



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

SERVOMOTORES

Angie Carolaine Ubaque Almanzar

u1802576@unimilitar.edu.co

Jorge Alberto Zorro Sánchez

u1802582@unimilitar.edu.co

David Steven Galvis Arevalo

u1802584@unimilitar.edu.co

1. RESUMEN:

En el siguiente informe se mostrará el trabajo de un servomotor de corriente alterna mediante un servopack que proporciona control de velocidad y control de posición.

de operación. Debido a esto, son de gran utilidad porque permiten cualquier tipo de movimientos, conservando fuerza, velocidad y baja inercia. Este dispositivo será controlado mediante un driver, capaz de dominar las diferentes variables del motor.

2. PALABRAS CLAVES:

- Velocidad nominal
- Tren de pulsos
- Parámetros
- Funciones auxiliares

3. ABSTRACT

The following report will show the work of a AC servomotor using a servopack that provides speed control and position control.

4. KEY WORDS

- Rated speed
- Pulse train
- Settings
- Auxiliary Functions

5. INTRODUCCIÓN:

Un servomotor es un motor eléctrico al cual se le puede realizar un control de factores, tales como dirección y velocidad, dentro de su rango

6. OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

- Reconocer los elementos a implementar, tales como los terminales y el tablero de usuario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Implementar el modo JOG en el servomotor.
- Controlar mediante un micro controlador las velocidades internas como analógicas del servomotor
- Desarrollar óptimamente el control de tiempos de aceleración y desaceleración del dispositivo.
- Desarrollar óptimamente el control del tren de pulsos del dispositivo.
- Comprobar el efecto de las diferentes ganancias del control de posición.

7. MARCO TEÓRICO

➤ Servomotores:

"Los servo motores son utilizados en las más variadas aplicaciones industriales donde una elevada dinámica, control de par, precisión de velocidad y posicionamiento son factores decisivos para el aumento de la calidad y productividad. Poseen todas estas características aliadas a un bajo costo, elevado desempeño y robustez.

El servomotor está diseñado para proporcionar control y "desempeño" precisos. Por ejemplo, transportar una carga y posicionarla más rápido. Sin embargo, ¿qué permite al servomotor realizar esto?, ¿qué hace al servomotor diferente de otros motores? La respuesta está en el diámetro del servomotor y el uso de un dispositivo de retroalimentación" [1].

Cualquier servomotor funciona con fuerzas inducidas electromagnéticamente y se emplean para producir directamente movimientos lineales y movimientos angulares, desde fracciones pequeñas de un radián hasta un giro completo. También se emplean para proporcionar movimientos limitados lineales o angulares limitados mediante fuerzas relativamente grandes [3].

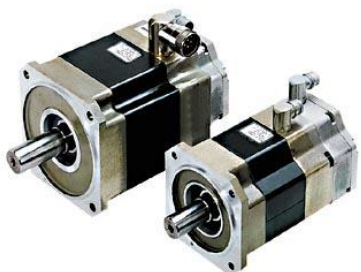


Ilustración 13. Servomotores industriales [6]

➤ Amplificador operacional LF353:

El amplificador operacional es un dispositivo que tiene la capacidad de manejar una señal, es acoplado en corriente continua de alta ganancia, el cual tiene dos entradas y una salida. Este dispositivo es capaz de ser configurado según el objetivo a desarrollar.

Para el control de velocidad se implementará el amplificador LF353 el cual tiene la siguiente configuración.

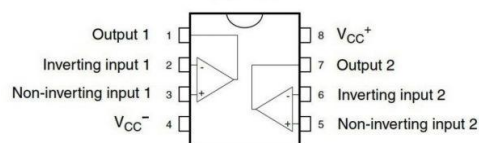


Ilustración 2. Circuito integrado amplificador operacional JFET LF353 [4]

➤ Microcontrolador:

Un microcontrolador es el circuito integrado principal de un sistema computacional, desarrollando instrucciones para todo el entorno, el procesamiento se realiza mediante operaciones lógicas y aritméticas por medio de unidades aritméticas (ALU) o unidades lógicas (UL). Este consta de coprocesador matemático, memoria cache, encapsulada, disipador de calor, registros, memoria, unidades de procesamiento y una unidad de control que es la que envía las órdenes a cada una de estas.

En este caso se utilizará como microcontrolador de desarrollo, la tarjeta STM32F4 Discovery.

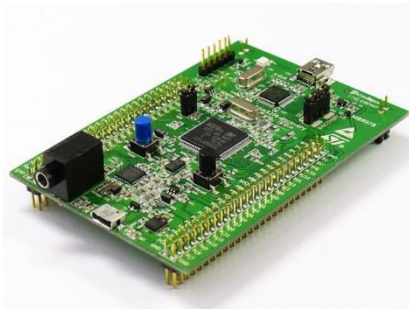


Ilustración 3. Tarjeta embebida de desarrollo STM32F4 Discovery [5]

➤ Impulsos servomotor Yaskawa:

Las entradas de los impulsos nominales, código de referencia y entradas de puesta a cero son implementados para la referencia de posición. Al tener esta señal debe establecerse la entrada nominal adecuada para el diseño creado.

El posicionamiento se controla mediante la introducción de un impulso nominal de movimiento.

Como el servomotor solo gira en un ángulo proporcional al impulso de entrada, se establece la entrada de formato de impulso nominal en el servopack desde el controlador principal, y posteriormente establecer uno de los formatos en función de las especificaciones del controlador principal, mediante las siguientes configuraciones.

Constante de usuario Pn200.0	Formato de impulso nominal	Multiplicador de impulsos de entrada	Operador lógico	Valor nominal de rotación a derechas	Valor nominal de rotación a izquierdas
0	Secuencia de impulsos signo +	—	Operador lógico positivo	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel alto	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel bajo
1	Impulso en el sentido del reloj + impulso en el sentido opuesto al reloj	—		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel bajo	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel alto
2	Secuencia de impulsos	x1		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°
3	bifásica con diferencial de fase 90°	x2		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°
4		x4	Operador lógico negativo	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel alto	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel bajo
5	Secuencia de impulsos signo +	—		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel bajo	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel alto
6	Impulso en el sentido del reloj + impulso en el sentido opuesto al reloj	—		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel alto	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) Nivel bajo
7	Secuencia de impulsos	x1		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°
8	bifásica con diferencial de fase 90°	x2		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°
9		x4		PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°	PULS (CH1-7) SIGN (CH1-11) 90°

Ilustración 4. Impulsos nominales servomotores SIGMA II Yaskawa [2]

➤ Optoacoplador:

Es un circuito integrado básico compuesto por un LED y un fototransistor acoplados de tal manera que al circular una corriente suficiente a través el LED para que emita luz, esta luz la reciba el fototransistor quedando en zona de saturación.

Como es un circuito integrado, no es afectado por los factores físicos como el polvo, y luces externas. Es utilizado como interfaz de dos circuitos unidos ópticamente funcionando como método de protección. Es decir, un optoacoplador representa un circuito abierto, una resistencia de impedancia infinita.

Se puede regular la caída de tensión que recibe el LED, lo que afectaría en el comportamiento del fototransistor, es decir, “te aproveches de la ganancia que te proporciona el fototransistor y lo utilices para amplificar la señal” [7].

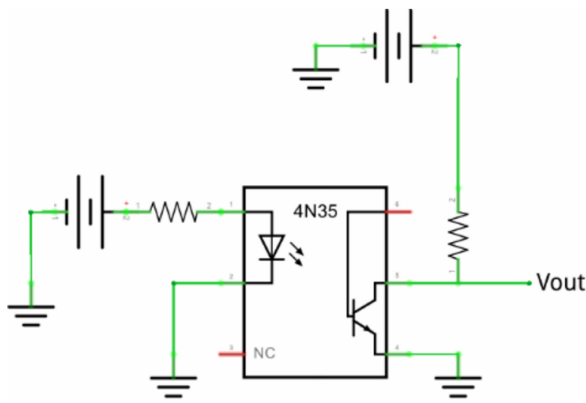


Ilustración 5. Estructura interna optoacoplador 4N35 y conexión típica [7].

8. MATERIALES:

Para llevar a cabo la práctica se emplean los siguientes materiales:

- Servomotor industrial
- Manual
- Driver
- Cables de conexión
- Tablero de potencia
- Resistencias
- Baquelita
- Soldadura
- Cautín
- Amplificador LF353N
- Osciloscopio
- STM32F4
- Mini cable USB
- Optoacopladores

9. METODOLOGÍA

Para el control de velocidad de un servomotor, se llevará a cabo un diseño para realizar el control mediante un micro controlador que

cambie tanto sus velocidades internas como la referencia analógica.

Para realizar este control mediante la referencia analógica es necesario implementar un conversor de señal digital análoga (DAC). Un micro controlador otorga una señal analógica siempre positiva, normalmente de 0 a 5 voltios. Por ende es necesario configurar esa señal para que otorgue valores negativos y en un rango más amplio. En pocas palabras, restar y amplificar:

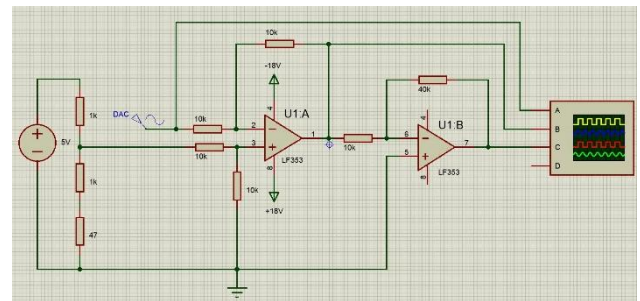
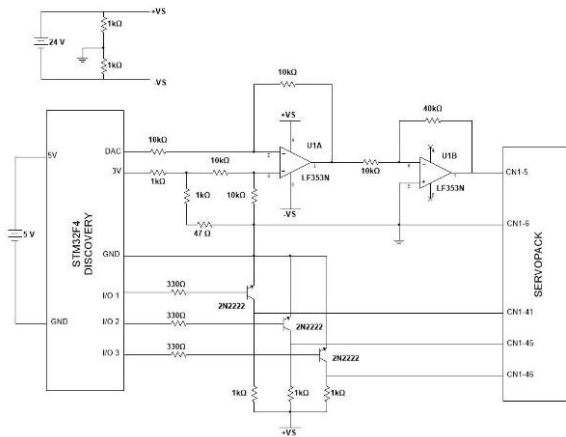


Ilustración 6. Configuración control DAC

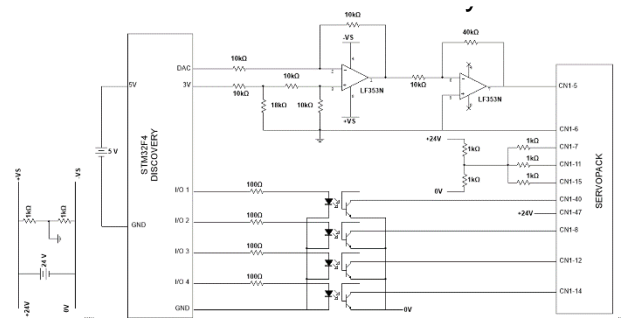
El servopack posee características que permite que el servomotor no funcione. Exactamente son terminales que se pueden configurar para habilitación externa, siempre habilitados o siempre deshabilitados, y estos son: S-ON (habilitación del servomotor), P-OT (habilitación de rotación en avance), N-OT (habilitación de rotación en retroceso). Adicionales, las velocidades internas también se eligen habilitando y deshabilitando los terminales P-CON (referencia de dirección), P-CL y N-CL (selección velocidades internas). Idealmente cuando son controlados por señales externas, es mejor utilizar contactos secos como botones o interruptores, y de ser controlados de forma electrónica relés, pero también se puede usar transistores como conmutadores procurando que la corriente en

La estructura que se implementara para el desarrollo del control de variables de velocidad del servomotor será el siguiente:



Como en el control de posición se necesita una señal cuadrada de 0 a 24 voltios [2], se maneja de manera colector abierto utilizando la conmutación de un fototransistor perteneciente a un optoacoplador. El optoacoplador no solo permite una conmutación alta, sino también un acople invisible que separa el circuito de potencia del circuito de control.

La estructura que se implementara para el desarrollo del control de variables de posición del servomotor será el siguiente:



10. PROCEDIMIENTO

- Se reconocen los terminales de los driver y del servo.
- Por medio de la configuración y las funciones auxiliares se coloca el servomotor en modo de fábrica, función auxiliar Fn005.

- Se configura el sentido de giro, parámetro Pn000.0, y luego se configura en la función auxiliar del modo JOG, Fn002, que posee el servopack por medio del control de usuario que tiene acoplado.
- Se habilita el servomotor y se prueba que gire en los dos sentidos
- Se deshabilita para poder cambiar la velocidad establecida de modo JOG en el parámetro Pn304 y se repite el paso anterior.

37

- Se determina un voltaje de entrada al driver el cual controlará la velocidad, siendo este voltaje la velocidad nominal configurada en el parámetro Pn300.
- Luego se controlarán las 3 velocidades internas del servo, las cuales son variables con la programación del driver en los parámetros Pn301, Pn302 y Pn303 para las velocidades 1, 2 y 3 respectivamente.
- En los parámetros Pn305 y Pn306 se configurará el tiempo en arranque suave para la aceleración y la desaceleración respectivamente. Estará en unidades de tiempo.
- Con el monitor Un000 se visualizará la velocidad actual del motor, en unidades de rev/min.
- Se cambia los valores de los parámetros Pn100 y Pn101 alternando los valores entre ellos de mayores, menores o iguales y se repite el paso anterior.

El último procedimiento es colocar el servomotor en control de posición:

- Se determina en el parámetro Pn200.0 cuál será el modo de control de posición, para esto se tienen en cuenta los trenes de pulsos, junto con la lógica ya sea positiva o negativa, y la forma de los pulsos de referencia.
- Luego se conectarán 3 señales a las entradas PULS, (referencia de entrada de pulsos), SIGN (referencia de signo) y CLR (borrado de error de contador). Se tiene que hacer para referencia de tren de pulsos más signo en y tren de pulsos con tren de pulsos desfasada 90°.
- Se configurará la ganancia para el control de posición, en el parámetro Pn102. Con esto se busca conocer y

distinguir los cambios que esta ganancia efectúa en el movimiento del servo.

- Finalmente con el monitor Un004 se visualizará la posición actual del motor medida en ángulos, y el número de pulsos que recibe el servopack en el monitor Un003.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El servopack lleva programado el modo JOG con dos fines: el primero es para dar una introducción o tutorial al usuario de cómo se trabaja con operador digital del servopack configurando la función auxiliar del modo JOG y cambiando su velocidad en el parámetro Pn304, y el segundo es para probar si el servomotor está en buen estado hasta llevarlo hasta su velocidad nominal. Una vez dominados el modo de configuración de funciones, parámetro y comprobado el servomotor gire a su velocidad nominal en ambos sentidos, se puede proseguir a los modos de control.

El control de velocidad tiene un comportamiento como una rampa, donde va de una velocidad a otra velocidad a otra. Cuando es controlado con contactores, las pendientes de las rampas están sujetas a los tiempo de aceleración y desaceleración (parámetros Pn305 y Pn306 respectivamente), y cuando es controlado por referencia analógica los comportamientos de las pendientes dependen de la velocidad en la que cambie el valor del voltaje de entrada.

Hay que tener en cuenta que el servomotor está sujeto a imperfecciones mecánicas, es decir que la velocidad del servomotor que se desea no es a la cual está rotando, por lo que el servopack posee un control de lazo cerrado:

2995 – 3010	100	1500
-------------	-----	------

Tabla 2. Velocidades respecto a constante de lazo de ganancia de velocidad.

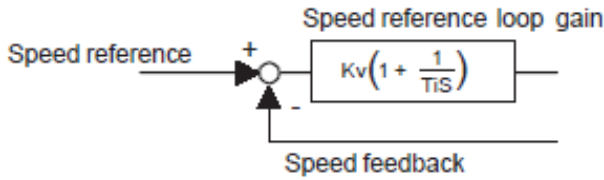


Ilustración 9. Ajuste de ganancia de servo [2].

El funcionamiento es el siguiente: la velocidad de referencia es la que uno selecciona ya sea por contactores o referencia analógica, la velocidad de realimentación es la información que proporciona el encoder, entonces a la velocidad de referencia se le resta la velocidad de retroalimentación y el resultado para por un lazo de ganancia de velocidad de referencia. Esto modifica la velocidad del motor y la respuesta tanto del control como de la estructura mecánica.

Para mirar el comportamiento, se analizará en una sola velocidad estable y continua como lo es una de las velocidades internas, y se cambiaran las constantes del lazo de ganancia de velocidad de referencia: lazo de ganancia de velocidad (Kv) y lazo de constante de tiempo integral de velocidad (Ti). El servomotor SGHD Sigma II a usar posee una velocidad nominal de 3000 rpm, y con esa velocidad se analizará el comportamiento de las constantes. Las velocidades que se visualizan en el monitor Un001 son las siguientes:

Velocidad proveniente del encoder	Lazo de ganancia de velocidad (Kv)	Lazo de constante de tiempo integral de velocidad (Ti).
2999	40	2000
2999	200	3000
2992 – 3003	500	500
2801 – 3138	1000	500

A estos datos se debe adicional respuestas físicas que se presentaban al subir el lazo de constante de tiempo integral de velocidad (Ti), el motor emitía ruido proveniente de vibraciones producidas en el rotor. Adicional la velocidad no es estable ni continua, y empieza a oscilar entre rangos de velocidades, y el tamaño de los rangos está sujeto al valor del lazo de ganancia de velocidad (Kv), entre más grande Kv más grande el rango de oscilación de velocidades.

El control de posición se hace con un tren de pulsos, lo que implica también una frecuencia específica del tren de pulsos. Esa frecuencia representa la velocidad a la cual irá de una posición a otra. Entonces, al hacer control de posición, también se hace control de velocidad y las constantes del lazo de ganancia de velocidad de referencia.

El número de pulsos indica cuántos grados girará el servomotor y depende de la resolución que tiene el encoder del servomotor. El servomotor SGHD Sigma II a usar posee una resolución de encoder de 2048 pulsos por revolución, por lo que si se quiere mover 90 grados, el número de pulsos a introducir es:

$$2048 \frac{\text{pulsos}}{\text{rev}} \times \frac{\text{rev}}{360^\circ} = 5,689 \frac{\text{pulsos}}{\text{grado}} \quad (1)$$

$$\frac{5,698 \text{ pulsos} \times 90^\circ}{1^\circ} = 512 \text{ pulsos} \quad (2)$$

Con 512 pulsos el servomotor girará 90°.

Esa señal se coloca en el terminal PULS, y en SIGN se colocará una señal digital que cambiará entre estado alto e impedancia infinita si el control de posición está signo más pulso, u otro tren de pulsos igual a la primera señal desfasada $+90^\circ$ ó -90° . Para que se mueva de 90° en 90° , es necesario que el terminal CLR borre el conteo interno de pulsos recibidos, de lo contrario sumaría el número de pulsos introducidos anteriormente con los pulsos a introducir.

12. CONCLUSIONES

Los servos son de gran importancia dentro de la industria, debido a que se tiene el control en factores como torque, velocidad y posición brindando una amplia gama de las aplicaciones, por su exactitud y óptimo funcionamiento. Asimismo el driver proporciona la configuración y manipulación de los distintos sistemas de control otorgando dicha precisión.

La manipulación de los servos necesita implementar cables de par trenzado para que no se vean afectados en las señales y se presenten interferencias.

13. BIBLIOGRAFÍA

[1] Electrónica industrial. Modelos y especificaciones de servo motores. (2016, Agosto) Disponible en: <http://www.electronicaindustrial.cl/index.php/productos/servo-motores>

[2] Σ -II Series SGM-BH Servomotor/SGDH Servopack User's Manual, Manual N° SIES800-32.4, YASKAWA Electric Corporation, Kurosakishiroishi, Japan.

[3] McGraw-Hill. (1964) Servomecanismos, Servomotores (impulsadores), Servomotores eléctricos. Enciclopedia Salvat Ciencia y Tecnología [versión impresa]. Barcelona, ES: Salvat Editores.

[4] Electrónicos caldas. Amplificador LF353N. [En línea]. Available: <http://www.electronicoscaldas.com/amplificador-es-operacionales/352-amplificador-operacional-lf353.html>

[5] STM32F4 Discovery. ST life augmented. [En línea]. Available:

http://www.st.com/content/st_com/en/products/evaluation-tools/product-evaluation-tools/mcu-eval-tools/stm32-mcu-eval-tools/stm32-mcu-discovery-kits/stm32f4discovery.html

[6] Servomotores. Grup Dap. {} Automatización industrial. [En línea]. Available: <http://www.grupdap.es/dataesp/prod-familiasdetalle.asp?idFamilia=37>

[7] Optoacoplador, ¿Qué es y cómo funciona? EducaChip. [En línea]. Available: <http://www.educachip.com/optoacoplador-que-es-y-como-utilizarlo/>