

## MÉTODO DE COMBINACIÓN DE SENSORES

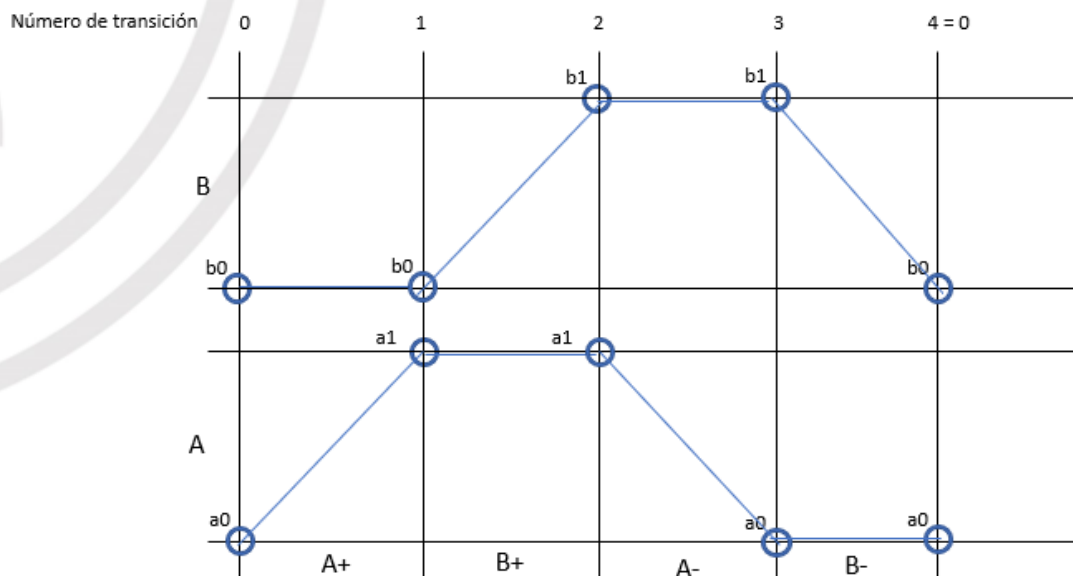
Las secuencias de máquinas que usan cilindros pueden complejizarse más a medida que aumenta la cantidad de estos. Para 1 o tal vez 2 cilindros la resolución del programa puede ser más o menos inmediata. Pero equipos que usen 5, 10 o más cilindros pueden requerir programas muy complejos. Es por esto que es necesario conocer algunas formas **metódicas** de resolución de programas que puedan servir para la gran mayoría de los casos. Una de estas es la resolución por el **método de combinación de sensores**.

El método de combinación de sensores esta basado fuertemente en el armado del **diagrama espacio-fase**. En base a este se obtiene toda la información necesaria para ejecutar los pasos del método y llegar al programa resultado. Así que es fundamental representar correctamente la secuencia en este diagrama. Una vez hecho esto, el método debería salir por simple aplicación de una serie de pasos.

Hagamos la resolución por el método de combinación de sensores de una secuencia como, por ejemplo: A+, B+, A-, B.

### PASO 1, DIBUJAR EL DIAGRAMA ESPACIO-FASE

Para la secuencia planteada, el diagrama espacio- fase resulta de la siguiente forma:



### PASO 2, COMPLETAR LA TABLA DE COMBINACIÓN DE SENSORES

Con la información del diagrama espacio-fase vamos a completar la siguiente tabla:

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase

En esta tabla tenemos las siguientes columnas:

- Transición: Son los números de transiciones de las líneas verticales. En nuestro caso 0, 1, 2, 3 (y también 4 pero coincide con 0).
- Cilindro A: Es la información de los fines de carrera que pisa el cilindro A en cada transición.
- Cilindro B: Es la información de los fines de carrera que pisa el cilindro B en cada transición.
- Auxiliar: Son espacios de memoria tales como temporizadores o relés internos que pueden o no agregarse (esto lo veremos en el próximo ejemplo).
- Fase: Son los movimientos de los cilindros que deben ejecutarse.

La columna **auxiliar** la vamos a completar al final. Primero vamos a volcar los datos de las otras columnas:

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>4 = 0</b>	a0	b0	?	A+
<b>1</b>	a1	b0	?	B+
<b>2</b>	a1	b1	?	A-
<b>3</b>	a0	b1	?	B-

En cada línea tenemos lo siguiente:

En la transición 0 se pisan los fines de carrera a0 y b0. El movimiento que se efectúa es A+.

En la transición 1 se pisan los fines de carrera a1 y b0. El movimiento que se efectúa es B+.

En la transición 2 se pisan los fines de carrera a1 y b1. El movimiento que se efectúa es A-.

En la transición 3 se pisan los fines de carrera a0 y b1. El movimiento que se efectúa es B-.

La transición 4 está ubicada en la misma fila que la transición 0 ya que representan el fin y el inicio de cada ciclo y por ende, son iguales.

Una vez volcada toda esta información, debemos verificar si alguna combinación de sensores de A y de sensores de B se **repite**. En caso de que se repita, se agrega información en la columna auxiliar (como hemos dicho, esto sucederá en el siguiente ejemplo). En este caso en particular tenemos que:

La combinación a0 b0 solo aparece en la primera fila.

La combinación a1 b0 solo aparece en la segunda fila.

La combinación a1 b1 solo aparece en la tercera fila.

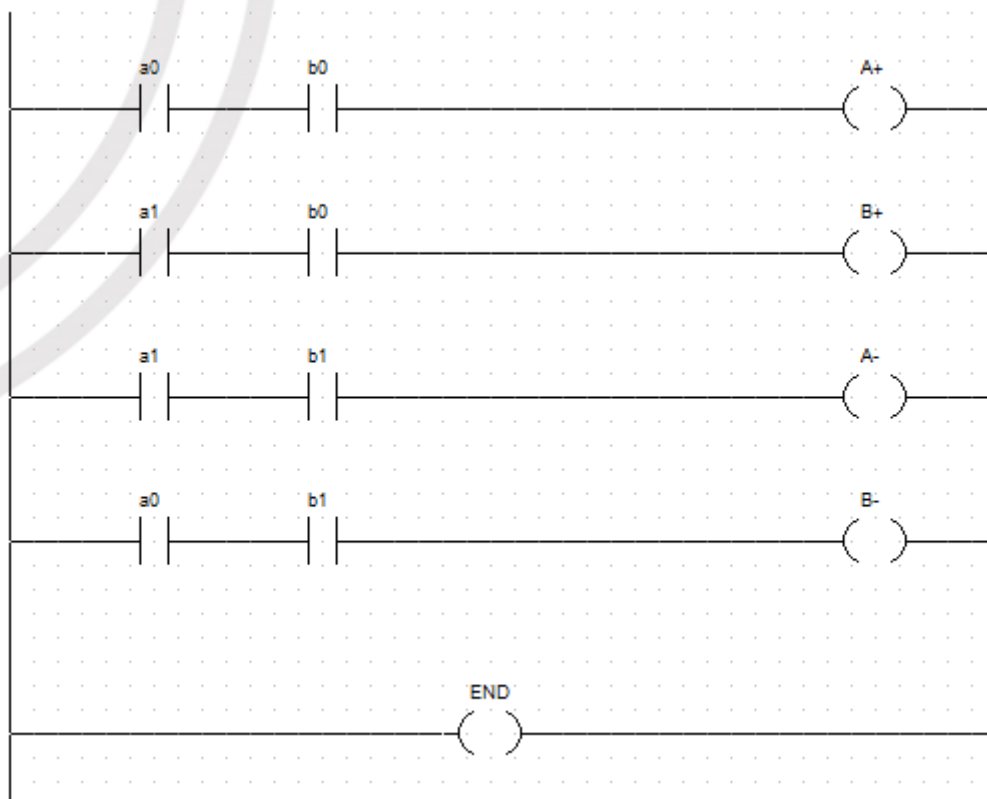
La combinación a0 b1 solo aparece en la cuarta fila.

Todas las combinaciones aparecen una única vez por lo que podemos decir que no hay repetición de combinación de sensores y no necesitamos información adicional en la columna auxiliar. Podemos entonces tachar esa columna.

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>4 = 0</b>	a0	b0	-	A+
<b>1</b>	a1	b0	-	B+
<b>2</b>	a1	b1	-	A-
<b>3</b>	a0	b1	-	B-

### PASO 3, ARMAR EL LADDER PROVISORIO

Con la información de la tabla armamos el siguiente Ladder provisorio:



#### ACLARACIÓN IMPORTANTE

Nos estamos tomando la licencia de escribir los nombres de los fines de carrera y las bobinas de solenoide dentro del Ladder. Deberíamos escribir realmente los espacios de memoria de entradas y salidas.

Por otra parte, estamos asumiendo que los cilindros son de doble efecto y las válvulas biestables.

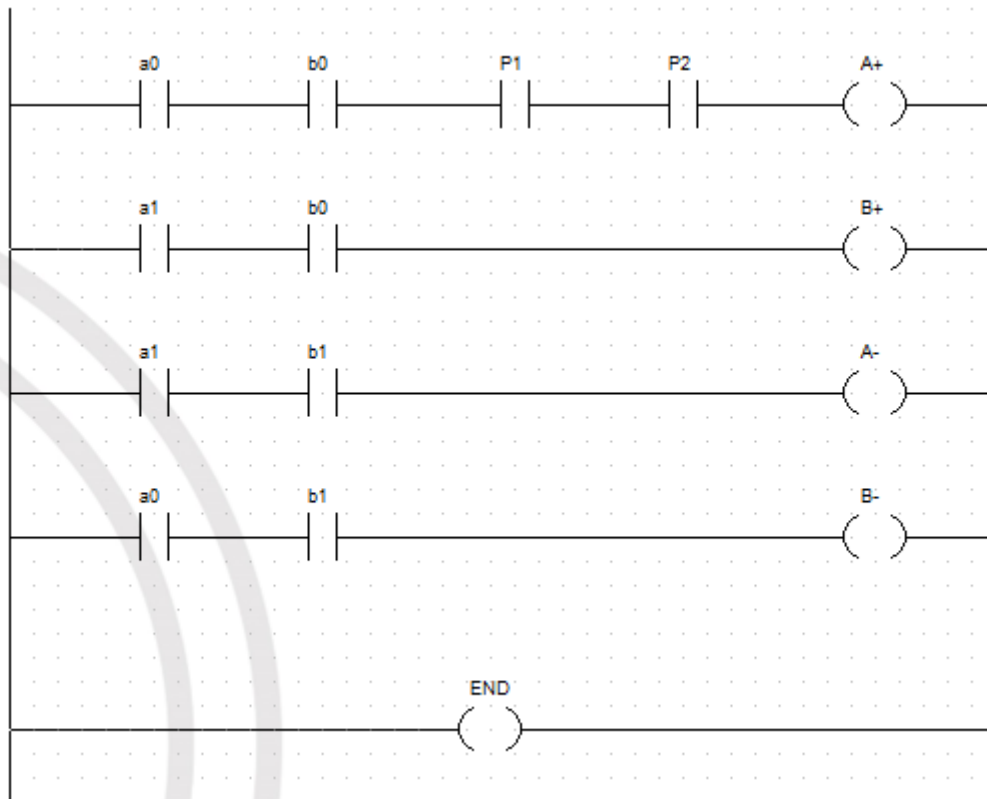
El Ladder provisorio lo hemos armado de la siguiente manera:

- La primera fila de la tabla nos indica que los sensores a0 y b0 encienden a la bobina de solenoide A+. Colocamos entonces los sensores en serie y la salida OUT al final.
- La segunda fila de la tabla nos indica que los sensores a1 y b0 encienden a la bobina de solenoide B+. Colocamos entonces los sensores en serie y la salida OUT al final.
- La tercera fila de la tabla nos indica que los sensores a1 y b1 encienden a la bobina de solenoide A-. Colocamos entonces los sensores en serie y la salida OUT al final.
- La cuarta fila de la tabla nos indica que los sensores a0 y b1 encienden a la bobina de solenoide B-. Colocamos entonces los sensores en serie y la salida OUT al final.

Como asumimos que las electroválvulas son biestables, no necesitamos retener las salidas. En caso contrario deberíamos haber puesto las autorretenciones correspondientes.

#### PASO 4, ARMAR EL LADDER DEFINITIVO

El Ladder definitivo simplemente agrega al provisorio otras condiciones no contempladas en la combinación de sensores. Agreguemos por ejemplo dos pulsadores de marcha P1 y P2 que deben apretarse a la vez para iniciar el ciclo:

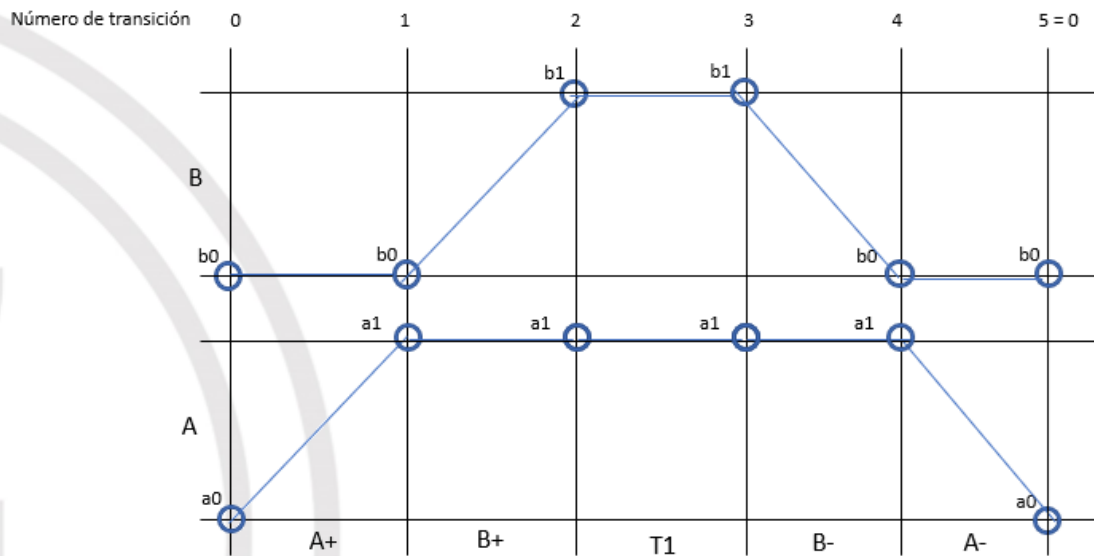


Agregando los dos pulsadores en serie en la línea inicial cumplimos además la condición de arranque al pulsar ambos a la vez.

### CASO EN EL QUE SE REPITE LA COMBINACIÓN DE SENSORES

Encaremos una secuencia diferente esta vez: A+, B+, T1, B-, A-

El diagrama espacio-fase es el siguiente:



La tabla de combinación de sensores, sin verificar si es necesario incluir auxiliares, es la siguiente.

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>5 = 0</b>	a0	b0	?	A+
<b>1</b>	a1	b0	?	B+
<b>2</b>	a1	b1	?	T1
<b>3</b>	a1	b1	?	B-
<b>4</b>	a1	b0	?	A-

Verificamos ahora las combinaciones de sensores

La combinación a0 b0 solo aparece en la primera fila.

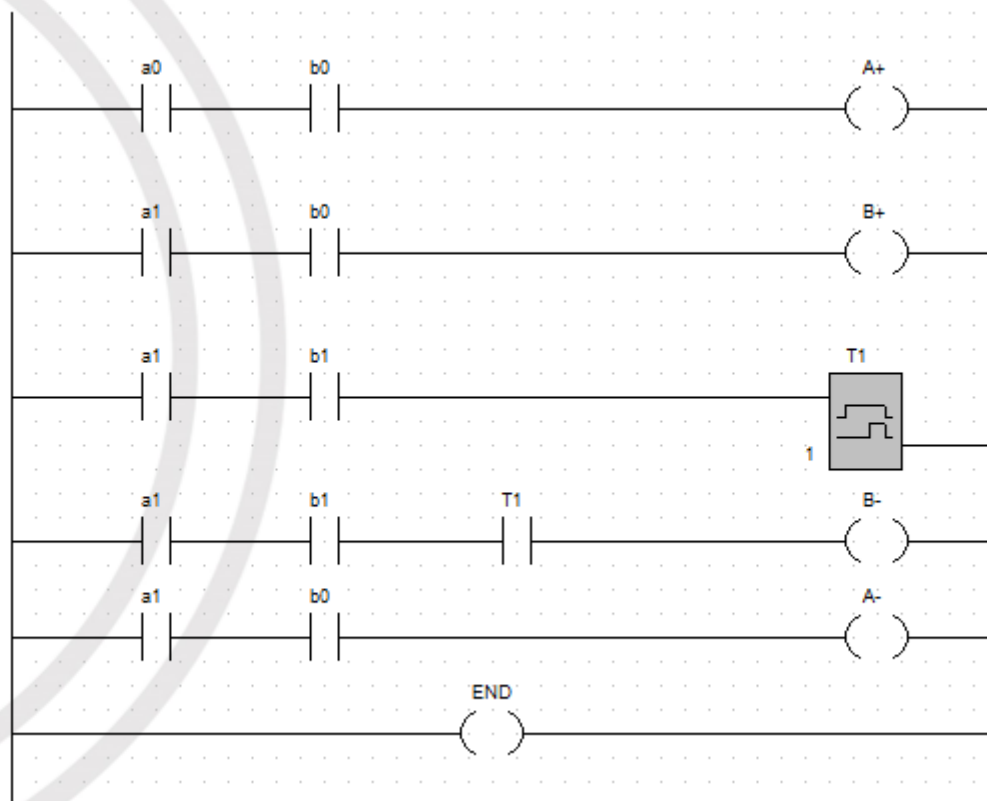
La combinación a1 b0 aparece en la segunda y en la quinta fila.

La combinación a1 b1 aparece en la tercera y en la cuarta fila.

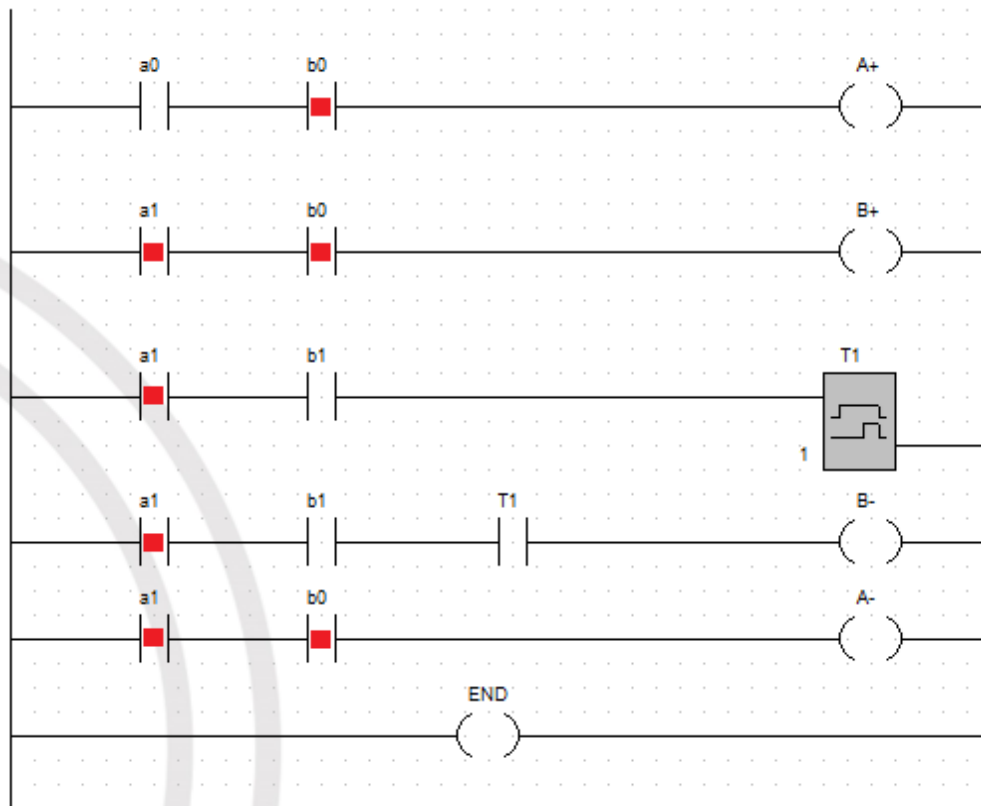
Por lo tanto, debemos prestar atención a dos repeticiones, las de a1 b0 y las de a1 b1. Una de estas repeticiones la podemos salvar con mucha facilidad. La repetición a1 b1 está justo en una fase donde se cuenta el tiempo T1. Por ende, vamos a usar al temporizador T1 como señal auxiliar entre esas dos transiciones. Para esto completamos T1 en la segunda transición donde aparece la repetición a1 b1.

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>5 = 0</b>	a0	b0	-	A+
<b>1</b>	a1	b0	?	B+
<b>2</b>	a1	b1	-	T1
<b>3</b>	a1	b1	T1	B-
<b>4</b>	a1	b0	?	A-

Solo nos queda ver qué hacer con las transiciones 1 y 4 donde se repite a1 b0. Veamos qué sucede si seguimos aplicando el método ignorando esta repetición:

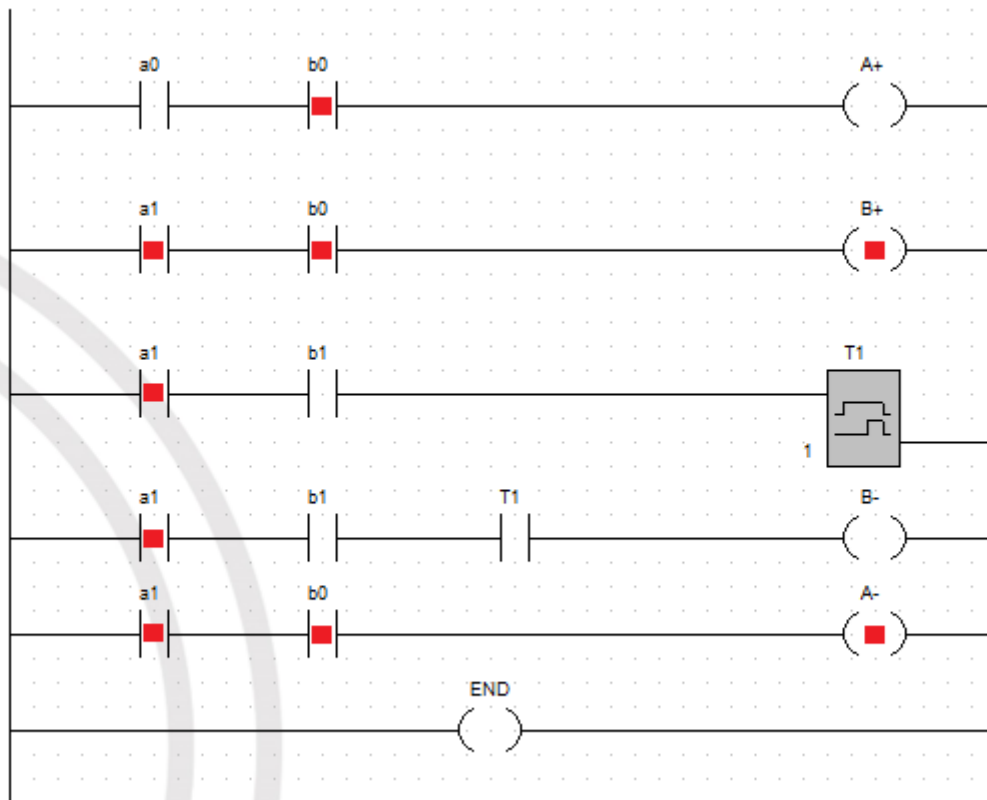


Si corremos este programa que por ahora es incorrecto, llegará un momento de la secuencia en la cual se pise los fines de carrera a1 y b0. Si representamos ese momento en el Ladder con las señales prendidas, veremos lo siguiente:



En la segunda línea de programación vemos que la señal pasa por a1 y b0, con lo que llega a B+ para activar el movimiento de expandir el cilindro B. Como hemos dicho en el apunte del ciclo de barrido, el PLC no se queda a esperar a verificar la siguiente señal, en este caso b1, para continuar leyendo el programa. El PLC corre el programa completo como una de las partes del ciclo de barrido, por lo tanto, una vez prendida la señal B+, el PLC continúa leyendo la tercera línea de programación. Así llegará a la quinta línea donde otra vez está la combinación a1 y b0 con lo que también enviará la señal a A- para activar el movimiento de regresar el cilindro A.

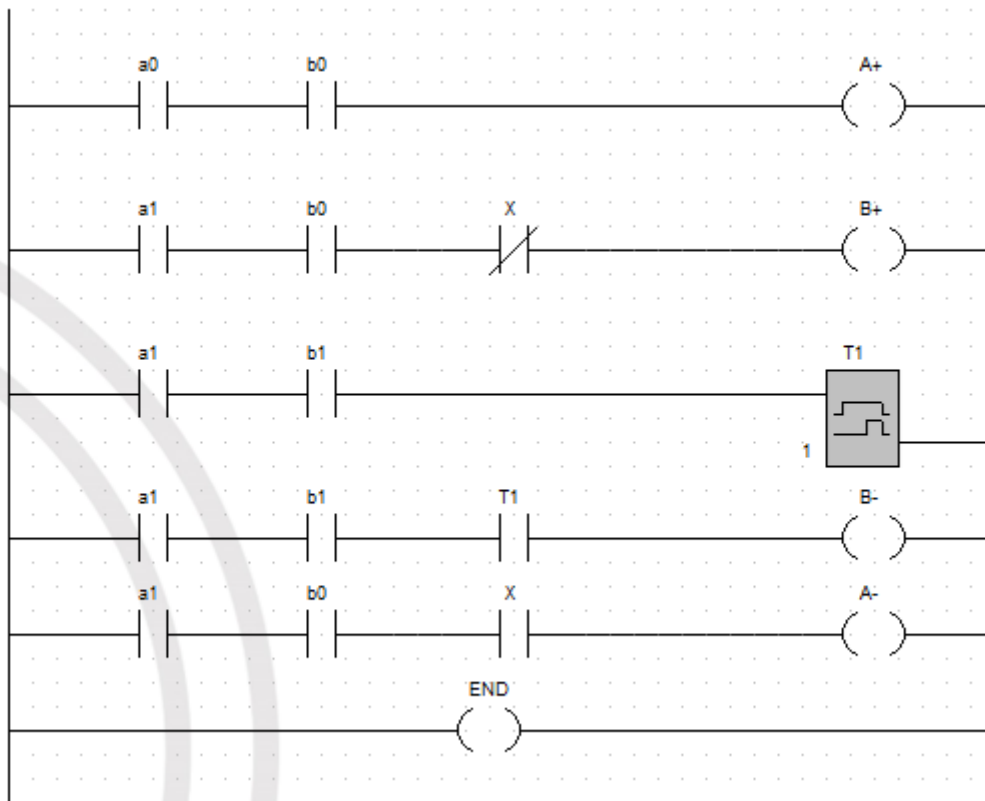




Hemos visto además que el tiempo que le demora al PLC en leer todo el programa y completar el ciclo de barrido es del orden de milisegundos, mucho más rápido que el tiempo que le demora a una válvula en conmutar de estado o de los cilindros en moverse. Por ende, el resultado de este Ladder, que es incorrecto, es que el cilindro B y el cilindro A se van a mover juntos, sin respetar la secuencia.

¿Cómo podemos salvar este problema para que primero haga el movimiento B- y más adelante el A+, para respetar la secuencia A+, B+, T1, B-, A-?

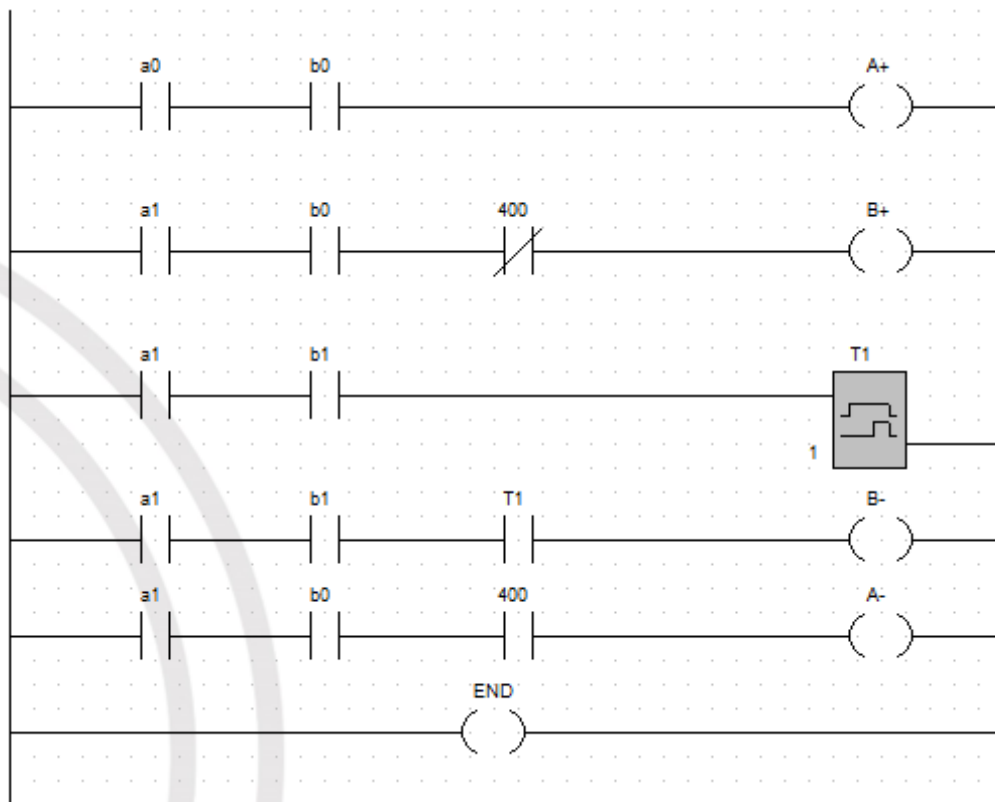
Veamos la siguiente propuesta de solución:



Hemos agregado en la segunda línea y en la quinta línea un mismo espacio de memoria (por el momento denominado X). Uno de ellos está de forma **inversa** en la segunda línea y el otro está en forma **directa** en la quinta línea de programación. ¿Qué logramos con este espacio de memoria? Logramos que si mantenemos apagado ese espacio de memoria, el contacto inverso deja pasar señal y el directo no. Si lo prendemos, el inverso ya no deja pasar señal y el directo sí. De esa manera, controlando el espacio de memoria X podemos decidir cuándo activar B+ y cuándo activar A-

¿Cuál sería este espacio de memoria X? En el apunte de la arquitectura interna de PLC hemos visto que existen los espacios de memoria de **internal relays**. Estos espacios de memoria se pueden prender o apagar sin que esto repercuta en una interfase (al contrario de los espacios de memoria de salidas que al prender o apagar, cierran o abren circuitos externos).

Para el PLC Izumi vamos a encontrar los internal relays a partir de los espacios de memoria número 400 en adelante. Usemos el 400.



Con esto ya salvamos el problema de prender B+ y prender A-. Pero ¿Cómo hacemos para encender y apagar 400 y cuándo debemos hacerlo?

Para eso volvamos a la tabla de combinación de sensores.

Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>5 = 0</b>	a0	b0	-	A+
<b>1</b>	a1	b0	NOT 400	B+
<b>2</b>	a1	b1	-	T1
<b>3</b>	a1	b1	T1	B-
<b>4</b>	a1	b0	400	A-

Ahora sí tenemos el auxiliar de internal relay 400. Lo que vamos a hacer es incluir previamente a la señal NOT 400, la nueva instrucción de programa **RESET 400**. Y además incluir previamente a la señal 400, la nueva instrucción de programa **SET 400**.

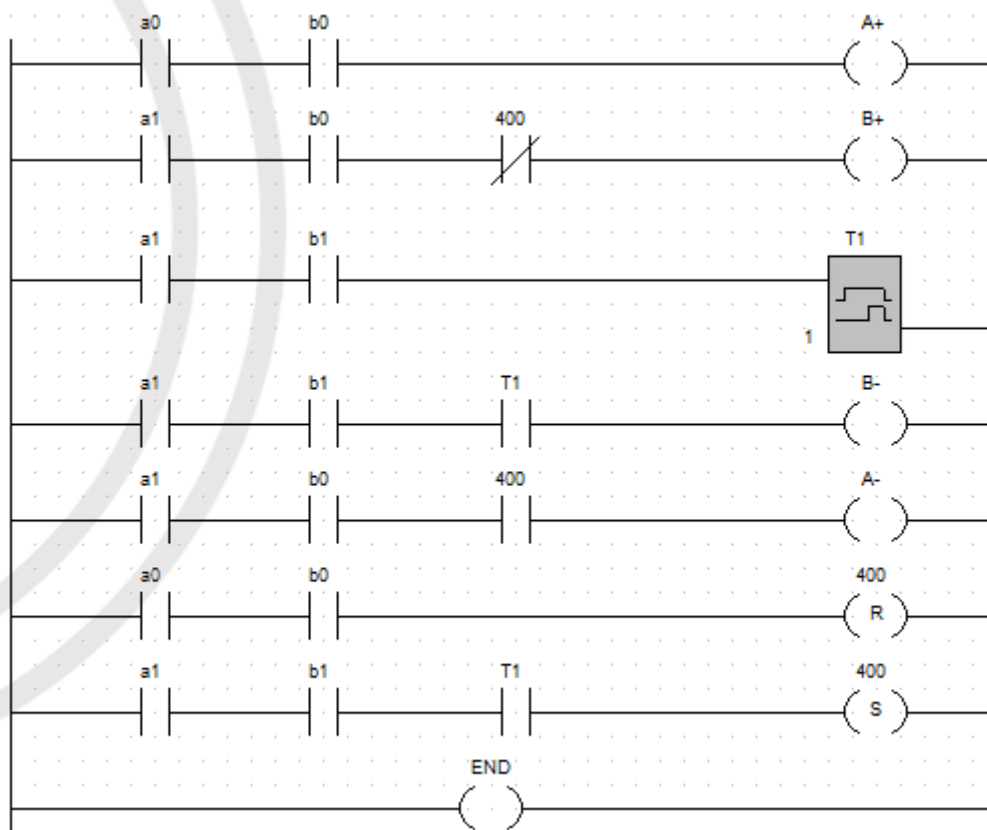
Transición	Cilindro A	Cilindro B	Auxiliar	Fase
<b>5 = 0</b>	a0	b0	-	A+ RESET 400
<b>1</b>	a1	b0	NOT 400	B+
<b>2</b>	a1	b1	-	T1
<b>3</b>	a1	b1	T1	B- SET 400
<b>4</b>	a1	b0	400	A-

## LAS INSTRUCCIONES SET Y RESET

Estas nuevas instrucciones provocan el siguiente comportamiento cuando se corre el programa.

- Si la instrucción SET recibe señal, **prende** el espacio de memoria que tenga asociado.
- Cuando la instrucción SET deja de recibir señal, el espacio de memoria que tenga asociado **permanece prendido**.
- Si la instrucción RESET recibe señal, **apaga** el espacio de memoria que tenga asociado.
- Cuando la instrucción RESET deja de recibir señal, el espacio de memoria que tenga asociado **permanece apagado**.
- Si las dos instrucciones se encuentran activas a la vez, tomará predominancia aquella que se haya activado primero en el ciclo de barrido.

Apliquemos esto en el Ladder que estábamos resolviendo.



Con este nuevo Ladder, cuando empiece la secuencia con los sensores a0 y b0 se produce el reseteo de la señal 400, y esta queda apagada. Así la secuencia va a pasar por B+ y no por A-. Luego cuando se pisan los sensores a1 y b1, se produce el seteo de la señal 400, y esta queda prendida. Así la secuencia va a pasar por A- y no por B+. Al concluir la secuencia y volver los cilindros a a0 y b0, se produce el reseteo de 400 y vuelve a su estado inicial.

