



FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



II CAIM 2010
Segundo Congreso Argentino
de Ingeniería Mecánica
San Juan - Noviembre 2010

Análisis de conversión del Sistema Electrónico de una Fresadora CNC

Daniel Gunther⁽¹⁾, René Rodríguez⁽²⁾, Rubén Fernández⁽¹⁾, Luis Aguilar⁽²⁾, Luis Sayago⁽¹⁾,
Fidol Parra⁽¹⁾ y Alejandro Ferreiro⁽²⁾.

*⁽¹⁾Departamento Académico de Electrónica - FCEyT - Univ. Nacional de Santiago del Estero
Gral. Savio y La Forja - Parque Industrial - La Banda - Sgo. del Estero - Argentina*

*⁽²⁾Departamento Académico de Mecánica - FCEyT - Univ. Nacional de Santiago del Estero
Gral. Savio y La Forja - Parque Industrial - La Banda - Sgo. del Estero - Argentina*

RESUMEN

Una máquina herramienta permite dar forma a materiales sólidos, generalmente metálicos. Son máquinas estacionarias cuyas operaciones en la pieza se realizan mediante arranque viruta, estampado, corte o electroerosión. Sus automatismos controlan desplazamientos con precisión y exactitud micrométrica, que en las máquinas más modernas se ejecutan con un sistema de control numérico computarizado (CNC). La continua evolución del hardware y del software origina la obsolescencia de las versiones de estos sistemas de control. El objetivo del trabajo consiste en analizar la factibilidad de la actualización del sistema de control electrónico de una fresadora marca Bridgeport modelo DX32 (1994) con software de código cerrado y perteneciente al fabricante. La propuesta contempla conservar sensores, actuadores y etapas de potencia de la máquina, y reemplazar la lógica de control por circuitos basados en componentes actualizados, una PC y un software de control numérico de código abierto. El análisis incluye el relevamiento del sistema original, y las interacciones entre hardware y software, tanto de la PC como de los microcontroladores involucrados. En forma paralela, se consideran los mecanismos de acción y sensores, la lógica aplicada y los sincronismos necesarios para el funcionamiento actual. En suma, se analiza la factibilidad de actualizar el sistema de control automático existente de una fresadora a Control Numérico Computarizado (CNC).

Palabras Claves: Control Numérico Computarizado. Microcontroladores. Encoders.

1. INTRODUCCIÓN

Las máquinas herramientas están destinadas a dar forma a materiales sólidos, los que generalmente son metales. Se caracterizan por ser máquinas estacionarias, en las cuales las operaciones en la pieza se realizan mediante arranque de viruta, estampado, corte o electroerosión. Sus automatismos controlan desplazamientos, con precisión y exactitud micrométrica, los cuales, en las máquinas más modernas, se ejecutan a través de un sistema de Control Numérico Computarizado (CNC).

Estos sistemas se encuentran en continua evolución, la cual se concreta en cambios tecnológicos del hardware, los que se verifican simultáneamente con modificaciones del software. Dicha evolución origina la obsolescencia de estos sistemas de control, lo cual puede combinarse además con la falta de soporte de fábrica. Por tanto, se considera apropiado abordar la factibilidad de actualizar el sistema de control automático (SCA) existente en una máquina herramienta a Control Numérico Computarizado (CNC), teniendo como meta final su posterior construcción e implementación a un costo menor al de mercado.

Específicamente, en este trabajo se analiza la modernización del sistema de control electrónico de CNC de una fresadora marca Bridgeport modelo DX32, que en la actualidad opera con software de código cerrado y perteneciente al fabricante. La propuesta contempla conservar la estructura mecánica, motores de accionamiento, incluyendo todos los sensores, actuadores y etapas de potencia originales de la máquina, y a futuro el reemplazo de la lógica de control por circuitos basados en componentes actualizados, una computadora personal (PC) y un software de control de código abierto.

En este documento, en primer término se registra el relevamiento de los componentes originales del SCA y de los modos de interactuar entre ellos. Seguidamente se identifican los elementos que pueden ser reemplazados, considerando las interacciones con el resto del sistema, tendiente a formular una solución preliminar de modernización del SCA, y al final se exponen las conclusiones del trabajo.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Tomando como base la documentación provista por el fabricante [1], concretamente los manuales de instalación, operación y mantenimiento, se describen a continuación las partes internas de la máquina, identificadas por su funcionamiento, como las placas lógicas, sus funciones e interacción con todo el sistema.

2.1. Sistema de bloques

En la Figura 1 se observa el diagrama de bloques correspondiente al SCA mediante CNC existente en la fresadora Bridgeport DX32 [1]. Los bloques identificados como "386-33 Mother Board", VGA Board, CRT Display, Keyboard, Floppy y Hard Disk, constituyen una PC de propósito general, y en uno de sus puertos de expansión (designados habitualmente "slots") ISA posee conectada la placa identificada como BMDC (Bridgeport Machine Controller Board).

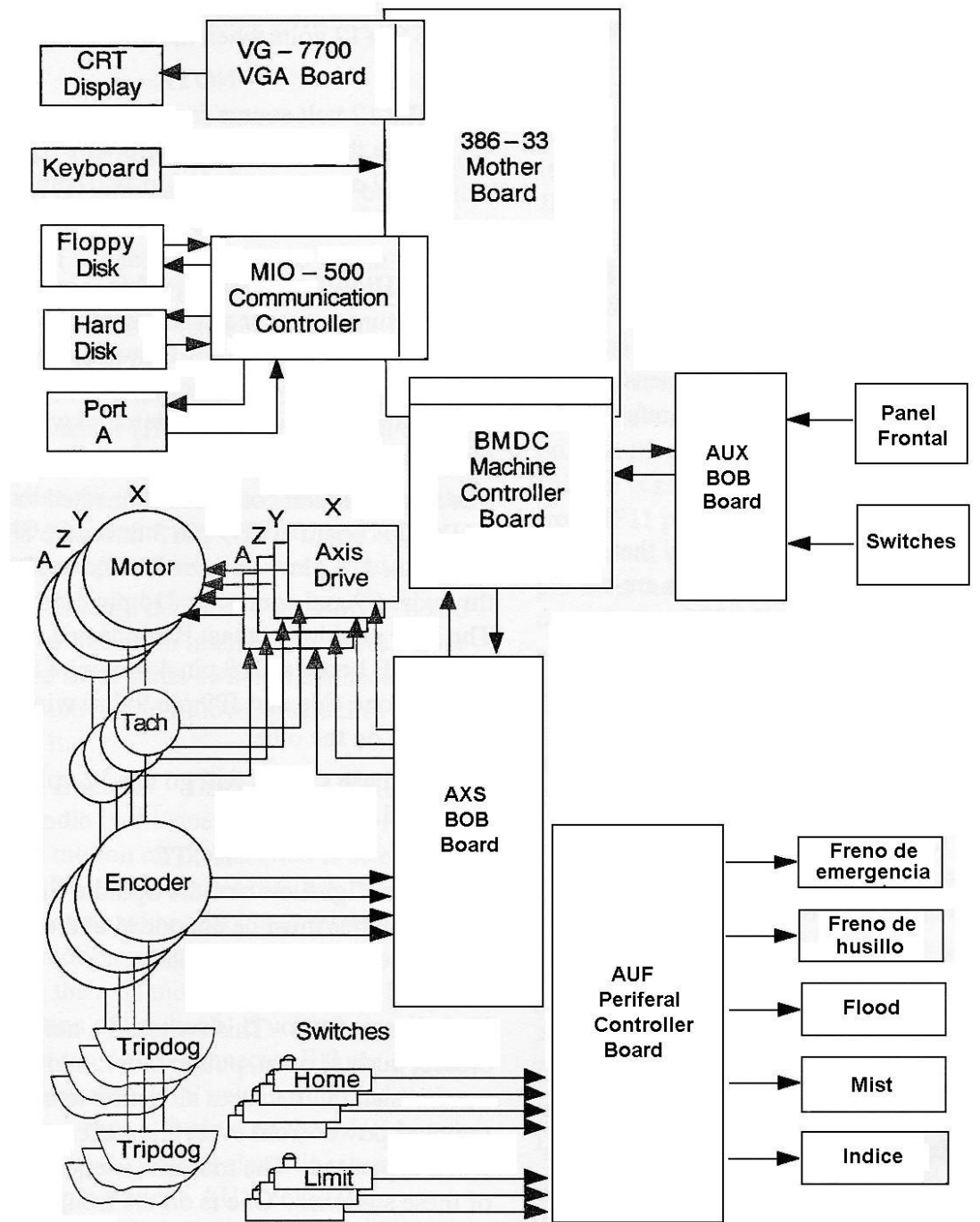


Figura 1 Diagrama de bloques del sistema

La placa BMDC (es una controladora compatible con el bus IBM AT. Está diseñada, junto con su correspondiente software, para ser una controladora de cinco ejes, y está compuesta por los siguientes elementos:

- Un microprocesador de 32 bits de 25 MHz (MC68EC030)
- Un coprocesador matemático (MC68882)

- 512 KBytes de memoria estática.
- 4096 bytes de memoria de puerto dual para facilitar las comunicaciones con la PC.
- Cinco entradas para codificadores de posición de los ejes (o "encoders"). Estas entradas pueden ser TTL/HCMOS compatibles o RS-422 de entrada diferencial. Las entradas para cada canal incluyen señales eléctricas digitales identificadas como Fase A, Fase B e Índice.
- Una entrada para encoder de cuadratura como entrada auxiliar. Las entradas de este encoder también deben ser TTL/HCMOS compatibles.
- Cuatro salidas de DACs de 12 bits de resolución capaces de entregar +/- 10V para comandar los controladores (o "drivers") de los motores correspondientes a los cuatro ejes utilizados por la máquina.
- Una salida de un Conversor digital-analógico (DAC) de 16 bits para una salida de +/- 10V que habilita la posibilidad de comandar un quinto eje.
- Un Conversor analógica-digital (ADC) de 8 bits de 8 canales, cuatro de ellos usados para efectuar diagnósticos y los restantes se usan para controles del operador.
- Dos puertos seriales para entradas/salidas (I/O) auxiliares a través de placas opcionales, identificadas como AUF en el diagrama de bloques de la Figura 1.
- Once líneas digitales de entrada de propósito general, típicamente usadas para controles de entrada del operador.
- Una línea de entrada que puede ser usada para tomar la información del estado de todos los ejes en un instante, normalmente usada para testeo.
- Dos salidas para relés, ambas de 60 V y 1 A.

La placa BMDC se conecta al motherboard a través del estándar ISA de IBM AT. En la PC se ejecuta el Programa de Sistema de Operación de Bridgeport (Bridgeport Operating System Software, BOSS), quien es el responsable de gobernar la interfase usuario-máquina, interpretar el programa del usuario, controlar los ejes y otras funciones como lubricación, refrigeración, velocidad de giro, etc.

La placa AUXBOB tiene como propósito principal separar en distintos conectores el cable cinta de 50 líneas que proviene de la BMDC. Esta placa posee:

- Un conector de 50 pines (JP1).
- Dos conectores de 10 pines (JP2 y JP3) que se encargan de conducir los 4 cables de comunicación con la tarjeta de expansión AUF.
- Un conector de 10 pines (JP4) que se encarga de la comunicación optoacoplada con una tarjeta de expansión.
- Un conector de 6 pines (JP6) que se encarga de conducir alta corriente para el funcionamiento de los relés.
- Dos conectores de 4 pines (JP7 y JP8) que se encargan del pulsador de desplazamiento y de la anulación del avance.
- Tres conectores de 10 pines (JP9,JP10,JP11) que son entradas de baja corriente de propósito general.

Esta placa tiene como función entregar a la BMDC el estado de todos los switches principales de la interfase que se encuentran en el panel frontal de la máquina.

De modo similar, la placa AXSBOB se encarga de separar las señales provenientes de la BMDC en conectores separados. Tiene un conector de 50 pines (JP1) mediante el cual se conecta a la BMDC a través de un cable cinta de 50 pines. Tiene varios conectores de 4 pines y 10 pines. La función de estos

conectores es la siguiente:

- Recibir las señales de los encoders de los ejes X, Y, Z, y A.
- Recibir las señales del encoder del husillo.

La placa AUF es un controlador programado. Tiene un software local que funciona en conjunción con el programa de la BMDC para el control de varias funciones de la máquina y posee trece conectores de dos pines y nueve conectores de tres pines. El propósito de esta placa es comandar las funciones externas indicadas en el diagrama de bloques.

2.2. Sistema de Drivers de los ejes

Los sistemas de los drivers de los ejes y su relación con la máquina se ilustra en el esquema de la Figura 2.

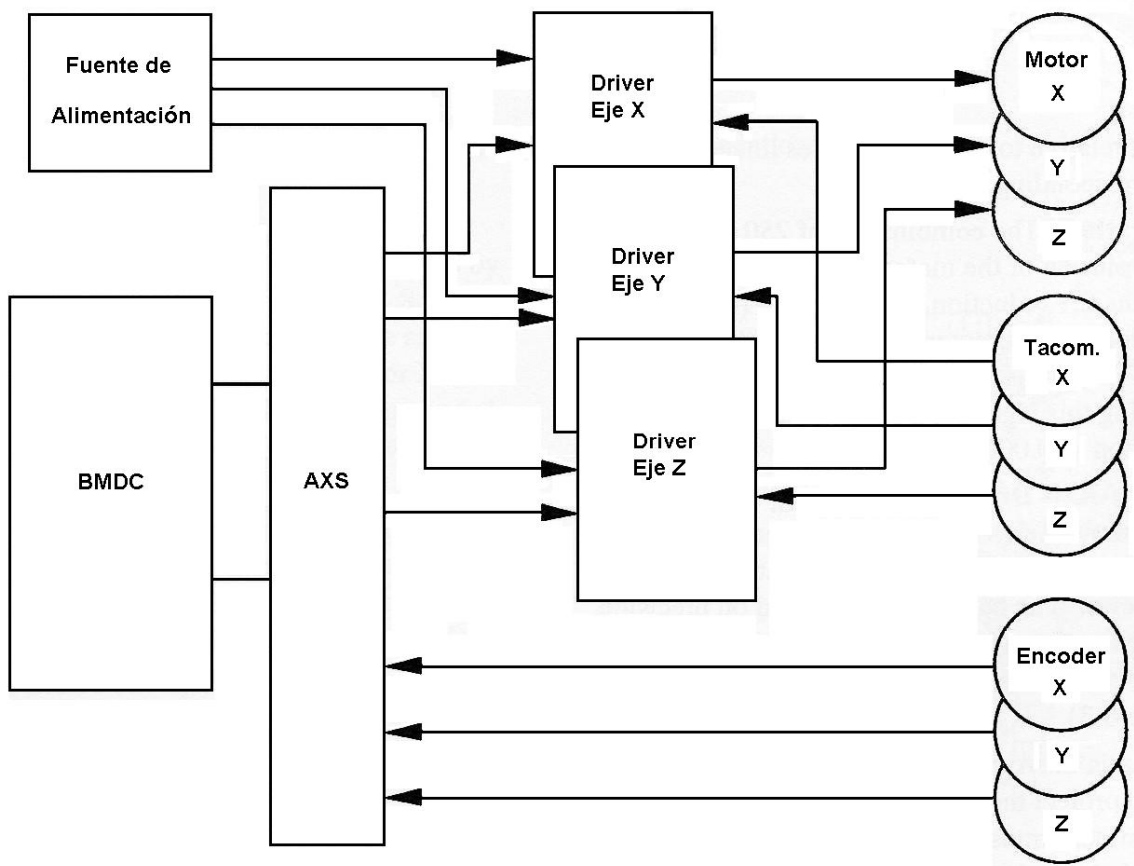


Figura 2 Sistema de Drivers de los ejes

La máquina posee tres ejes bajo control de la computadora. Cada eje posee un servomotor de corriente continua y un módulo driver para el motor. La placa AXS es una interfase entre los módulos drivers y la placa BMDC. Esta última placa usa comandos de posicionamiento para crear las señales eléctricas para el módulo driver.

El sistema de control de la máquina usa motores de corriente continua de imán permanente, y cada uno de ellos posee un tacómetro y un encoder. El tacómetro genera una salida analógica proporcional a la velocidad del motor, y se combina con la señal analógica (entre -10V y +10V) entregada por la placa AXSBOB para producir el comando de velocidad, y éste se usa, a su vez, para generar el comando de corriente del motor

que, junto con las señales de realimentación (protocolo QEI) del encoder, son usados para controlar la operación del motor.

Mediante el sistema de transmisión, la rotación del motor se convierte en movimientos en el plano de trabajo (ejes X e Y) o vertical del husillo (eje Z). En esa transmisión, el movimiento de los motores tiene una reducción de velocidades de 2:1 (X e Y).

Con respecto a la calibración, la combinación de 250 pulsos del encoder por revolución del conjunto motor – tacómetro – encoder, la reducción 2:1 y el tornillo de transmisión, produce un movimiento del eje de 0.0004 pulgadas por cada pulso del encoder. El sistema CNC acepta esta señal en cuadratura, resultando una resolución del servo de 0.0001 pulgada.

3. SOFTWARE CNC

En la actualidad se tiene acceso a software CNC gratis o de costo muy bajo (freeware o free software). Si a esto se suma que el hardware necesario para controlar y comandar una máquina CNC también resulta muy accesible, es posible entonces el planteo del diseño de modernización de una máquina CNC perteneciente a una generación cuyo software de control y el hardware que le sirve de soporte, como la PC y sus interfases, han quedado obsoletos. Es éste el objeto del presente trabajo.

El tipo de operación que debe realizar una máquina herramienta se determina mediante los denominados códigos G (o "G-codes"), que seleccionan tipo de movimiento, modo de velocidad o de avance, etc. Estos se definen en la instancia de diseño de los trabajos a realizar, los que posteriormente se ejecutan en la máquina. Es decir, son generados por la secuencia CAD-CAM.

Dentro del estudio de factibilidad de modernización de dicha máquina, deben ser analizadas las diferentes alternativas de software de control CNC que se dispone, sobre todo en el aspecto referido a la comunicación desde la PC a los circuitos que le sirven de interfase hacia los drivers de los motores.

El software al que se hace referencia en este trabajo es el encargado de interpretar el código-G y generar los movimientos necesarios en la máquina para efectuar el trabajo de maquinado a través de la interfase usada. La oferta de software de control CNC es muy variada y cubre varias posibilidades de interfases, desde las mas antiguas (Puerto paralelo, RS232) hasta las actuales (USB). Entre ellos podemos mencionar: EMC2/AXIS (Linux), TurboCNC y CNCPro (DOS), KCAM (Win98), Mach2/3 (WinXP), USBCNC (Windows, interfase USB), CNCdudez (Windows, interfase USB).

Se ha planteado como estrategia de diseño poder dotar al sistema de gran flexibilidad, dando la posibilidad de seleccionar qué interfase usar (Paralelo, RS232 o USB). La oferta de software que trabaja con USB es escasa en estos momentos, pero cabe esperar su incremento con el tiempo, puesto que las computadoras actuales, en su mayoría, no disponen de puerto paralelo, y la interfase RS232 también está disminuyendo sensiblemente su utilización.

4. SOLUCION PROPUESTA

La solución que se propone contempla el reemplazo de los bloques BMDC y AXS (identificados en Figuras 1 y 2) mediante un sistema de microcontroladores PIC, formado por un maestro y tres esclavos. En la gráfica siguiente (Fig. 3) se muestra el diagrama de bloques del sistema propuesto.

Los bloques que identifican a los microcontroladores se muestran con más detalle en la Figura 4.

Como microcontrolador maestro, se preselecciona un PIC18F4550, y como esclavos al dsPIC30F2010. El primero debe comunicar mediante la interfase USB (aunque se prevé la posibilidad de utilizar otra interfase),

con el software de control CNC que se ejecute en la PC. Además, el maestro comandará una red de microcontroladores esclavos a través del protocolo SPI, y cada uno de los esclavos tendrá por función manejar los ejes X, Y y Z.

El lazo de control de velocidad se mantendrá tal cual como se encuentra en la máquina, combinando el control existente en los drivers con el control a cargo de los microcontroladores esclavos (los cuales reemplazan la funcionalidad de la placa AXSBOB).

La información que proviene de la PC engloba las señales de movimiento de todos los ejes, de acuerdo al protocolo del software que se decida utilizar. Esta información es recibida por microcontrolador maestro, el cual, a su vez, se encarga, a través del protocolo SPI, de asignar la información a cada microcontrolador esclavo para el movimiento de cada eje controlado individualmente.

En una etapa posterior se prevé el proceso de análisis y selección del software de control, lo que implica un análisis de la lógica de control del mismo y la forma de comunicación entre todos los componentes, y esto condicionará y permitirá definir con precisión la programación de los microcontroladores del sistema propuesto.

Para la elección de los microcontroladores se tuvo en cuenta la funcionalidad ofrecida por el fabricante. El PIC18F4550 [2] fue seleccionado porque posee hardware y recursos específicos para el manejo del protocolo USB, y los dsPIC30F2010 [3] fueron seleccionados por ser modelos recomendados para el control de motores de corriente continua, y además, poseer entradas específicas para el protocolo QEI (Quadrature Encoder Interface), que es el utilizado por los encoders de la máquina. Estas entradas están diseñadas para manejar las señales Fase A, Fase B e Índice, disponen de filtros digitales y todo el hardware para decodificar el protocolo QEI. Estas señales (Fase A y Fase B) trabajan en cuadratura, cada pulso indica un paso del encoder y la diferencia de fase entre ambas (+90° o -90°) señala la dirección del movimiento.

Se efectuaron mediciones de las señales del encoder del eje X para verificar el funcionamiento de las mismas en respuesta al movimiento de dicho eje. Se utilizó un osciloscopio marca GW Instek modelo GDS 1102A de dos canales, conectando un canal en cada señal. Las Figuras 5 y 6 muestran la evolución de las señales Fase A y Fase B al mover el eje X en un sentido y luego en el opuesto.

El control de los motores se consigue mediante una señal analógica que se entrega a los drivers de potencia de cada motor, existentes en la máquina. Se prevé el uso de convertidores D/A para generar dichas señales.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo registra:

- el relevamiento del sistema de CNC de la fresadora Bridgeport DX32,
- la propuesta preliminar de actualización de ese sistema, mediante componentes de bajo costo y gran disponibilidad en el mercado,

Conforme lo expuesto, la modernización que se avizora concretar, permitirá la utilización de toda la estructura mecánica de una máquina que se encuentra en muy buen estado de uso, sus sensores y drivers de potencia, pero que posee un software obsoleto. La implementación de las modificaciones permitirá mantener las capacidades de la fresadora para el desarrollo de operaciones de maquinado de piezas, pues los software actuales pueden controlar la misma cantidad de ejes con que cuenta en la actualidad.

Como líneas de expansión futura, se menciona:

- diseño e implementación de la modificación en la fresadora analizada,

- análisis similares para los sistemas de control de máquinas herramientas y de otros equipos y máquinas.

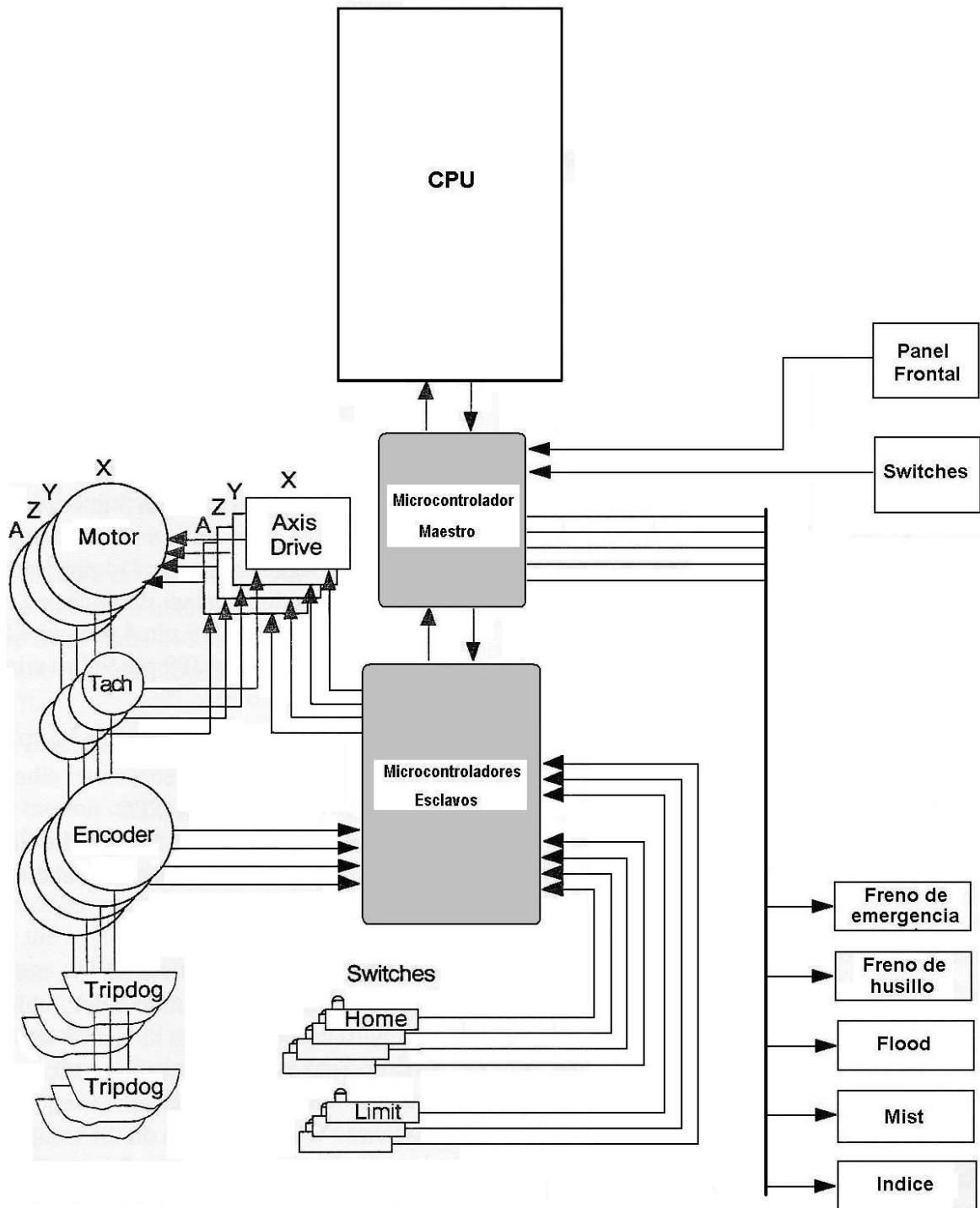


Figura 3 Diagrama de bloques general de la solución propuesta

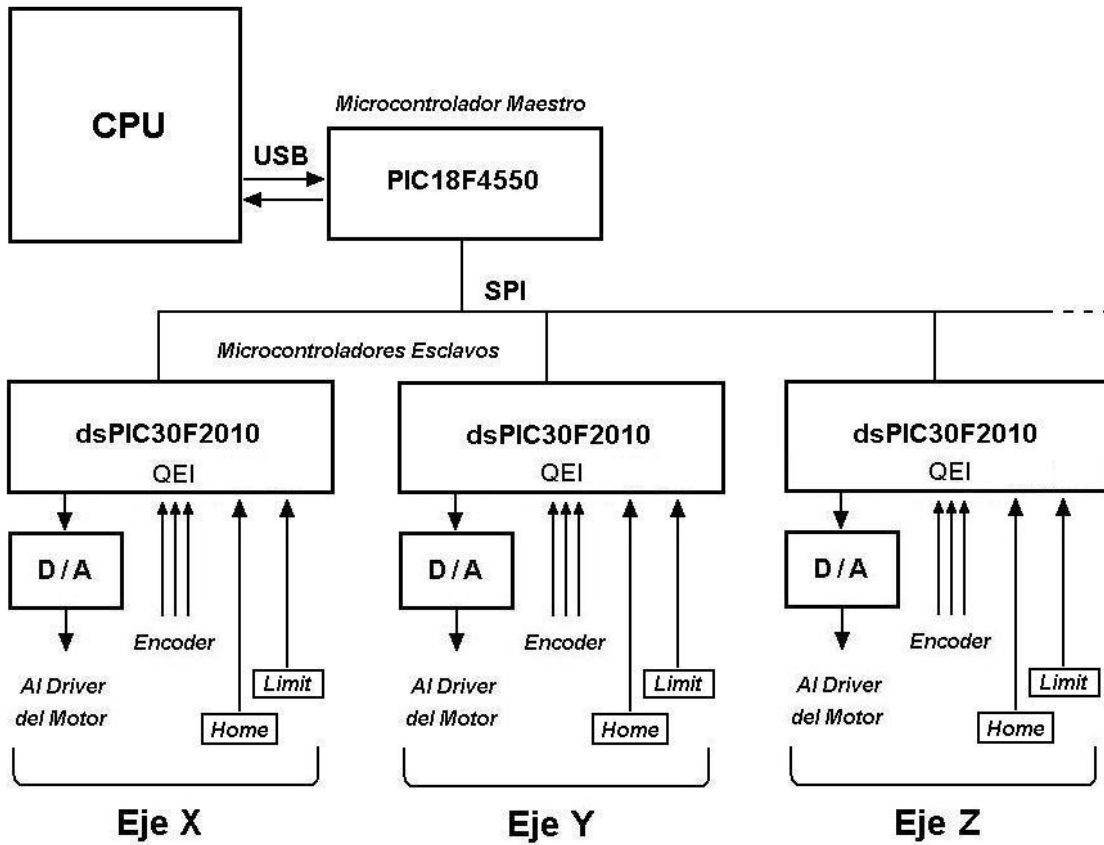


Figura 4 Diagrama de bloques de los microcontroladores

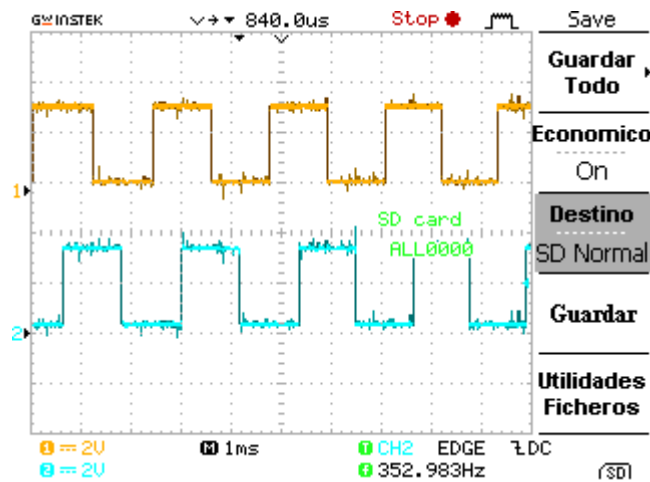


Figura 5 Fase A y Fase B eje X en avance

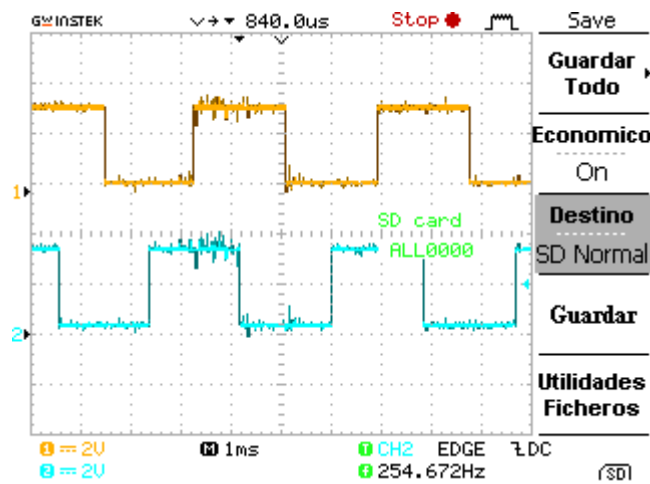


Figura 6 Fase A y Fase B eje X en retroceso

6. REFERENCIAS

- [1] Bridgeport Machines Inc., *Installation, Operation Maintenance and Parts Breakdown Manual*, U.S.A., 1994.
- [2] Microchip Inc., PIC18F4550 Data Sheet, U.S.A., 2008.
- [3] Microchip Inc., dsPIC30F2010 Data Sheet, U.S.A., 2008.