



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Aplicación de un regulador cuadrático lineal como método
de control en un robot seguidor de líneas

Tesis presentada al

Colegio de Física

como requisito parcial para la obtención del grado de

LICENCIADO EN FÍSICA

por

Marco Antonio Esperón Pintos

Asesorado por

Dr. Jorge Velázquez Castro

Puebla Pue.
Febrero de 2019



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

Aplicación de un regulador cuadrático lineal como método
de control en un robot seguidor de líneas

Tesis presentada al

Colegio de Física

como requisito parcial para la obtención del grado de

LICENCIADO EN FÍSICA

por

Marco Antonio Esperón Pintos

Asesorado por

Dr. Jorge Velázquez Castro

Puebla Pue.
Febrero de 2019

Título: Aplicación de un regulador cuadrático lineal como método de control en un robot seguidor de líneas

Estudiante: MARCO ANTONIO ESPERÓN PINTOS

COMITÉ

Dra. Beatriz Bonilla Capilla
Presidente

Dr. Andrés Anzo Hernández
Secretario

Dr. Carlos Arturo Hernández Gracidas
Vocal

Vocal

Dr. Jorge Velázquez Castro
Asesor

Agradecimientos

La culminación de una etapa extraordinaria de mi vida no habría sido posible sin el apoyo incondicional de mi familia, por ello quiero agradecer a mi padre Julio Juárez Romero y a mi madre Ma. Mercedes Xochitemol Hernández por confiar en mí cuando decidí estudiar física y perseguir mis sueños; gracias por tantos años de orientación y lecciones de vida, que no les quepa duda que estaré siempre para ustedes así como ustedes lo han estado para mí. A mis hermanos Mónica y José Ubaldo por su cariño y compañía.

A Lety y Andy de quienes sólo he recibido la mejor de las amistades, a Mimi que sin su apoyo y constante motivación estas líneas no existirían. A Rogelio y su amistad incondicional.

A Lupita por el tiempo y espacio compartido, a Diana por ser un ejemplo a seguir y a mis grandes amigos Levi, Cynthia, Miguel, Rocío, Víctor, Ricardo, Oswaldo, Raúl y Marco con quienes pasé tiempo interminable de alegría. A todos mis amigos y compañeros que hicieron de la facultad mi segunda casa y a quienes tendré siempre en mi memoria.

A mi jurado por su valiosa retroalimentación, Dr. Andrés Anzo, Dra. Beatriz Bonilla, Dr. Carlos Hernández y Dr. Fernando Rojas.

Finalmente le agradezco al Dr. Jorge Velázquez Castro por su paciencia, apoyo y dirección en el desarrollo de este trabajo y de sus enseñanzas en el aula, sin las cuales no tendría claro cuál es el camino profesional que deseo seguir.

A todos ustedes, muchas gracias.

Índice general

| | |
|-------------------------|-------------|
| Resumen | XIII |
| Introducción | XV |
| 1. Antecedentes | 1 |
| 1.1. Anatomía | 1 |
| 1.2. Bla | 1 |
| 1.2.1. bla | 1 |
| 2. Resultados | 3 |
| Conclusión | 4 |
| A. Bla | 7 |
| Bibliografía | 9 |

Índice de figuras

| | |
|---|---|
| 1.1. Ventriculos y ubicación del fluido cerebro espinal | 1 |
| 2.1. Conexiones | 3 |

Índice de tablas

| | |
|------------------|---|
| 2.1. A | 3 |
|------------------|---|

Resumen

Actualmente la robótica de competición tanto en nuestro país como en el mundo está dominada por las categorías de robots seguidores de línea y robots sumo; que como el nombre lo sugiere la primera se trata justamente de la construcción de un robot capaz de seguir una línea dibujada en el piso a la velocidad más alta posible, mientras que la segunda división consiste en construir un robot capaz de rastrear y empujar a su contrincante fuera de un ring circular. La inmensa mayoría de los constructores de robots seguidores han optado por la utilización de control por retroalimentación lineal, como lo es el control PID, ya sea completo o sus variantes PD y PI; esto a causa de ser un control con bibliotecas muy probadas y fáciles de implementar, sin embargo, en las bibliotecas comunes no se contemplan problemas como el *Windup Integrator* o que el ajuste de los parámetros llega a ser complicado; y a pesar de que existen criterios para ajustar los parámetros de ganancia, el ajuste final es mediante prueba y error. En este trabajo se presenta la implementación de un Regulador Cuadrático Lineal (LQR) como alternativa de control al tradicional PID en un robot seguidor de líneas, con el fin de probar la viabilidad de su aplicación en sistemas de mini robótica de competición.

Palabras clave: *Sistema dinámico, Retroalimentación(feedback), Respuesta escalonada(Step Response), Prealimentación(feedforward), Control.*

Introducción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc fringilla mollis faucibus. Nunc eleifend imperdiet lorem, a efficitur risus tempus sit amet. Nunc dolor mauris, maximus sed nibh ac, aliquam ullamcorper odio. Aenean iaculis neque eget pharetra ultricies. Fusce turpis erat, molestie at vulputate eu, pellentesque sed ante. Vestibulum ut cursus leo. Duis hendrerit neque et odio rhoncus aliquam. Morbi tincidunt nunc in ante faucibus, vel pretium purus accumsan. Suspendisse non malesuada metus. Ut suscipit auctor auctor. Ut consequat eleifend orci id posuere. Phasellus semper blandit fermentum. Fusce rhoncus odio et sapien sagittis, non scelerisque sapien interdum. Etiam non ex hendrerit, congue nulla et, rutrum mauris. Mauris sollicitudin, quam id maximus aliquet, neque nulla suscipit est, a condimentum magna eros pretium metus. Ut tempor metus eget massa rutrum commodo [9].

Sed quis lectus porttitor, imperdiet lacus ut, eleifend ex. Ut massa tortor, auctor vitae suscipit quis, vestibulum id turpis. Maecenas eget erat nisi. Ut lobortis elementum justo vitae egestas. Integer posuere nisi id tortor commodo pharetra. Nullam sit amet quam erat. Ut eu ultrices est. Duis facilisis nisl non metus sagittis vestibulum. Aenean vestibulum nulla condimentum velit interdum, et congue urna mollis. In consectetur consectetur pellentesque. Vestibulum non ipsum congue, aliquet lorem vel, viverra augue. Sed blandit ac urna in vehicula. Ut commodo vehicula tellus sit amet porta.

Esto es una prueba H_2 . Ésto es otra prueba: $H_{\text{cualquier cosa}}$ O

Capítulo 1

Antecedentes

1.1. Anatomía

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Morbi eget justo enim. Duis faucibus erat non pellentesque efficitur. Morbi pretium magna nisl, at porta ligula tristique facilisis. Duis bibendum risus non vehicula malesuada. Morbi a lacus ex. Nam vulputate porttitor nulla, eu pretium justo pellentesque nec. In tempus nunc massa, feugiat rhoncus massa consequat mollis. Fusce id lacus eu nunc bibendum pellentesque [1].

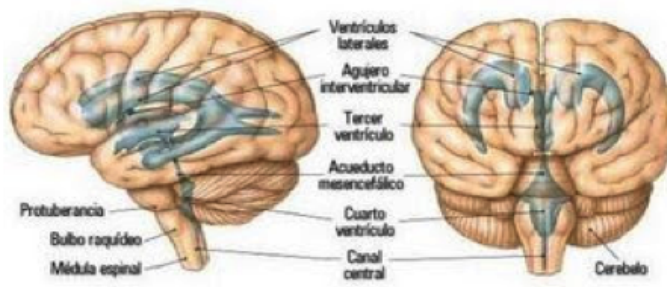


Figura 1.1: Ventrículos y ubicación del fluido cerebro espinal [2]

1.2. Bla

In hac habitasse platea dictumst. Mauris non sagittis erat. Nullam ullamcorper erat metus, ut bibendum lorem egestas id. Nunc accumsan arcu pretium ante vestibulum, aliquam auctor turpis tristique. Vivamus neque lorem, auctor non imperdiet at, venenatis sit amet arcu. Mauris sed ante lacus. Etiam sit amet ipsum ut enim tincidunt lobortis.

1.2.1. bla

Fusce dapibus, eros sed blandit lacinia, quam mi faucibus dui, a facilisis libero metus sit amet felis. Vestibulum bibendum nec sem sagittis rutrum. Vivamus porta, odio at dignissim posuere, risus justo eleifend turpis, sed rutrum ante ipsum sed libero. Phasellus vel tortor faucibus, sodales lacus eu, euismod enim. Morbi dignissim justo mauris, et tempor neque suscipit non. Praesent tempor nulla ac dolor venenatis interdum [5].

$$IMC = \frac{peso(kg)}{(estatura^2(m))} \quad (1.1)$$

Resultados

Tabla 2.1: A

| | | |
|-----|-----|-----|
| a11 | a12 | a13 |
| a21 | a22 | a23 |
| a31 | a32 | a33 |

90° Pulse

Signal in (volts)

time

Decay due to relaxation

Time varying EMF induced by rotating magnetisation

FID

3

Conclusión

bla bl bla bla bla bla bla bl bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bl bla bla bla
bla bla bla bl bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bl bla bla bla bla bla bl bla bla
bla bla bla bla bl bla bla bla bla bla bla bl bla bla bla bla bla bla bla bla bla

Apéndice A

Bla

[illegible]

Bibliografía

- [1] ELAINE N. MARIEB, *Essentials of human anatomy and physiology*, novena edición, Pearson, San Francisco, 2009.
- [2] H. VALDIVIA, www.neurohvp.blogspot.mx, 14 de Noviembre de 2010.
- [3] REDUCA, www.reeduca.com/neuropsicologia-adul-ninos.aspx, 22 de Junio de 2009.
- [4] JOHN OATES y MARK JOHNSON, *El cerebro en desarrollo*, Child and youth studies group, Reino Unido, 2012.
- [5] A. GONZALEZ-VOYER, *National Library of medicine*, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/?term=brain+structure, 17 de Diciembre de 2010.
- [6] R. DRAKE, W. VOGL y A. MICHEL, *Gray Anatomía para estudiantes*, novena edición, Elsevier, España, 2007.
- [7] MOORE KEITH, ARTHUR DALLAY y ANNE AGUR, *Anatomía con orientación clínica*, sexta edición, Lippincott Williams and Wilkins, Baltimor, USA, 2010.
- [8] ANA NAVARRO, *Funcionamiento cerebral*, Monografías Neurosicoeducación, 2012.
- [9] VEIMON , *Salud siglo XXI*, www.elmercaderdelasalud.blogspot.mx/2012/03/trastorno-bipolar-ii.html, 18 de Marzo de 2012.