

MODELO DE LEVITADOR MAGNÉTICO EXPERIMENTAL PARA PRÁCTICA DOCENTE

Juan Manuel Guariste

Ignacio Islas

Javier Mosconi

Este Trabajo Final de carrera fue presentado al Departamento de Electrónica y
Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de
Mar del Plata el **día X de Mayo del año 2022**, como requisito parcial para
la obtención del título de

Ingeniero en Electrónica

Director: Ing. Walter Kloster

Co-Director: Ing. Gustavo Uicich

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Instrumentación y Control del Departamento de Electrónica y Computación, ICyTE, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

MODIFICARRRRRRRRR LUEGO EN MASTER.tex

Índice general

1. Introduccion	1
1.1. Introducción	1
2. DescripcionDispositivo	3
2.1. DescripcionDispositivo	3
2.2. DescripcionDispositivo parte 2	5
3. CaracterizaciónElectroimán	7
3.1. Caracterización del Electroimán	7
4. ControladorCorriente	9
4.1. Controlador de Corriente	9
5. EstimadorAnalogico	11
5.1. Estimador Analogico	11
6. CompensadorAnalogico	13
6.1. Compensador Analogico	13
7. ImplementacionDigital	15
7.1. Implementacion Digital	15

8. PCB	17
8.1. PCB	17

Índice de tablas

Índice de figuras

Agradecimientos

AI DIEGOTE PAPA

Capítulo 1

Introduccion

1.1. Introducción

Este documento corresponde a la Especificación Técnica para el producto Levitador GMI. Esta especificación se ha estructurado basándose en la información mencionada en los documentos de Especificación de Requerimientos (ER) y Especificación Funcional (EF) del proyecto.

Capítulo 2

DescripcionDispositivo

2.1. DescripcionDispositivo

El Levitador GMI es un dispositivo capaz de mantener un objeto en suspensión mediante una fuerza electromagnética generada por un electroimán a una distancia Y_0 variable entre 3 mm y 5 mm. La distancia de separación puede ser configurada por el usuario y el peso del objeto debe ser menor a 30 kg.

El producto consta de 2 partes principales: un electroimán y una placa de control. El electroimán consiste en dos piezas formadas por láminas de acero: una con forma de “E” que tiene un cable bobinado en su núcleo, y otra con forma de “I” que es atraída por la pieza en forma de “E” por medio de una fuerza electromagnética. Esto deja un espacio o “gap” de aire entre ambas de longitud Y_0 . Por otro lado, de la pieza en forma de “I” se puede colgar el objeto que se desea levantar.

El control de la fuerza electromagnética es realizado por una placa de control con el objetivo de mantener fija la distancia Y_0 , a pesar de las perturbaciones externas que el sistema pueda recibir.

Es importante aclarar que este sistema sólo puede ejercer fuerza verticalmente,

por lo tanto no puede controlar la posición horizontal.

El sistema está conformado por los bloques que se muestran en la Figura 2.1. Se utilizan dos controladores distintos: uno analógico y otro digital. Cada uno de ellos se compone de un compensador y un estimador de posición. El usuario decidirá cual de estas implementaciones ejercerá el control mediante la utilización de un switch, por lo que solo una estará activa al mismo tiempo. El sistema analógico está formado por un conjunto de componentes pasivos y amplificadores operacionales, mientras que el digital está basado en un microcontrolador re-programable. Además, el estimador de posición se encarga de entregar una tensión proporcional al gap de aire real en función de la corriente que circula por el electroimán.

ACA VA IMAGEN

El usuario puede modificar el gap de aire que desea mediante un potenciómetro presente en la placa de control, que entrega una tensión proporcional a la misma. Tanto la implementación analógica como la digital reciben como entrada esta tensión. Luego, es comparada con la estimación y se utiliza como entrada para el compensador.

La función del compensador es garantizar la estabilidad del sistema. Esto lo logra al modificar la referencia del controlador de corriente mediante una acción de control. El controlador de corriente se encarga de proveer corriente al electroimán de forma tal que le permita generar la fuerza electromagnética necesaria para mantener el gap de aire.

Por otra parte, se utiliza un software de PC para modificar los coeficientes de la implementación digital.

2.2. DescripcionDispositivo parte 2

skere!

- Los sistemas de automatización investigados, tanto los implementados en los establecimientos de nuestra ciudad como los ofrecidos por empresas radicadas en la ciudad de Buenos Aires, no poseen un sistema de reconocimiento de patentes ni un sistema de detección de tamaño estandarizado.
- No se encontraron fabricantes de este tipo de sistemas en Mar del Plata. El desarrollo de un sistema en la ciudad permite abastecer a los establecimientos locales y proporcionarles un servicio de mantenimiento (actualmente dependen de empresas radicadas en Bs.As.).
- El prototipo se encuentra desarrollado completamente mediante software libre. Esto evita el pago de licencias y, en el caso del software de reconocimiento de patentes, el pago de un servicio mensual.

Capítulo 3

Caracterización Electroimán

3.1. Caracterización del Electroimán

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Capítulo 4

Controlador Corriente

4.1. Controlador de Corriente

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Capítulo 5

Estimador Analogico

5.1. Estimador Analogico

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Capítulo 6

Compensador Analogico

6.1. Compensador Analogico

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Capítulo 7

ImplementacionDigital

7.1. Implementacion Digital

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Capítulo 8

PCB

8.1. PCB

En la Figura 3.1 se puede observar una representación física del problema.

A partir del modelado físico del electroimán se llega a la expresión de la inductancia (L) en función del gap de aire (Y) (ecuación 3.1) y de la fuerza magnética ejercida por el electroimán (F_m) (ecuación 3.2):

Bibliografía

- [1] Mauro Osorio. La flota circulante de argentina creció 30 % en 6 años. url <http://www.carsdrive.com.ar/noticias/novedades/la-flota-circulante-de-argentina-crecio-30-en-6-anos/>, 2018. Online; último acceso: 06 Agosto 2019.
- [2] Leandro Murciego. Cocheras: todo lo que hay que saber antes de invertir. url <https://www.lanacion.com.ar/propiedades/cocheras-todo-lo-hay-saber-antes-invertir-nid2224897>, 2019. Online; último acceso: 06 Agosto 2019.
- [3] KinouWell. Off street parking solution. url <https://www.kinouwellparking.com/solutions/off-street-parking-system/>. Online; último acceso: 22 febrero 2020.
- [4] Eugenia Bahit. Scrum y extreme programming para programadores, 2011.
- [5] Wingu. Manual de metodologías Ágiles. url <https://www.winguweb.org/capacitacion/manual-de-metodologias-agiles>, 2016. Online; último acceso: 06 Agosto 2019.
- [6] Ignacio Moretti, Javier Jorge, José Amado, Cristian Caniglia, y Daniel Puntillo. Software libre para reconocimiento automático de las nuevas patentes del mercosur. 08 2016.

- [7] Chirag Patel, D. Shah, y Atul Patel. Automatic number plate recognition system (anpr): A survey. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*, 69, 05 2013. doi: 10.5120/11871-7665.
- [8] G. De Giovanni J.C. Cuttitta y A.N. Campos. Reconocimiento automático de número de patente, 2011.
- [9] S. Du, M. Ibrahim, M. Shehata, y W. Badawy. Automatic license plate recognition (alpr): A state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 23(2):311–325, Feb 2013. ISSN 1558-2205. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2203741.
- [10] Andrew Agbemenu, Jephthah Yankey, y Ernest O. An automatic number plate recognition system using opencv and tesseract ocr engine. *International Journal of Computer Applications*, 180:1–5, 05 2018. doi: 10.5120/ijca2018917150.
- [11] Pips technology alpr. url <http://www.pipstechnology.com/es/soluciones-alpr/>. Online; último acceso: 09 marzo 2020.
- [12] Genetec alpr. url <https://www.genetec.com/es/soluciones/productos/autovu>. Online; último acceso: 09 marzo 2020.
- [13] Vpar – librería de reconocimiento de patentes. url http://www.neurallabs.net/es_AR/sistemas-ocr/lector-matriculas. Online; último acceso: 09 marzo 2020.
- [14] Especificaciones lpr visart-visiondepatentes. url <http://visart.com.ar/especificaciones-lpr-anpr/>. Online; último acceso: 09 marzo 2020.

-
- [15] Bastián Nicolás Carvajal Ahumada. Reconocimiento fotográfico de patentes. 03 2018.
- [16] Christian Wolf y Jean-Michel Jolion. Extraction and recognition of artificial text in multimedia documents. *Formal Pattern Analysis & Applications*, 6: 309–326, 02 2004. doi: 10.1007/s10044-003-0197-7.
- [17] Jamileh Yousefi. Image binarization using otsu thresholding algorithm, 05 2015.
- [18] Jorge Navacerrada. Sistema de detección de matrículas con open cv. 10 2017.
- [19] Tesseract ocr. url <https://opensource.google/projects/tesseract>. Online; último acceso: 07 febrero 2020.
- [20] Reglamentacion patente unica del mercosur, 08 2014.
- [21] Las patentes se renuevan. url <https://tinyurl.com/rqau287>, . Online; último acceso: 02 octubre 2019.
- [22] 1995-2016: todas iguales. url <https://tinyurl.com/v9zqcsz>, . Online; último acceso: 02 octubre 2019.
- [23] Detectan fallas de fabricación en las nuevas patentes y recomiendan cambiarlas. url <https://tinyurl.com/w4e8479>. Online; último acceso: 08 febrero 2020.
- [24] ANYLINE. Your smartphone as license plate scanner. url <https://anyline.com/products/scan-license-plates/>. Online; último acceso: 02 febrero 2020.

- [25] PLATE RECONGNIZER. Accurate, fast, developer-friendly anpr. url <https://platerecognizer.com/>. Online; último acceso: 02 febrero 2020.
- [26] OPENALPR. Automatic license plate recognition. url <http://www.openalpr.com/>. Online; último acceso: 02 febrero 2020.
- [27] Chris Dhams. Opencv 3 license plate recognition. url <https://tinyurl.com/qplgw4q>, . Online; último acceso: 02 febrero 2020.
- [28] Open alpr. url <https://github.com/openalpr/openalpr>, . Online; último acceso: 02 febrero 2020.
- [29] Openalpr documentation. url <http://doc.openalpr.com/index.html>, . Online; último acceso: 07 febrero 2020.
- [30] Open alpr. url <https://opencv.org/>. Online; último acceso: 07 febrero 2020.
- [31] Developers guide. url <https://tinyurl.com/rsrlmc5>. Online; último acceso: 07 febrero 2020.
- [32] Enrique Ramón-Balmaseda. Transformaciones basadas en el algoritmo local binary pattern de imágenes capturadas con la kinect para clasificación facial. 12 2011.
- [33] Lbp y ulbp – local binary patterns y uniform local binary patterns. url <https://tinyurl.com/txfflkq>. Online; último acceso: 09 marzo 2020.
- [34] Jaakko Sauvola, Tapio Seppänen, Sami Haapakoski, y Matti Pietikäinen. Adaptive document binarization. volume 33, pages 147–152 vol.1, 09 1997. ISBN 0-8186-7898-4. doi: 10.1109/ICDAR.1997.619831.
- [35] Edgar Molina, Julia Diaz, Hugo Hidalgo-Silva, y Edgar Chávez. Algoritmos de binarización robusta de imágenes con iluminación no uniforme. *Revista*

- Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 11 2017. doi: 10.4995/riai.2017.8847.
- [36] Rafael Muñoz Magro. Binarización de imágenes digitales y su algoritmia como herramienta aplicada a la ilustración entomológica. 2013.
- [37] Valentín Tomás Rubio. Sistema de reconocimiento de matrículas y gestión de acceso en una plataforma embebida. 06 2015.
- [38] Beanstalk protocol. url [https://github.com/beanstalkd/beanstalkd/blob/master/doc/prot](https://github.com/beanstalkd/beanstalkd/blob/master/doc/protocol.txt). Online; último acceso: 10 marzo 2020.
- [39] Beanstalk client. url <https://github.com/deepfried/beanstalk-client>, . Online; último acceso: 10 marzo 2020.
- [40] Jsoncons. url <https://github.com/danielaparker/jsoncons/blob/master/README.md>. Online; último acceso: 10 marzo 2020.
- [41] Openalpr daemon (alprd). url [https://github.com/openalpr/openalpr/wiki/OpenALPR-Daemon-\(alprd\)](https://github.com/openalpr/openalpr/wiki/OpenALPR-Daemon-(alprd)). Online; último acceso: 10 marzo 2020.
- [42] Alberto Arce Arroyo. Visión artificial de documentos., 07 2016.
- [43] Chris Dham. Opencv 3 knn character recognition. url <https://tinyurl.com/tgzd2ww>, . Online; último acceso: 07 febrero 2020.
- [44] Atmega 328 p. url <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/313656/ATMEL/ATmega328P.html>. Online; último acceso: 10 febrero 2020.
- [45] Esp-01 wifi module. url <http://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf>. Online; último acceso: 10 febrero 2020.

- [46] The platform for open innovation and collaboration. url <https://www.eclipse.org/>. Online; último acceso: 18 marzo 2020.
- [47] Arduino. url <https://www.arduino.cc/>. Online; último acceso: 18 marzo 2020.
- [48] Yakindu statechart tools use the power of state machines. url <https://www.itemis.com/en/yakindu/state-machine/>, . Online; último acceso: 18 marzo 2020.
- [49] What is a state machine? url <https://tinyurl.com/wjuo2ro>, . Online; último acceso: 18 marzo 2020.
- [50] Event-driven vs. cycle-based execution. url <https://tinyurl.com/wlt6qrh>, . Online; último acceso: 18 marzo 2020.
- [51] Oracle mysql: The most popular open source database. url <http://www.oracle.com/us/products/mysql/overview/index.html>. Online; último acceso: 20 marzo 2020.