão gerada é notada por um dispositivo. Este aciona o motor, mencionado anteriormente, e movimenta o Bias. Com a movimentação deste, o potenciômetro linear altera sua resistência. Isto é feito até que estabeleça a mesma diferença de tensão que foi gerada no potenciômetro do painel. Portanto o dispositivo deve ter a função de comparar as tensões e acionar o motor.

Após discutirmos em sala de aula diversas abordagens para o dispositivo, chegamos em dois formatos. Realizar o controle projetando um circuito analógico automático ou utilizar um microcontrolador e controlar por software. Escolhemos realizar a opção do circuito analógico por diversos motivos. É um método mais robusto, tem um custo relativamente baixo (como será visto na seção 4) e também engloba soluções que são diretamente abordadas na disciplina teórica relacionada (Instrumentação Eletrônica I). Propusemo-nos a projetar o circuito, simulá-lo utilizando o LTSpice, montá-lo e possivelmente realizar uma bateria de testes.

Uma alteração proposta foi a utilização de um motor DC ao invés de um servo motor, como feito anteriormente pelo BAJA EESC-USP. Foram relatados diversos problema em relação a robustez e força do servo motor durante as competições. Como ele é exposto a toda sorte de interferências como fortes trepidações e barro em toda a estrutura (engrenagens, Bias, *Balance Bar*, e no próprio motor), a escolha mais acertada é um motor DC.

Outros aspectos do projeto foram analisados. A fixação do motor pode se manter a mesma já utilizada pelo baja. O circuito pode ser produzido em uma placa de circuito impresso (PCI) e encapsulado para não ser influenciado por fatores externos. Pode ser fixado na estrutura que prende o motor (como é muito leve, não haverá sobrecarga). A alimentação do circuito será proveniente da bateria de 12V do carro.

### 3.0 Circuito

Como solução do problema, o circuito projetado foi baseado em um comparador, que verifica a posição de cada potenciômetro e dita em qual direção o motor e conseqüentemente o BIAS deve se mover utilizando uma ponte H. Para que o circuito tivesse uma tolerância de posição e não ficasse ligado o tempo todo, acabando com a vida útil dos componentes, foi desenvolvida uma segunda parte do circuito que desliga a alimentação do motor caso a posição dos potenciômetros estejam dentro de uma tolerância. O circuito completo está apresentado na Figura 2.

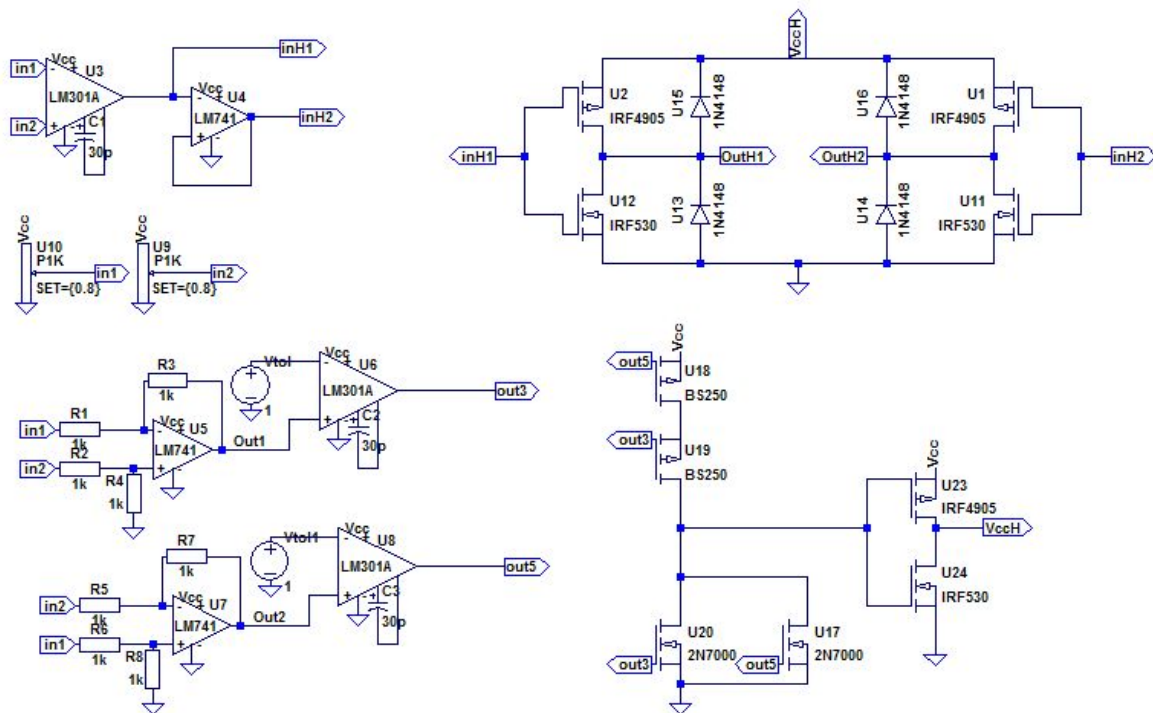


Figura 2 - Circuito Completo

Primeiramente foi escolhido um CI comparador para realizar a tarefa de comparar os valores dos potenciômetros através de um divisor de tensão aplicado nos próprios potenciômetros, deste modo a saída do comparador fornece  $V_{cc}$  quando os potenciômetros estão com uma diferença de posição positiva (para a direita) e 0 para uma diferença de posição negativa (para a esquerda). Como deseja-se movimentar um motor DC foi adicionado um Buffer Inversor na saída do comparador, de modo que o circuito tenha duas saídas sempre complementares, que ditam o sentido do motor através de uma Ponte H, estes circuitos estão apresentados na Figura 3.

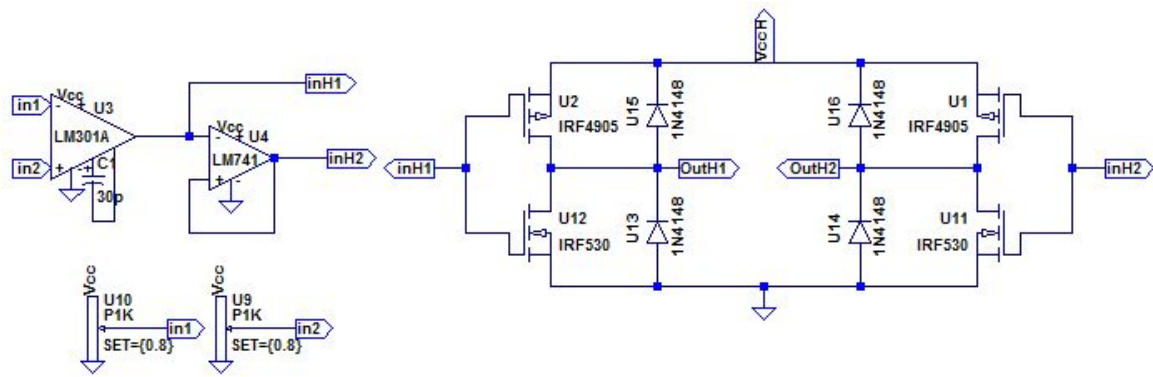


Figura 3 - Comparador e Ponte H.

A segunda parte do projeto tem como objetivo fazer com que o circuito tenha uma tolerância para posições de potenciômetros muito próximas, fazendo com que a alimentação do motor DC seja cortada caso isto aconteça.

Isto foi realizado comparando a posição dos potenciômetros através de um amplificador de diferenças e um amplificador comparador, de modo que caso a diferença entre as tensões fornecidas pelos potenciômetros sejam menores que uma tensão de referência de tolerância, aplicada no comparador, a alimentação do circuito é cortada.

Como não é possível utilizar uma alimentação simétrica, sendo a alimentação do circuito proveniente da bateria do carro, foi necessário utilizar dois circuitos de tolerância, um para cada sentido de desvio. Caso os potenciômetros estejam com um desvio positivo dentro da tolerância, cabe a um dos comparadores cortar a alimentação, caso estejam com um desvio negativo, o segundo comparador corta a alimentação, e se os potenciômetros estiverem com uma diferença maior que a tolerância para qualquer um dos sentidos, nenhum dos comparadores agirá sobre a alimentação.

A parte do corte da alimentação da Ponte H foi feita utilizando uma lógica digital 'NOR', implementada com transistores MOS, que tem saída Vcc para o próximo estágio somente quando nenhum dos comparadores estiver acionado, ou seja, nenhuma das tolerâncias estiver sendo respeitada. O circuito discutido está apresentado na Figura 4.

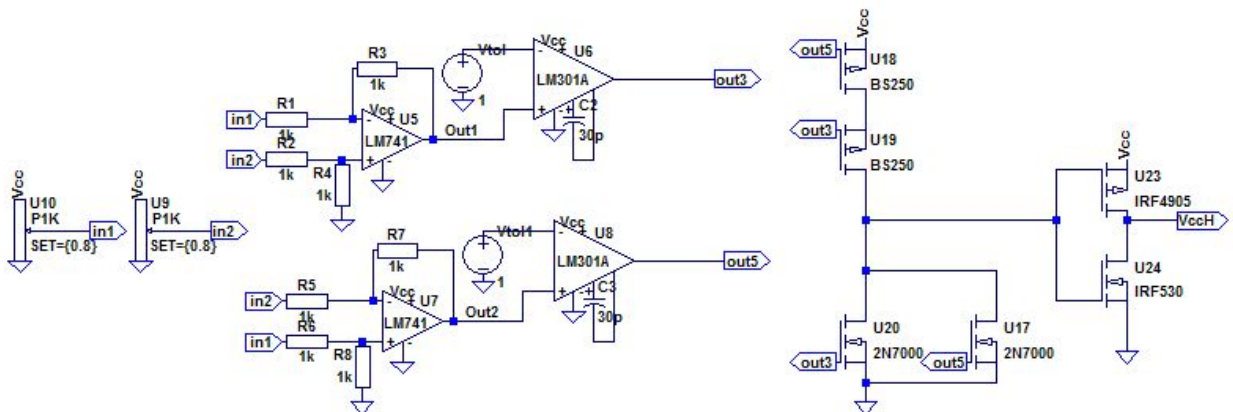


Figura 4 - Circuito de tolerância.

## 4.0 Montagem

Após as simulações fizemos os pedidos de todos os componentes necessários. Os potenciômetros e o motor DC o BAJA EESC-USP já possuía, logo utilizamos os deles. Houve um certo atraso para a chegada de todos os componentes à nossa posse. Pode-se ver na Tabela 1 os itens e o custo aproximado.

Tabela 1: Componentes do projeto e seus respectivos preços aproximados.

Item	Custo
Potenciômetro Angular 10K $\Omega$	0.90R\$
Potenciômetro Linear 10K $\Omega$	2.5R\$
3x LM301A	7.5R\$
6x LM741	6.0R\$
L293 (ponte H)	11R\$
2x BS250	6R\$
2x 2N7000	0.8R\$
IRF4905	3R\$
IRF530	6R\$
Motor DC	30~50R\$
3x capacitores de 30pF	0.5R\$
10x resistores 1K $\Omega$	0.5R\$
2x resistores de 18K $\Omega$	0.5R\$
Resistor de 820 $\Omega$	0.5R\$

O custo total do circuito fica por volta de 90 reais, o que atesta o baixo custo do projeto e reitera a escolha de utilizar um circuito analógico.

Realizamos a montagem do circuito inicialmente em uma protoboard. Percebeu-se que a baixa impedância de entrada dos amplificadores de diferença comprometem o divisor de tensão do potenciômetro, e consequentemente sua leitura. Para isto foram colocados Buffers em cada potenciômetro afim de isolá-los e evitar o efeito de carregamento.

Então o circuito final ficou da seguinte forma:

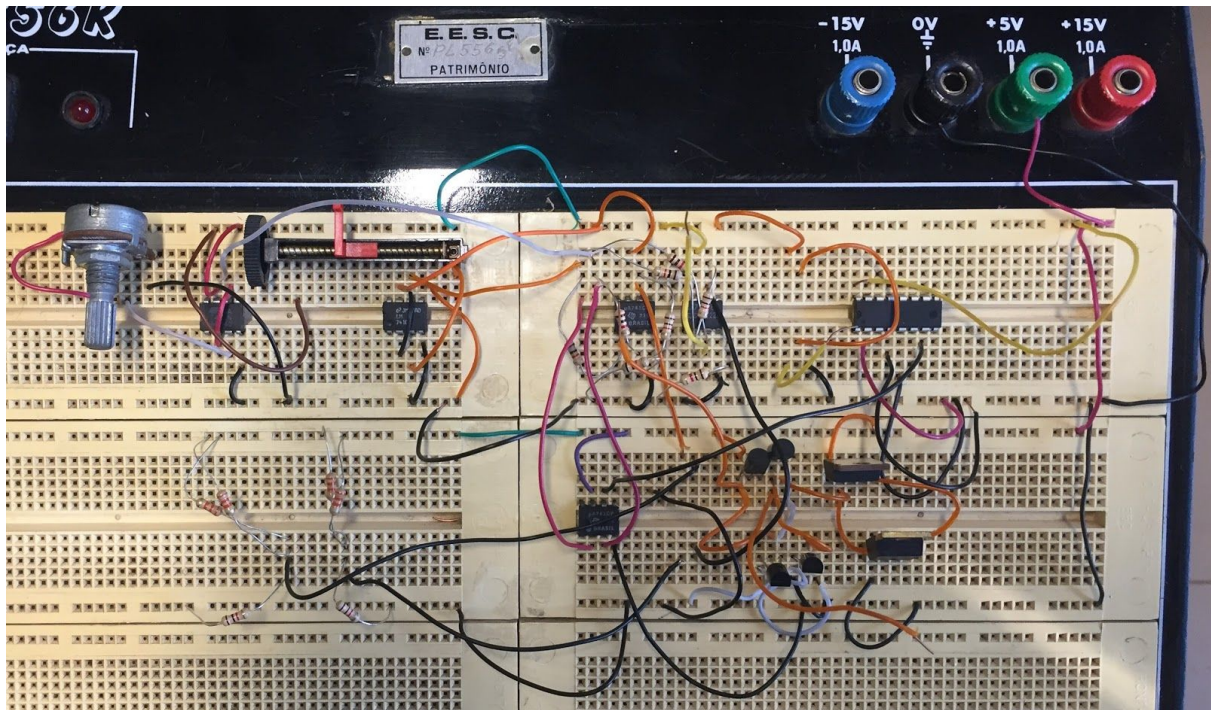


Figura 5 - Circuito montado

Infelizmente o comparador adquirido não apresentou o funcionamento desejado, e possivelmente estava queimado. Tentamos fazer o circuito equivalente utilizando alguns LM741, porém estes não funcionam na faixa de operação que desejamos. Portanto não foi possível testar o circuito físico e validar o funcionamento. Porém temos os resultados teóricos que atestam a viabilidade do projeto.



## 5.0 Resultados

As simulações realizadas na ferramenta LTspice possibilitaram verificar se o circuito estava operando conforme o esperado, as imagens a seguir representam os sinais de saída que são responsáveis pelo acionamento do motor DC.

Cada sinal representa a subtração da entrada um e entrada dois do motor de passo, as quais controlam o sentido de rotação conforme a tabela

IN1(V)	IN2(V)	Rotação
6	0	Horária
0	6	Anti-horária
0	0	Parado

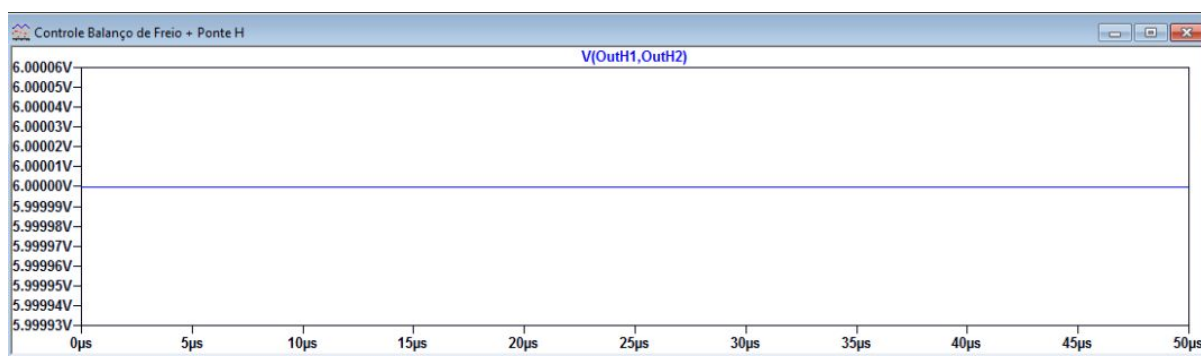


Figura 6 - Motor em rotação horária.

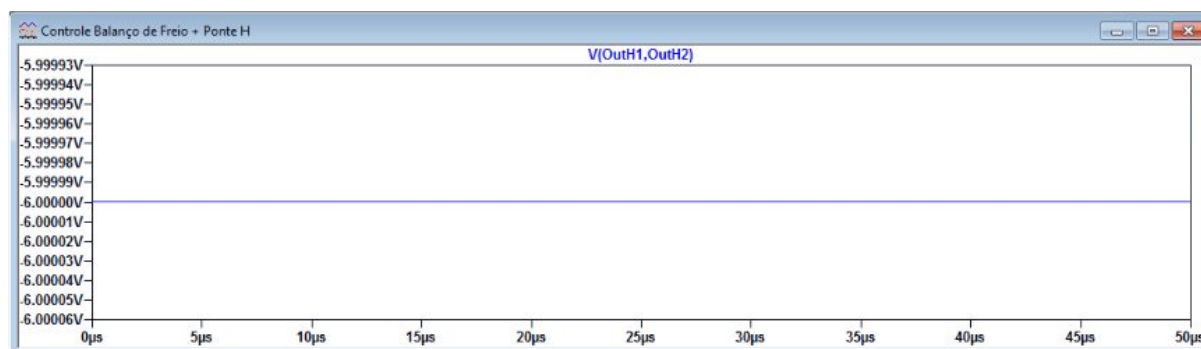


Figura 7 - Motor em rotação anti-horária.

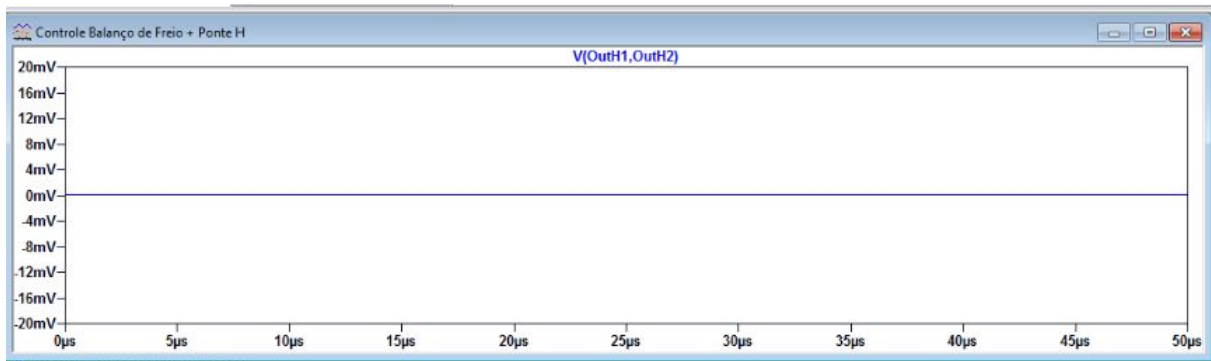


Figura 8 - Motor parado para sinal dentro da faixa de tolerância.

Como pode-se notar a tensão de operação do motor é limitada pela alimentação da ponte H, o que permite o projetista designar as tensões necessárias para suprir o acionamento.