# Solución Examen Parcial, parte práctica
# ELT 3932 - Automatismos Industriales
# Semestre 2-2003

M.Sc.Ing. Ramiro Franz Aliendre García

20 de diciembre de 2003

En las siguientes preguntas, se debe deducir el diagrama escalera que automatice cada proceso, de manera metodológica, pero **sin** la aplicación del Grafcet.

## 1. Primera Pregunta.

*Dispositivo de transferencia de piezas.* Este dispositivo está constituido como indica la figura 1. Las piezas descienden por gravedad en un canal de entrada de piezas. Cada vez que el vástago del cilindro de empuje ***H*** se retira, se pone una pieza en la posición P. Al mismo tiempo se produce una acción sobre el fin de carrera ***a***. La acción sobre ***a*** da al cilindro de empuje ***V*** el valor de cero, y su vástago se retira. Al final de la retirada del vástago de ***V***, se acciona el fin de carrera ***c***. La acción sobre ***c*** da a ***H*** el valor de 1, su vástago sale, empuja la pieza y la coloca en P'. Al terminar de salir el vástago del cilindro ***H***, hay acción sobre el fin de carrera ***b***. La acción sobre ***b*** da al cilindro ***V*** el valor de 1, y su vástago sale empujando la pieza y situándola en P" de donde sale por gravedad. Al final de la salida de vástago de ***V***, hay acción sobre el contacto ***d***. La acción sobre ***d*** da a ***H*** el valor de 0. Su vástago se retira.... Y el ciclo se repite.

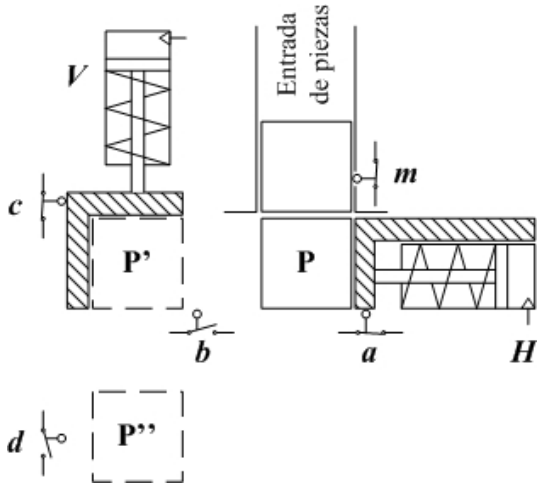


Figura 1: Diagrama de proceso. Pregunta 1.

# Respuesta.

*Problema propuesto y resuelto en el libro: Esquemas de Electricidad, de Jean Barry, pags. 258 y siguientes.*

Para fines de resolución, se tienen cuatro entradas: $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{c}$ y $\boldsymbol{d}$; y dos salidas: $\boldsymbol{H}$ y $\boldsymbol{V}$. La figura 2 muestra en forma gráfica el resumen de los movimientos.

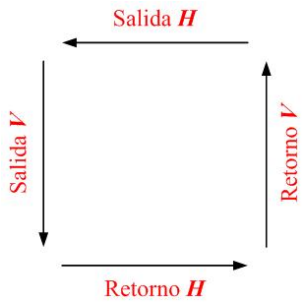


Figura 2: Resumen de movimientos.

Por la forma cuadrada de la figura 2, se denomina ciclo cuadrado. Una gráfica más detallada, donde se incluyen los valores de la entradas y salidas durante la evolución del ciclo, se muestra en la figura 3.

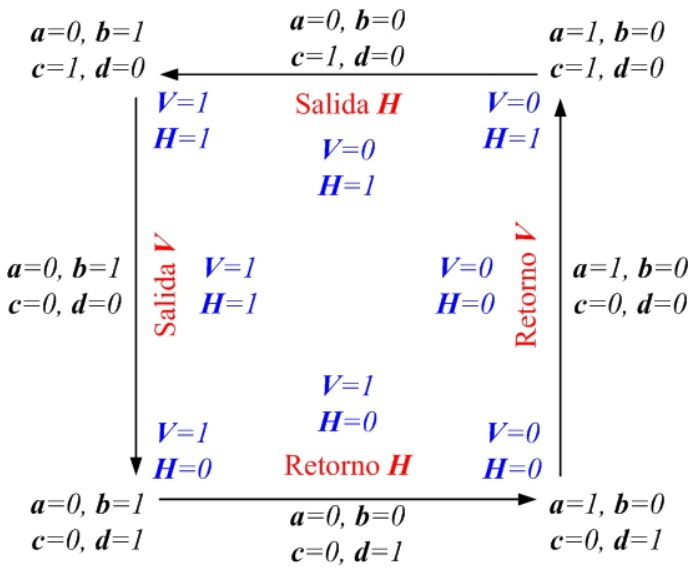


Figura 3: Detalle de movimientos.

Claramente se ve que se trata de un problema simplemente de lógica combinacional. De la figura 3 se deduce la siguiente tabla, asumiendo las salidas como funciones lógicas de las entradas.

Las condiciones fi-booleanas se establecen por la imposibilidad de presentarse esa combinación en el funcionamiento del dispositivo: al mismo tiempo no pueden adoptar el valor de 1 las entradas $\boldsymbol{a}$ y $\boldsymbol{b}$, correspondientes a los mintérminos 12, 13, 14 y 15; ni las entradas $\boldsymbol{c}$ y $\boldsymbol{d}$,

| Mintérmino | $\boldsymbol{a}$ | $\boldsymbol{b}$ | $\boldsymbol{c}$ | $\boldsymbol{d}$ | $\boldsymbol{H}$ | $\boldsymbol{V}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | X | X |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | X | X |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | X | X |
| 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | X | X |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | X |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | X | X |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | X | X |

Cuadro 1: Tabla lógica de entradas y salidas

correspondientes a los mintérminos 3, 7, 11 y 15. Tampoco pueden estar todas las entradas sin accionar, es decir todas en 0, lo que corresponde al mintérmino 0.

La figura 4 muestra el mapa K para la salida $\boldsymbol{H}$. Mediante la agrupación de mintérminos, que son también mostrados con linea azul, se deduce la ecuación:

$$\boldsymbol{H} = c + \bar{a}\bar{d} \tag{1}$$

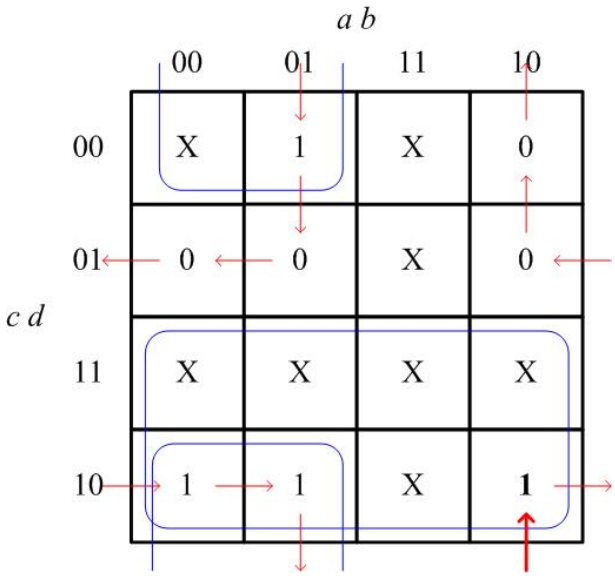


Figura 4: Mapa K para la salida $\boldsymbol{H}$.

El desarrollo del ciclo es mostrado también en la figura 4, a través de las flechas delgadas de color rojo. El punto de partida corresponde a la combinación: $\boldsymbol{a} = 1$, $\boldsymbol{b} = 0$, $\mathbf{c} = 1$, $\boldsymbol{d} = 0$. En la casilla correspondiente a este mintérmino, la salida $\boldsymbol{H}$ adopta el valor de 1, y está resaltada con negrilla, tanto el valor del mintérmino, como la flecha. El primer cambio de una de las entradas será la deshabilitación de $\boldsymbol{a}$, es decir, que adopte el valor de 0, quedando: $\boldsymbol{a} = 0$, $\boldsymbol{b} = 0$, $\mathbf{c} = 1$, $\boldsymbol{d} = 0$, en estas nuevas condiciones $\boldsymbol{H}$ adopta también el valor de 1. El avance de $\boldsymbol{H}$ hasta el final de su trayectoria, provoca que se $\boldsymbol{b}$ se accione adoptando el valor de 1, y la nueva combinación será: $\boldsymbol{a} = 0$, $\boldsymbol{b} = 1$, $\boldsymbol{c} = 1$, $\boldsymbol{d} = 0$, y el valor de $\boldsymbol{H}$ es 1..., así sucesivamente se desarrolla el ciclo, hasta volver al punto de partida.

La figura 5 muestra el mapa K para la salida $\boldsymbol{V}$. Mediante la agrupación de mintérminos, que son también mostrados con linea azul, se deduce la ecuación:

$$\boldsymbol{V} = b + \bar{a}\bar{c} \tag{2}$$

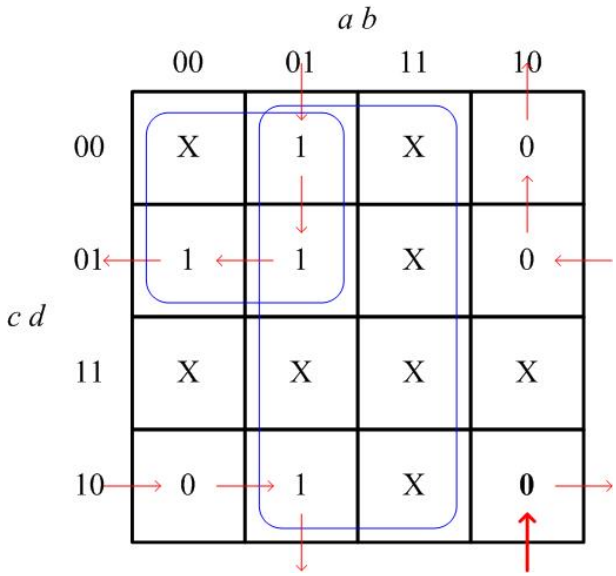


Figura 5: Mapa K para la salida $\boldsymbol{V}$.

Como para la variable $\boldsymbol{H}$, el desarrollo del ciclo es mostrado también en la figura 5 para la variable $\boldsymbol{V}$, a través de las flechas delgadas de color rojo.

De las ecuaciones lógicas 1 y 6, se deduce el logigrama mostrado en la figura 6 y también el diagrama de contactos, mostrado en la figura 7.

## 2. Segunda Pregunta.

*Dispositivo de aserrado automático de barras.* El dispositivo está constituido como se indica en la figura 2. La parte izquierda –bloqueado de la barra de seguridad– no se toma en cuenta en la resolución de este problema. La barra acaba de ser cortada. El cilindro neumático $\boldsymbol{V}$ ocasiona la elevación de la sierra, cuando no está energizado. Hay acción sobre el fin de carrera $\boldsymbol{b}$. En este momento el motor $\boldsymbol{M}$ de arrastre y el motor $\boldsymbol{S}$ de la sierra se ponen en marcha. La barra arrastrada por $\boldsymbol{M}$ actúa sobre el fin de carrera $\boldsymbol{a}$. El motor $\boldsymbol{M}$ se para. El motor $\boldsymbol{S}$ sigue

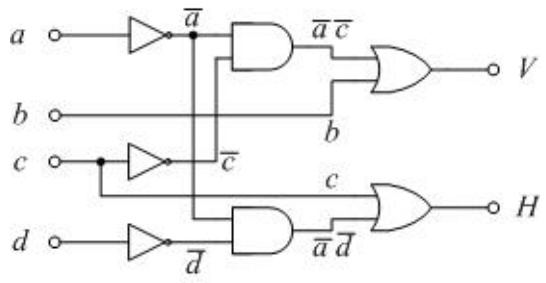


Figura 6: Logigrama para las salidas $\boldsymbol{H}$ y $\boldsymbol{V}$.

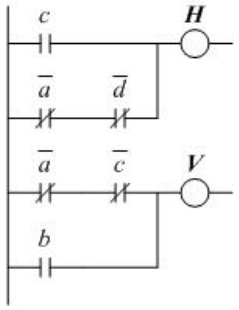


Figura 7: Diagrama de contactos para las salidas $\boldsymbol{H}$ y $\boldsymbol{V}$.

funcionando. El cilindro $\boldsymbol{V}$ es excitado y la sierra desciende. El trozo cortado por la sierra cae. El movimiento de descenso de la sierra continúa hasta producir acción sobre el fin de carrera $\boldsymbol{c}$. En este momento el motor de la sierra se para, y el cilindro $\boldsymbol{V}$ deja de ser energizado. Al no estar energizado el cilindro $\boldsymbol{V}$, su vástago sube y produce de nuevo acción sobre $\boldsymbol{b}$, y el ciclo recomienza.

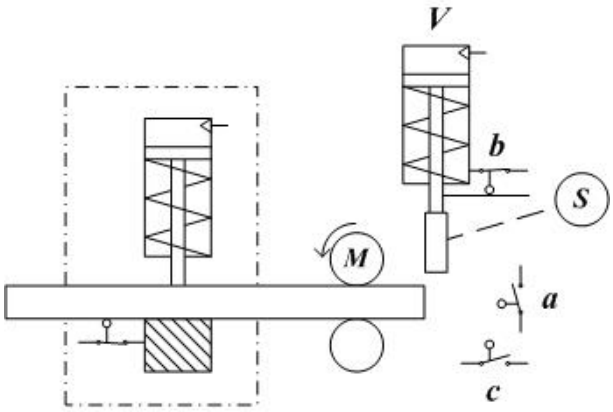


Figura 8: Diagrama de proceso. Pregunta 2.

# Respuesta.

*Problema propuesto y resuelto en el libro: Esquemas de Electricidad, de Jean Barry, pags. 270 y siguientes.*

A partir del planteamiento del problema se establecen tres entradas: $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ y $\boldsymbol{c}$; y tres salidas $\boldsymbol{M}$, $\boldsymbol{S}$ y $\boldsymbol{V}$, y se deduce la tabla de estados mostrada en el cuadro 2.

| Estado | Entradas | | | Salidas | | | Comentarios |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\boldsymbol{a}$ | $\boldsymbol{b}$ | $\boldsymbol{c}$ | $\boldsymbol{M}$ | $\boldsymbol{S}$ | $\boldsymbol{V}$ | |
| a | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | Estado inicial, después de f<br>*Accionado sobre b* |
| b | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | Después de a<br>*Madera arrastrada* |
| c | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Después de b<br>*Sierra descendiendo* |
| d | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Después de c<br>*Madera cae* |
| e | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Después de d<br>*Parar sierra y subir* |
| f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Después de e<br>*Sierra subiendo* |

Cuadro 2: Tabla de estados.

A partir de la tabla de estados se deduce la tabla de flujo primitiva, mostrada en la figura 9. En ésta tabla, en todas las filas, sólo se considera la evolución cuando cambia un entrada, por ejemplo, en la primera fila, se considera el cambio de la entrada $\boldsymbol{a} = 0$ a $\boldsymbol{a} = 1$, es decir, del estado $\boldsymbol{a} = 0$, $\boldsymbol{b} = 1$ y $\boldsymbol{c} = 0$ al estado $\boldsymbol{a} = 1$, $\boldsymbol{b} = 1$ y $\boldsymbol{c} = 0$. No se puede considerar la evolución al estado $\boldsymbol{a} = 0$, $\boldsymbol{b} = 1$ y $\boldsymbol{c} = 1$, ya que es físicamente imposible (los sensores superior e inferior del cilindro neumático, sensores $\boldsymbol{b}$ y $\boldsymbol{c}$, no pueden adoptar al mismo tiempo el valor de 1). En las demás filas se tomaron consideraciones similares.

La tabla de flujo primitiva es fácil de reducir a dos estados mediante simple observación. Los estados **a**, **b**, **c** y **d** son compatibles, así como los estados **e** y **f**, tal como se muestran en la figura 10.

Si los estados compatibles se resumen en **p** y **q**, la tabla de flujo reducida con sólo dos estados será la que se muestra en la figura 11.

Dado que la tabla de flujo mínima tiene sólo dos estados, se necesita solamente una variable de estado: $\boldsymbol{Y}$, y se asume para los estados $\mathbf{p} = 0$ y $\mathbf{q} = 1$. La figura 12 muestra la asignación de valores a los estados. En ésta figura se muestra también los valores de los mintérminos correspondientes a cada casilla.

Ahora se pueden establecer los mapas K tanto para la variable de estado como para las salidas. Los mapas K se configuran de manera que sea fácilmente deducidas las ecuaciones lógicas. El mapa K para el estado siguiente $\boldsymbol{Y}$ se muestra en la figura 13.

La ecuación lógica para $\boldsymbol{Y}$ será:

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{c} + \bar{\boldsymbol{b}}\boldsymbol{y} \tag{3}$$

El mapa K para la salida $\boldsymbol{M}$ se muestra en la figura 14.

| | | | | ***a*** | ***b*** | ***c*** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| a | - , - | - , - | - , - | (a),110 | b , - | - , - | - , - | - , - |
| b | - , - | - , - | - , - | - , - | (b),011 | - , - | - , - | c , - |
| c | d , - | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - | (c),011 |
| d | (d),011 | e , - | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - |
| e | f , - | (e),000 | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - | - , - |
| f | (f),000 | - , - | - , - | a , - | - , - | - , - | - , - | - , - |

Figura 9: Tabla de flujo primitiva.

| | | | | ***a*** | ***b*** | ***c*** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| a, b, c, d | (d),011 | e , - | - , - | (a),110 | (b),011 | - , - | - , - | (c),011 |
| e, f | (f),000 | (e),000 | - , - | a , - | - , - | - , - | - , - | - , - |

Figura 10: Tabla de flujo reducida.

| | | | | ***a*** | ***b*** | ***c*** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
| p | (p),011 | q , - | - , - | (p),110 | (p),011 | - , - | - , - | (p),011 |
| q | (q),000 | (q),000 | - , - | p , - | - , - | - , - | - , - | - , - |

Figura 11: Tabla de flujo reducida, con sólo dos estados.

| $y$ \ $a\ b\ c$ | 000 | 001 | 011 | 010 | 110 | 111 | 101 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,011 (0) | 1 , - (2) | - , - (6) | 0,110 (4) | 0,011 (12) | - , - (14) | - , - (10) | 0,011 (8) |
| 1 | 1,000 (1) | 1,000 (3) | - , - (7) | 0 , - (5) | - , - (13) | - , - (15) | - , - (11) | - , - (9) |

Figura 12: Tabla de flujo reducida, con asignación de estados.

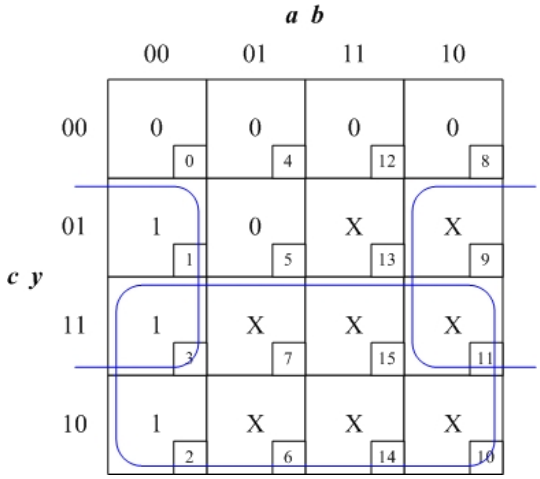


Figura 13: Mapa K para el estado siguiente $\boldsymbol{Y}$.

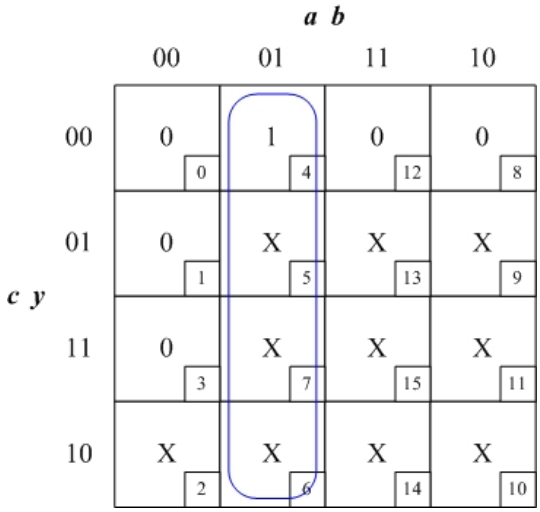


Figura 14: Mapa K para la salida $\boldsymbol{M}$.

La ecuación lógica para $\boldsymbol{M}$ será:

$$\boldsymbol{M} = \bar{\boldsymbol{a}}\boldsymbol{b} \tag{4}$$

El mapa K para la salida $\boldsymbol{S}$ se muestra en la figura 15.

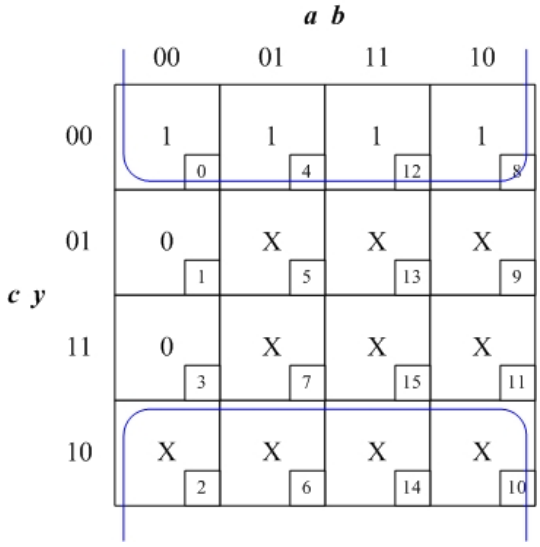


Figura 15: Mapa K para la salida $\boldsymbol{S}$.

La ecuación lógica para $\boldsymbol{S}$ será:

$$\boldsymbol{S} = \bar{\boldsymbol{y}} \tag{5}$$

El mapa K para la salida $\boldsymbol{V}$ se muestra en la figura 16.

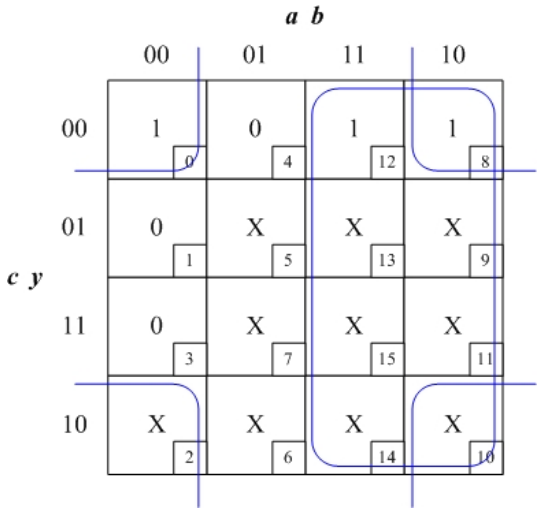


Figura 16: Mapa K para la salida $\boldsymbol{V}$.

La ecuación lógica para $\boldsymbol{V}$ será:

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{a} + \bar{\boldsymbol{b}}\bar{\boldsymbol{x}} \tag{6}$$

De las ecuaciones lógicas 3, 4, 5 y 6, se deduce el diagrama de contactos que se muestra en la figura 17.

Realizando el diagrama polinomial de fusión de estados, puede encontrarse otra agrupación de estados compatibles, lo que conduciría a otra solución.

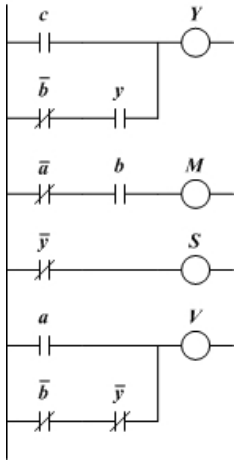


Figura 17: Diagrama de contactos de la solución.