

Leva Electrónica Electronic CAM

Céspedes Sotomayor Javier Alejandro

E-mail: javcessot@hotmail.com

Hidalgo Carvajal Diego Xavier

E-mail: hidalgocdiego@gmail.com

Abstract

The electronic cam allows reprogrammable movements, which means you can draw an infinite number of cams with the same mechanism also allows combined movements which can hardly be achieved with traditional mechanical cam. The electronic cam mechanism comprises a rack driven by a pinion which is adapted to an engine that its angular position is controlled by programming and the use of software on the user to reconfigure the movements. The mechanism has a gearbox in which the linear speed of the rack is increased and which is adapted to the motor Dynamixel which is controlled by the plate OpenCM 9.04-b, and the data is transmitted by the PWM signal from the microcontroller Mega 2560 towards controller; the user interacts with the HMI developed in MATLAB because this project is made for educational purposes.

Resumen

La leva electrónica permite realizar movimientos reprogramables, lo cual significa que se pueden elaborar un número infinito de levas con un mismo mecanismo y que además permite realizar movimientos combinados que muy difícilmente se puede conseguir con la leva tradicional. El mecanismo de la leva electrónica consta de una cremallera movida por un piñón el cual está adaptado a un motor al que se le controla su posición angular mediante programación y el uso de software en el que el usuario pueda reconfigurar los movimientos. El mecanismo posee una caja de engranes en el que se aumenta la velocidad lineal de la cremallera y que está adaptado al motor Dynamixel el cual es controlado mediante la placa OPENCM 9.04-b y los datos son transmitidos mediante la señal PWM del Arduino Mega 2560 hacia el controlador; el usuario interactúa con el HMI elaborado en MATLAB por lo que el presente proyecto es para fines didácticos.

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende utilizar la tecnología necesaria para implementar un sistema de leva reprogramable, incluyendo un sistema de adquisición y control de modo automático. Este sistema se basa en un principio muy novedoso en la actualidad y muy poco aplicado en América Latina, conocido como leva reprogramable o leva electrónica, la cual permite mediante el uso de un servo motor y un sistema de engranaje cremallera, la reprogramación del movimiento en un efector o seguidor mediante el uso de un software. De igual forma el presente proyecto permitirá a los

estudiantes apreciar el comportamiento cinemático de varias configuraciones de la leva electrónica observando que se producen iguales resultados que en los mecanismos de levas planas.

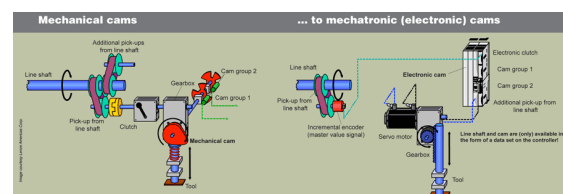


Fig1: Comparación de la leva mecánica con la electrónica. [1]

Las levas son elementos fundamentales en maquinaria industrial, razón por la cual han perdurado durante muchos años, sin embargo una vez que una leva ha sido manufacturada,

es imposible reconfigurarla de tal forma que se obtenga un movimiento distinto al inicial en el actuador. En la actualidad gracias a los avances tecnológicos tanto en electrónica como en software y programación, es posible elaborar productos mecatrónicos que puedan reconfigurarse de tal forma que permitan ahorrar costos a nivel industrial.

2. DESARROLLO

2.1 DESARROLLO TEÓRICO

Una leva es un elemento mecánico que está sujeto a un eje por un punto que no es su centro geométrico, empleado en la mayoría de casos para transformar el movimiento giratorio del eslabón conductor en movimiento lineal del eslabón conducido según una ley dada. Para el estudio de la cinemática, los movimientos que puede ejecutar el seguidor de una leva plana se destacan los siguientes:

MOVIMIENTO CON VELOCIDAD UNIFORME

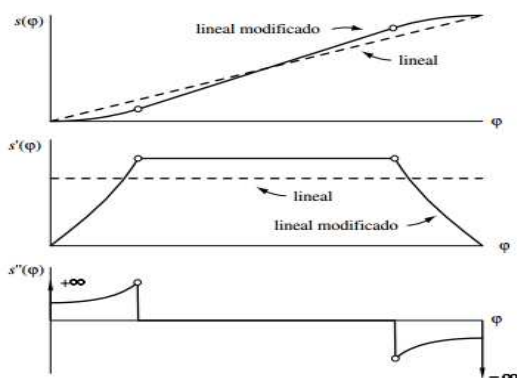


Fig2: Movimiento Uniforme. [2]

Este movimiento se caracteriza por tener una velocidad constante a lo largo del tiempo, lo que involucra aceleraciones infinitas al inicio de su movimiento. Generalmente se emplea en movimientos de retorno en el diseño de levas.

MOVIMIENTO ARMÓNICO

Este movimiento presenta movimientos más suaves al inicio y final de un ascenso y descenso. Las ecuaciones que describen este movimiento se muestran junto a las gráficas de ascenso y descenso.

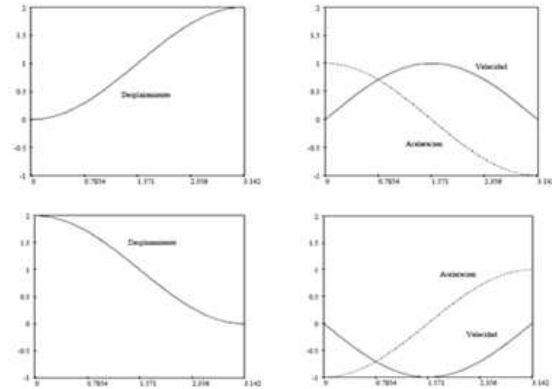


Fig3: Movimiento Armónico [2]

MOVIMIENTO CICLOIDAL

Este movimiento es muy similar al movimiento armónico pero con movimientos aún más suaves al inicio y final de los ascensos y descensos.

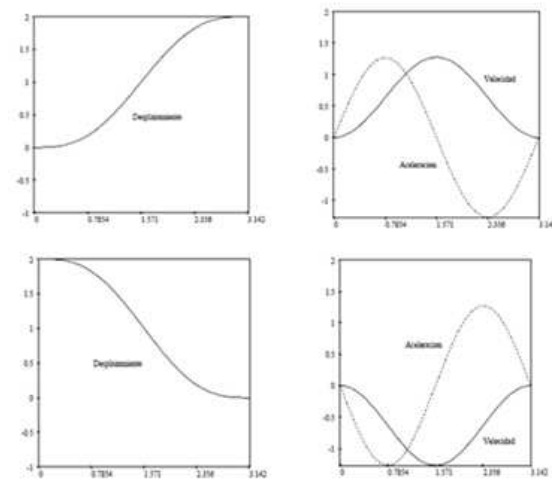


Fig4: Movimiento Cicloidial [2]

MOVIMIENTO POLINOMIAL

Este tipo de movimiento ofrece mayor versatilidad para adaptarse a cualquier requerimiento de posición, velocidad, aceleración, sin importar la velocidad del movimiento.

2.2 CONDICIONES DE DISEÑO DE LA LEVA ELECTRÓNICA

La leva electrónica, se elaboró en base a los siguientes parámetros de diseño:

- Máxima Carrera = 15 cm
- Velocidad máxima lineal = 0.8 m/s
- Carga permitida = 4.2 kg
- Ejecución de movimientos: reposo, uniforme, armónico, cicloidal y polinomial.
- Conexión con la interfaz de MATLAB.

2.3 ESQUEMA MECÁNICO DE LA LEVA ELECTRÓNICA

Los ejes del tren de engranes de la leva electrónica se los realizaron con Acero de Transmisión SAE 1018, los engranes para que tengan una mayor durabilidad en la superficie se los hicieron de Acero AISI 1045, y los demás elementos, al ser de carácter didáctico y por estética se los hizo de Nylon Poliamida.

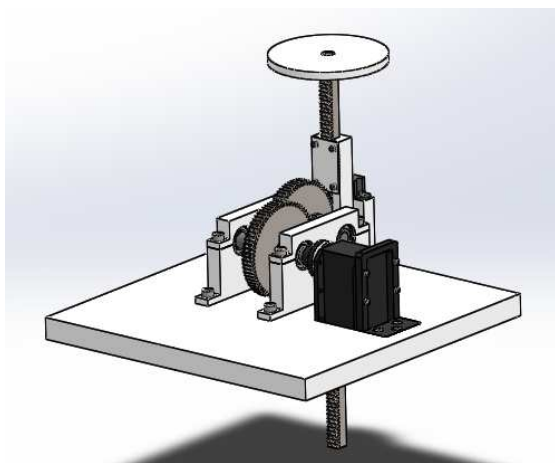


Fig5: Parte Mecánica de la Leva Electrónica.

2.3 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS DE LA LEVA ELECTRÓNICA

El motor utilizado en el módulo es el Servomotor DYNAMIXEL MX-64T, debido a

que tiene una precisión de 0.088° en posición y de 0.114 rpm en velocidad.

Como sistema de adquisición de datos se utiliza la placa ARDUINO MEGA 2560 debido a la funcionalidad del AVR incorporado.

El motor DYNAMIXEL MX-64T se lo controla mediante el driver OPENCN-9.04b que tiene conexión TTL con el Motor.

2.4 FUNCIONAMIENTO DE LA LEVA ELECTRÓNICA



Fig6: Funcionamiento de la Leva Electrónica.

El funcionamiento del módulo básicamente consiste en cuatro etapas. En la primera el usuario interactúa directamente mediante el software MATLAB e introduce un movimiento a efectuar según su necesidad. En la segunda etapa mediante programación serial los datos necesarios son enviados hacia la placa ARDUINO MEGA 2560. Posteriormente en una tercera etapa los datos son enviados hacia el controlador OPENCN 9.04b, que es el driver del motor, mediante dos señales de PWM correspondientes a posición y velocidad, y finalmente en una cuarta etapa se realiza un mapeo de los datos en el driver del motor y se procede a enviarlos al motor DYNAMIXEL MX-64T, y posteriormente se procede a ejecutar los movimientos ordenados por el usuario en la cremallera del sistema mecánico.

3 PROGRAMA DE APLICACIÓN

El programa sobre la base del cual se encuentra realizada la interfaz humano-máquina del sistema, y el cual controla el funcionamiento de la leva electrónica es

MATLAB. El complemento empleado es GUI, el cual permite emplear botones, sliders, gráficas, y todas las aplicaciones y recursos de MATLAB para realizar controles en tiempo real.

El programa de funcionamiento de leva electrónica consta de varias pantallas, entre las cuales se destaca la pantalla principal que se puede visualizar a continuación:

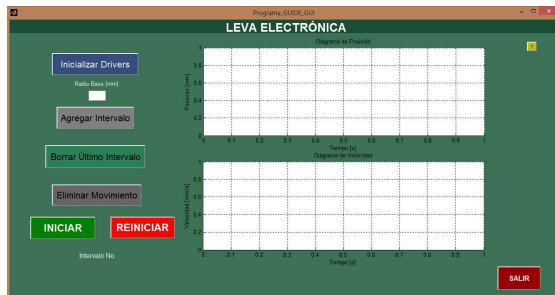


Fig7: Pantalla Principal del programa

Esta es la pantalla que permite al usuario configurar tanto la parte de hardware y software del módulo, y la cual recurre a la programación de las demás pantallas del sistema para que la leva electrónica funcione adecuadamente. Dentro de esta ventana el usuario puede observar el movimiento de leva ingresado, con todas las modificaciones que considere pertinentes.

El programa cuenta con una ventana mediante la cual se procede al ingreso de los intervalos del movimiento a efectuar en el mecanismo. Esta ventana se muestra a continuación:

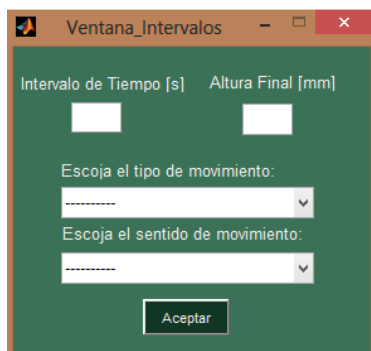


Fig8: Pantalla de ingreso de intervalos

Como todo programa amigable con su usuario, este cuenta con ayudas que pueden ser observadas en cualquier etapa de ejecución del mismo. La ventana de ayuda con la que cuenta el programa se muestra a continuación, y consiste en una lista de pasos para que la leva electrónica funcione adecuadamente en función de las necesidades del usuario.

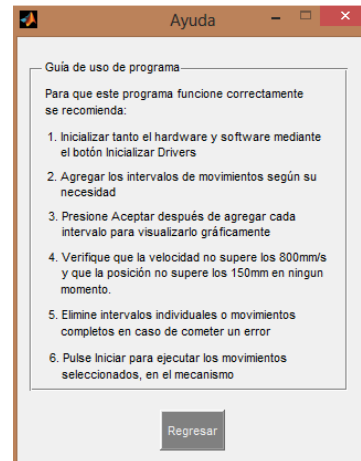


Fig9: Ventana de ayudas

El programa está enfocado a la optimización de recursos computacionales para que la funcionalidad del módulo sea óptima, por esta razón incorpora dentro de su programación el uso de funciones como el RTC (Real Time Clock) de MATLAB, el cual permite un control preciso del tiempo transcurrido en la ejecución del sistema, así como la adquisición de datos mediante disparo, el cual es la función del botón INICIAR.

2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una prueba realizada fue la de ingresar mediante la interfaz un movimiento con ascensos y descensos uniformes.

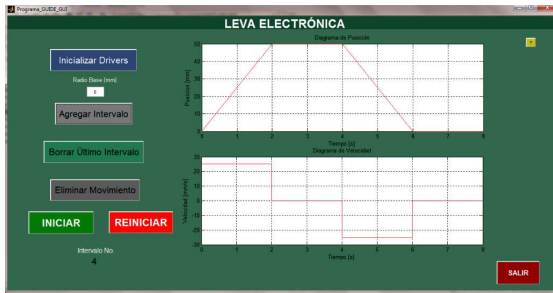


Fig10: Ingreso del Movimiento Uniforme

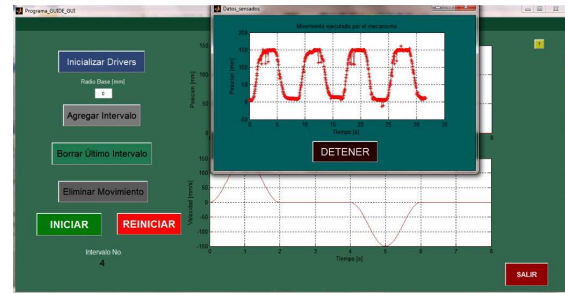


Fig13: Movimiento Cicloidal de la Leva Electrónica

El movimiento que el mecanismo realizó se muestra en la figura 11.

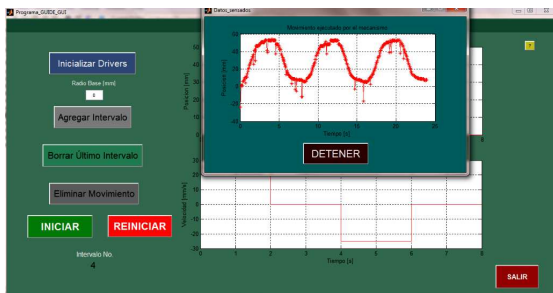


Fig11: Movimiento Uniforme de la Leva Electrónica

Otro movimiento que se puede realizar con el mecanismo es el de ascensos y descensos cicloidal en un intervalo de 8 segundos.

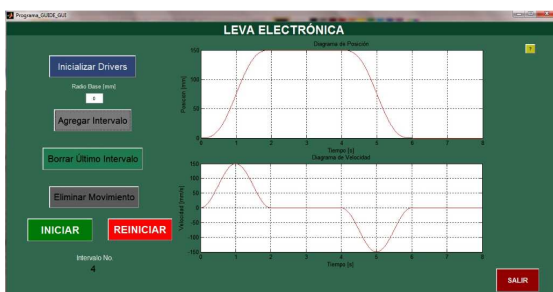


Fig12: Ingreso del Movimiento Cicloidal

El movimiento cicloidal que el mecanismo de la leva electrónica realizó se muestra en la figura 13.

El proyecto del módulo de leva electrónica tiene dos propósitos. El primero fue el de evidenciar que tanto la parte mecánica, electrónica y la programación de la interfaz del módulo, funcionan adecuadamente. El segundo propósito fue el de mostrar la ventaja de este sistema mecatrónico con respecto a las levas ordinarias, ya que la manufactura de una leva que permita efectuar un movimiento compuesto resulta bastante complicada y costosa.

Por este motivo se prueba que se puede realizar un movimiento combinado que incluye 2 segundos en ascenso armónico hasta una altura de 150mm, un reposo de 2 segundos, un descenso de 2 segundos en movimiento cicloidal, un reposo de 2 segundos, un intervalo de descenso polinomial hasta 0mm, y finalmente un reposo de 2 segundos (ver figura 14).

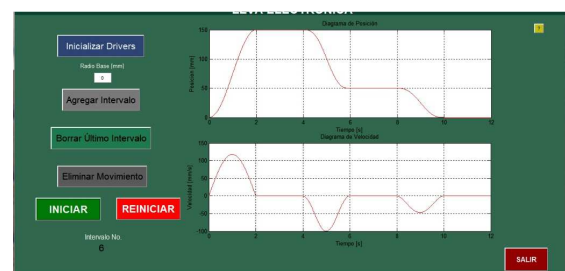


Fig14: Ingreso del Movimiento Combinado

En la figura 15 se muestra el movimiento que realizó la leva electrónica construida.

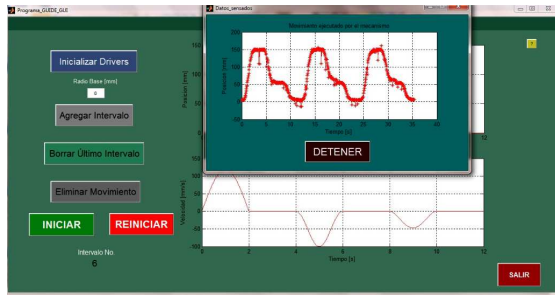


Fig15: Movimiento Combinado de la Leva Electrónica

Como se puede evidenciar el movimiento es bastante complejo, por lo que un sistema mecatrónico como el descrito en el presente documento resulta ser una opción bastante considerable.

5 CONCLUSIONES

- Un sistema mecatrónico debe ser totalmente funcional bajo los requerimientos de comportamiento mecánico, eléctrico y electrónico y con un nivel de dificultad no excesivamente alto, utilizando un entorno de programación sencillo y lo más económico posible para una aplicación dada.
- En el módulo construido se obtuvo una resolución en cuanto tiene que ver a la posición de 0.89 mm en un rango de 150mm y en velocidad de 0.47 cm/s en un rango de hasta 80cm/s.
- Una leva electrónica puede realizar movimientos combinados, más complicados y con intervalos de tiempo más largos, lo que difícilmente se puede conseguir con una leva mecánica además de que su manufactura tiene costos elevados.
- Dado que el módulo elaborado es un prototipo para fines didácticos, para realizar trabajos en los que se requiera más fuerza y potencia, es decir a nivel industrial, se necesita una mayor inversión con motores de mayor potencia, sensores industriales con más resolución y un

control industrial realizado con PLC para que pueda adaptarse a otros sistemas que funcionen simultáneamente con la leva electrónica.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Machine Design, «The latest developments in electronic camming,» Marzo 2012. [En línea]. Available: <http://machinedesign.com/motorsdrives/latest-developments-electronic-camming>. [Último acceso: Enero 2014].
- [2] Universidad Tecnológica de Pereira, «Mecanismo de Leva y Seguidor,» [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/adriamec/files/2012/07/LECCI%C3%93N-11-MECANISMOS-DE-LEVA-Y-SEGUIDOR.pdf>. [Último acceso: 29 Marzo 2014].
- [3] Arduino, «Arduino UNO,» 2013. [En línea]. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Último acceso: 26 Marzo 2014].
- [4] ITESCAM, «Características de las Señales,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r87842.PDF>. [Último acceso: 26 Marzo 2014].
- [5] Electronica Pascual, «Control PID,» 2010. [En línea]. Available: http://electronicapascual.com/Img%20Blog/C_PID/CPID_4.png. [Último acceso: Enero 2014].
- [6] Hispavista, «Microcontrolador,» 2010. [En línea]. Available: <http://microcontroladores-e.galeon.com/>. [Último acceso: 26 Marzo 2014].
- [7] IPC, *Norma IPC - 2221*, 1998.

- [8] TechDesign, «Servos,» 2013. [En línea]. Available:
http://www.techdesign.com.ec/techdesign/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=66. [Último acceso: 25 Marzo 2014].
- [9] Johnson Electric, «Teoría de los motores AC,» 2012. [En línea]. Available:
<http://www.johnsonelectric.com/es/resources-for-engineers/motors/basics-of-motors/ac-motors-theory.html>. [Último acceso: 25 Marzo 2014].
- [10] Uvigo, «Tutorial de Labview,» 2005. [En línea]. Available:
http://webs.uvigo.es/euiti_ie1/ie2/Tutorial%20de%20Labview.pdf. [Último acceso: 27 Marzo 2014].
- [11] Elek Freaks, «Ultrasonic Ranging Module HC - SR04,» 2013. [En línea]. Available:
<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. [Último acceso: 19 Mayo 2014].
- [12] A. Creus, Instrumentación Industrial, 6 ed., Barcelona: Alfaomega, 2000.
- [13] B. Fries, Audio Digital Práctico, Londres: Anaya Multimedia, 2005.
- [14] R. Budinas y K. Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, 9 ed., New York: McGraw-Hill, 2011.