

MÉTODO MEMORIA DE ESTADO APLICADO A SISTEMAS SECUENCIALES CON NEUMÁTICA PURA

Saturnino Soria Tello
Miguel Ángel Platas Garza
Francisco Javier Esparza Ramírez
Alejandro Eutilio Loya Cabrera
Guadalupe Ignacio Cantú Garza

PALABRAS CLAVE

Automatización industrial. Control secuencial. Diseño lógico. Sistemas neumáticos. Actuadores. Válvulas direccionales.

INTRODUCCIÓN

A pesar del avance tecnológico que persiste hoy en día las aplicaciones con neumática pura son todavía de gran relevancia en la industria, especialmente en entornos explosivos donde el uso de señales eléctricas se vuelve peligroso. Una diferencia importante es que, en contraste con las aplicaciones de electroneumática, las aplicaciones neumáticas están hechas exclusivamente con componentes neumáticos. Esto conduce a un pensamiento común optimizar el diseño neumático para que requiera menos componentes en su implementación y optimizar el tiempo utilizado en el diseño secuencial.

JUSTIFICACIÓN

En este documento se presenta un método alternativo y original para la solución de sistemas secuenciales con neumática pura. El método se basa en el diseño del estado secuencial a través de la memorización de los cambios de estado. Los estados están vinculados en una matriz secuencial donde el estado n solo puede ocurrir después del estado $n-1$. El método es totalmente analítico y está basado en los siguientes pasos: (1) El sistema secuencial es descrito por un diagrama de estado, (2) La representación matemática del problema es obtenida por las ecuaciones lógicas y (3) Las ecuaciones relacionadas a los estados del sistema son representadas por un grupo de componentes neumáticos conectados entre ellos.

El método propuesto tiene las siguientes ventajas con respecto a los métodos convencionales: Incremento en la seguridad, al no tener desviaciones en el conocimiento de la máquina, la existencia de una metodología que no depende de la experiencia del diseñador, el método es fácil de entender con respecto a los métodos heurísticos. Estas ventajas hacen al método "Memoria de Estado" útil en la enseñanza de sistemas neumáticos.

OBJETIVO

Un sistema secuencial neumático es analizado mediante el diagrama de estado, en este diagrama se representan a todos los componentes de control y los de potencia, los componentes que se representan en este diagrama es principalmente el o los actuadores neumáticos seguido de las válvulas direccionales.

Del diagrama de estado se inicia con la selección de los componentes fundamentales del circuito de potencia, las válvulas direccionales y los actuadores neumáticos, por cada piloto neumático se debe de encontrar una ecuación lógica, cada ecuación esta estructurad por la suma y multiplicación lógica de funciones neumáticas.

Se utiliza lógica positiva, lo que indica que las válvulas direccionales de 3 vías y dos posiciones serán con presión bloqueada en la posición inicial.

DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS BÁSICOS

El propósito de esta sección es describir el comportamiento de los diferentes elementos neumáticos a través de las ecuaciones lógicas. Nos limitaremos a los sistemas neumáticos discretos (Booleano), por ejemplo sistemas en los cuales sus señales pueden tomar dos posibles valores y sus elementos pueden tomar dos posibles configuraciones, entonces se describirá una señal o elemento por los valores lógicos (0, 1). Otro comportamiento de este tipo de sistemas es que pueden ser representados por un grupo de ecuaciones lógicas, las cuales están estructuradas por los operadores lógicos AND (condición), OR (alternativo) y NOT (negación).

El inicio de la construcción de las ecuaciones es mostrar los elementos que corresponden a las operaciones lógicas básicas. Los operadores lógicos AND, OR y NOT pueden ser implementados neumáticamente por los por los elementos mostrados en la figura 1.

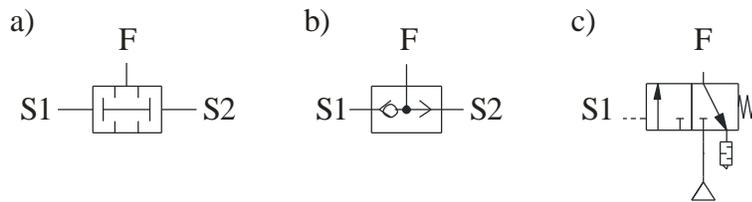


Fig. 1 Implementación de operadores lógicos con elementos neumáticos
La salida F en el elemento de la figura 1a) puede expresarse como:

$$F = \begin{cases} 1, & S1 = S2 = 1 \\ 0, & \text{Cualquier otro valor} \end{cases}$$

La salida F en el elemento de la figura 1c) puede expresarse como:

$$F = \begin{cases} 1, & \text{Cualquier otro valor} \\ 0, & S1 = S2 = 0 \end{cases}$$

La salida F en el elemento de la figura 1c) puede expresarse como:

$$F = \begin{cases} 1, & S1 = 0 \\ 0, & S1 = 1 \end{cases}$$

4.1 Actuadores neumáticos

Cualquier actuador neumático con una salida Booleana (dos posibles valores) pueden ser usados con el método propuesto. En este documento se usará actuadores de doble acción como el mostrado en la figura 2, pero puede ser generalizado a otros actuadores.

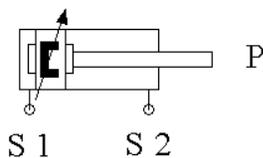


Fig. 2 Símbolo neumático del actuador de doble acción

El actuador tiene dos puertos de conexión identificados como S1 y S2 dos cámaras de trabajo y una flecha que se mueve a través de las dos cámaras. Cuando se aplica la

energía neumática en S1 y S2 es conectado a la atmosfera, la diferencia de presión entre las cámaras del cilindro tiene como resultado mover la flecha hacia delante en acción similar la flecha regresará a su posición de inicio al aplicar la energía neumática a S2 y S1 conectado a la atmosfera.

$$P = \begin{cases} 1, & S1 = 1, S2 = 0 \\ 0, & S1 = 0, S2 = 1 \end{cases}$$

4.2 Válvulas direccionales

El desempeño de los actuadores depende de la dirección de la energía neumática. Las válvulas direccionales son precisamente los dispositivos que cambian la dirección de la energía neumática.

Hay numerosas configuraciones de estas válvulas y son identificadas por el número de vías de conducción de la energía neumática y las posiciones. Este documento se enfoca en el uso de válvulas de dos posiciones. La aplicación de válvulas monoestables (activación neumática en una posición) y biestables (activaciones neumáticas en las dos posiciones).

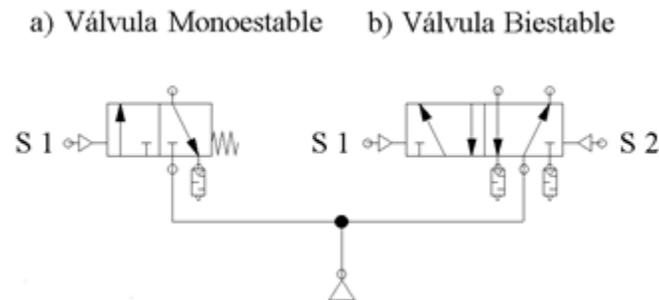


Fig. 3 Símbolo neumático de válvula monoestable y biestable

La válvula monoestable mostrada en la figura 3a) tiene solo una activación neumática en la posición A dejando la activación de la posición B al resorte. Cuando S1 es conectado a la energía neumática moverá al carrete interno para cambiarlo de posición dando como resultado el cambio en la dirección de la energía neumática en la salida de la válvula, el

tiempo que permanezca activa la energía neumática en S1 es el tiempo que permanecerá activada la posición A.

La válvula biestable mostrada en la figura 3b) tiene dos activaciones neumáticas una para cada posición (A y B) para mover el carrete desde B a la posición A es necesario que $S1=1$ y $S2=0$, después se puede pasar a los valores $S1=S2=0$ y permanecerá seleccionada la posición A, pasará a la posición B cuando sucedan los valores de $S1=0$ y $S2=1$ quedándose en esa posición hasta que exista cambio en los valores de S1 y S2. Por su naturaleza en la operación la válvula biestable es considerada la memoria neumática.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO MEMORIA DE ESTADO

El principio de este método es generar una memoria por cada cambio de estado, teniendo como resultado que el número de memorias a generar es igual al número de estados que presenta el sistema. La lógica que se estará utilizando es lógica positiva, considerando esto las memorias son válvulas de tres vías y dos posiciones con presión normalmente cerrada.

Límite de aplicación se sitúa en el tamaño del circuito resultante, al necesitar una memoria por cada estado.

5.1 Válvulas direccionales

Consideramos una máquina neumática con los movimientos en los actuadores neumáticos mostrados en el diagrama de estado de la figura 4 y considerando que la válvula manual (VM) es la que inicia la operación del circuito.

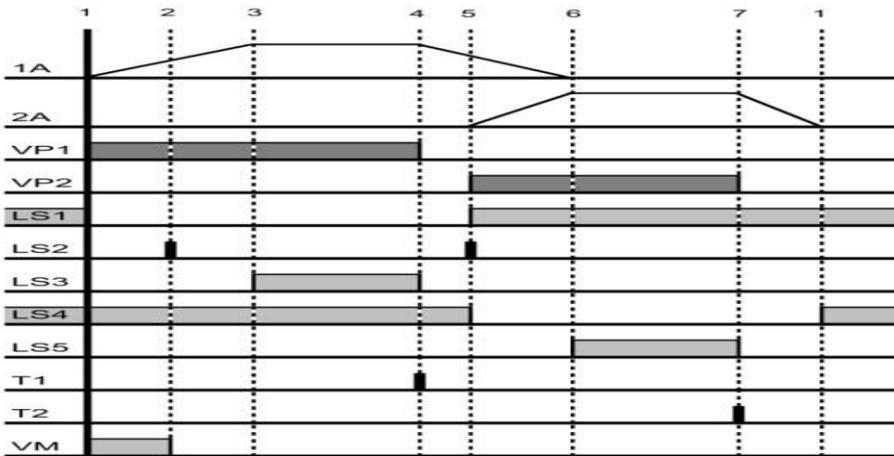


Fig. 4 Diagrama de estado del problema a resolver

5.2 Diagrama de estados incluyendo memorias

El diagrama tiene siete estados por lo tanto es necesario generar siete memorias, los temporizadores neumáticos T1 y T2 se encargan de realizar retardos de tiempo en el movimiento de retracción de vástago, las válvulas neumáticas de límites de carrera (LS1, LS3, LS4, LS5) identifican la posición real de los actuadores pero solo en los límites, totalmente extendido o totalmente en posición de cero milímetros. La interconexión de ambos actuadores se realiza solo con el interruptor LS2 durante el retroceso del actuador 1A, aunque en el diagrama parezca que los actuadores 1A y 2A están coordinados en llegar al mismo tiempo al inicio y fin de carrera respectivamente, esto no tiene relevancia en el desarrollo del sistema secuencial, ya que para lograr esto se requiere ajustar las regulaciones de los actuadores y también depende de la longitud de vástago de ambos actuadores.

El primer paso a desarrollar es agregar en el diagrama de estados las memorias, estas serán ubicadas entre las líneas que limitan cada cambio de estado de los actuadores, la primer línea continua indica la separación entre el circuito en reposo y en operación.

Aplicando el método de "Memoria de Estado" el diagrama de estado resultante es mostrado en la figura 5, las memorias son identificadas Vx1 a Vx7, utilizando lógica positiva estas válvulas son de tres vías dos posiciones con presión normalmente bloqueada.

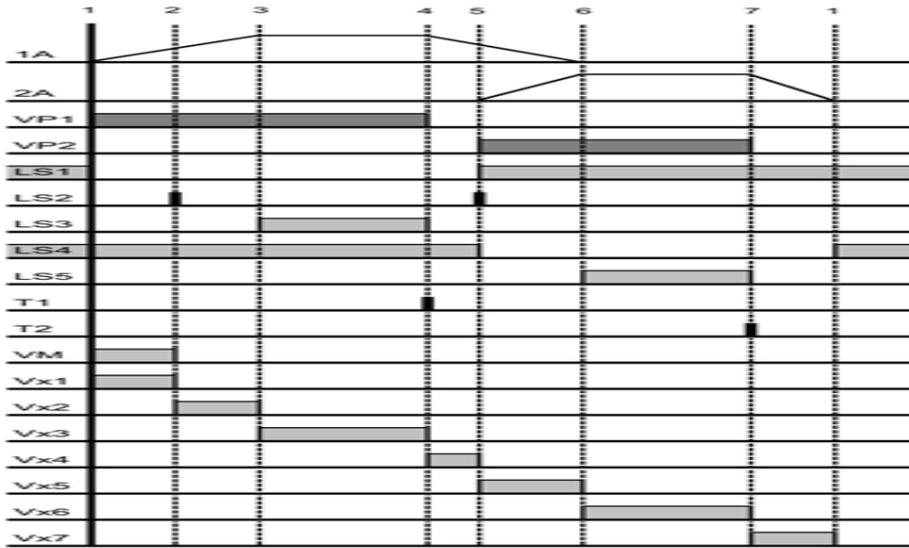


Fig. 5 Diagrama de estado con memorias agregadas aplicando el método "Memoria de Estado"

5.3 Ecuaciones Lógicas

Con el diagrama de estados incluyendo las memorias se procede a obtener las ecuaciones lógicas de cada activación neumática en cada una de las válvulas direccionales. Considerando que las válvulas principales VP1 y VP2 son del tipo monoestables y que las memorias son del tipo biestables se considera que se deben de obtener 16 ecuaciones lógicas para resolver el problema.

Las memorias se activan entre ellas haciendo un arreglo de activación en cascada, esto indica que Vx1 activa a la memoria Vx2 en la posición A y Vx2 activa a Vx3 en la posición A y así sucesivamente agregándole las condiciones que se presentan en cada cambio de estado

5.3.1 Ecuaciones de las válvulas principales

Las ecuaciones de estas válvulas están estructuradas por las memorias. Como son válvulas monoestables se requiere que todo el tiempo que va a estar activada la posición A esté presente la activación neumática, es decir $VP1(A) = 1$ en los estados 1, 2 y 3 y $VP2(A) = 1$ en los estados 5 y 6.

$$VP\ 1(A) = (VM\ Vx1) + Vx2 + Vx3$$

$$VP\ 2(A) = Vx5 + Vx6$$

5.3.2 Ecuaciones de Memorias

Las ecuaciones de las memorias están estructuradas por las memorias están estructuradas por las entradas del circuito neumático y las mismas memorias, es necesario obtener dos ecuaciones por cada memoria, una para la posición A y otra para la posición B.

$$Vx\ 1(A) = VM\ LS1\ LS4$$

$$Vx\ 2(A) = LS2\ Vx1$$

$$Vx\ 3(A) = LS3\ LS4\ Vx2$$

$$Vx\ 4(A) = Vx3\ T1$$

$$Vx\ 5(A) = Vx4\ LS2$$

$$Vx\ 6(A) = Vx5\ LS5\ LS1$$

$$Vx\ 1(B) = LS2$$

$$Vx\ 2(B) = LS3\ LS4$$

$$Vx\ 3(B) = T1$$

$$Vx\ 4(B) = LS2$$

$$Vx\ 5(B) = LS1\ LS5$$

$$Vx\ 6(B) = T2$$

El número de memorias es reducido a seis por la simple razón que la memoria siete no es considerada dentro de la solución de las válvulas principales.

5.3.3 Ecuaciones de válvulas de tiempo

La estructura de las ecuaciones de estas válvulas es muy simple, y como son válvulas monoestables solo se requiere obtener una ecuación por cada válvula para activar Z, se utilizarán válvulas de tiempo con retardo a la conexión.

5.3.4 Diagrama de conexiones neumáticas

Después de obtener las ecuaciones del sistema se inicia con el diseño del circuito neumático, el diseño se va a realizar en tres etapas en la etapa principal se considera los componentes que hacen la función de entradas, en la etapa intermedia se considera la lógica del sistema incluyendo las memorias y en la etapa superior se considera la etapa de potencia.

El diagrama resultante de transferir las ecuaciones lógicas se muestra en la figura 6.

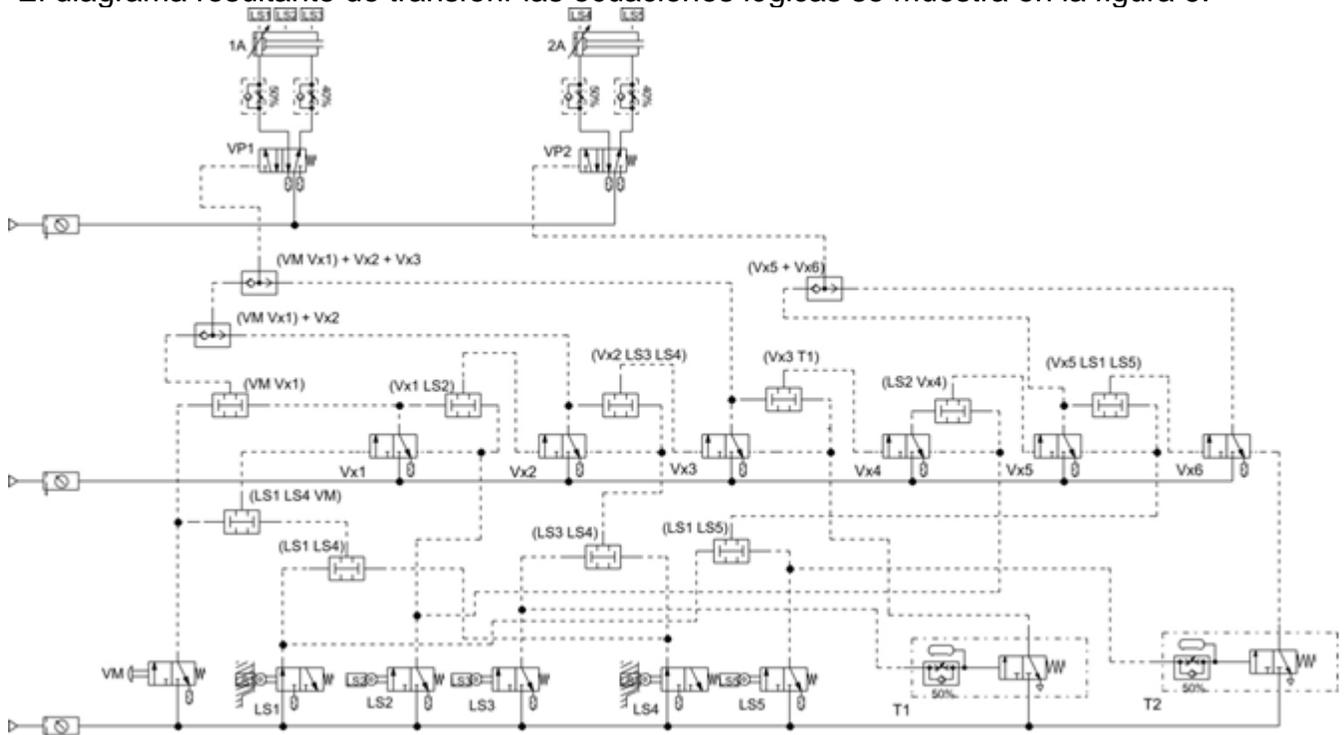


Fig. 6 Diagrama de conexiones neumáticas del problema resuelto con el método "Memoria de Estado"

5.3.5 Comprobación de resultados

Después de obtener el diagrama de conexiones neumáticas se puede utilizar el programa FluidSim de FESTO para desarrollar la simulación correspondiente, validando el buen funcionamiento del circuito se procede a realizar la implementación física del equipo neumático.

CONCLUSIONES

En este documento se presentó una metodología para el diseño de sistemas neumáticos secuenciales basada en el uso de variables internas. Dichas variables representan los estados dentro de una secuencia asíncrona o sincronía, y son activadas en las transiciones entre los distintos estados de la secuencia. Se mostró que al establecer una serie de funciones lógicas entre las variables internas se garantiza la operación correcta

del sistema secuencial neumático. Distintas simulaciones son presentadas para verificar el desempeño del método propuesto. Cabe resaltar que la presente metodología garantiza la correcta operación del sistema mediante el uso de un modelo lógico del mismo. Siendo la anterior una de las principales ventajas del diseño en comparación a los clásicos procedimientos de diseño neumático basados en la experiencia del desarrollador. Se contempla que lo anterior implicará directamente una disminución en accidentes, costos, tiempos muertos, etc. Asimismo, cabe resaltar que la metodología propuesta no contempla la optimización de costos, ya que no se garantiza que el sistema sea implementado con la cantidad mínima de componentes. Representando la solución a este problema de optimización un posible trabajo futuro de esta investigación.

REFERENCIAS

Esposito, A. (2009). Fluid Power With Applications. USA: Pearson Prentice Hall.

Croser, P., Ebel, F. (2003). Neumática básica. Esslingen: Festo Didactic.

Majumdar, S.R. (1995). Pneumatic System: Principles and Maintenance. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Soria, S. (2013). Sistemas Automáticos Industriales de Eventos Discretos. México: Alfaomega