

66.70 Estructura del Computador

Trabajo Práctico

2do Cuatrimestre 2012

Diseño de la lógica de un sistema de semáforos

Primer entrega: "Solución cableada"

Corrector: **Ing. Dario Novodvoretz**

Grupo: **8**

Integrantes:

<i>Alumno</i>	<i>E-Mail</i>
Pántano, Laura Raquel	laurapantano@yahoo.com
Extramiana, Federico	federicoextramiana@hotmail.com
Rossi, Federico Martín	federicomrossi@gmail.com

Índice

1. Introducción	3
2. Diagrama de estados	4
3. Diagramas en Bloque	5
3.1. <i>Controlador de transiciones</i>	8
3.2. <i>Procesamiento de la señal de referencia</i>	11
3.3. <i>Módulo de la Secuencia A</i>	12
3.4. <i>Módulo de la Secuencia B</i>	13
3.5. <i>Módulo de la Secuencia C</i>	18
4. Simulación	18
5. Componentes electrónicos	19
6. Presupuesto	19
7. Conclusión	20

1. Introducción

Se ha solicitado desarrollar el sistema para el funcionamiento nocturno del par de semáforos que se encuentran en la esquina de una estación de Bomberos. A continuación se describe cómo debe ser el funcionamiento de los mismos:

- Ambos semáforos se encontrarán por defecto en un estado en el cual la luz amarilla se enciende de forma intermitente (1 seg. prendida – 1 seg. apagada);
- Cuando un peatón desea cruzar, debe pulsar el botón que se encuentra debajo del semáforo. En tal caso, los semáforos seguirán la siguiente secuencia:
 - Por 5 segundos se mantendrá encendida la luz amarilla en el semáforo 1, y se encenderá la luz roja en el semáforo 2.
 - Luego, se encenderá la luz verde del semáforo 1 dejando la luz roja en el semáforo 2. Se permanecerá en este estado por una duración de 30 segundos.
 - Transcurrido ese período, se encenderá la luz amarilla del semáforo 1 mientras que el semáforo 2 continua con la luz roja encendida.
 - Una vez transcurridos 5 segundos, se enciende la luz roja del semáforo 1 mientras que se pone en amarillo el semáforo 2. Se quedará en este estado por 5 segundos.
 - Ahora deberá permanecer el semáforo 1 en rojo mientras que el semáforo 2 prende únicamente la luz verde, quedando en este estado por otros 30 segundos.
 - Cumplido dicho tiempo, se procede a encender la luz amarilla exclusivamente en el semáforo 2, mientras que en el semáforo 1 se mantiene encendida la roja.
 - Luego de 5 segundos, se procede a volver al estado por defecto, en el cual ambos semáforos encienden de forma intermitente sus luces amarillas.
- En caso de volverse a presionar el botón para el cruce de los peatones mientras se ejecuta la secuencia anterior, éste no tiene ningún efecto.
- Existe también un botón que es utilizado al momento que deben salir los camiones de Bomberos. Cuando este es presionado, ambos semáforos deben pasar a encender su luz roja y su luz amarilla simultáneamente. Debido a que el tiempo requerido para la salida de los camiones no es conocido, se debe esperar a que este botón sea pulsado nuevamente para volver al estado por defecto de los semáforos (sin importar en qué estados se encontraban previamente).
- Para tener referencia temporal, existe una señal de reloj de 32kHz que puede ser utilizada en cada uno de los semáforos.

Este primer informe se limita solamente a la búsqueda y desarrollo de una solución cableada, es decir, mediante el uso de compuertas lógicas, flip-flops y demás componentes electrónicos cuyas hojas de datos se encuentran adjuntas en el *Apéndice A*.

2. Diagrama de estados

Para iniciar el camino hacia una solución cableada que cumpla con los requerimientos de forma eficiente, comenzaremos realizando el diagrama de estados pertinente. Paso previo se deben establecer las variables de entrada y de salida principales del sistema, las cuales se muestran en la *Tabla 2.1*.

Tipo de variable	Especificación	ID
Entrada	Botón de cruce del peatón	BP
	Botón de salida de camión de Bomberos	BB
	Timer de 1 segundo	T1
	Timer de 5 segundos	T5
	Timer de 30 segundos	T30
Salida	Luz Roja del Semáforo 1	R1
	Luz Amarilla del Semáforo 1	A1
	Luz Verde del Semáforo 1	V1
	Luz Roja del Semáforo 2	R2
	Luz Amarilla del Semáforo 2	A2
	Luz Verde del Semáforo 2	V2

Tabla 2.1 – Definición de variables de entrada y salida del sistema.

Hecho esto pasamos a armar el diagrama de estados (*Figura 2.1*), el cual, como puede apreciarse, se encuentra dividido en tres módulos, siendo estos simplemente una reagrupación de estados correspondientes a cierto evento provocado por las entradas. Para evitar una complejidad innecesaria de dicho diagrama se ha evitado colocar el caso en el que ambos botones son presionados en el mismo instante, situación en la que predominará siempre la secuencia de los bomberos. Es decir, cualquiera sea la secuencia en la que se esté, siempre que se presione el botón de salida del camión de los Bomberos se interrumpirá el estado actual para pasar a ejecutar la secuencia del *Módulo C*.

Nótese que en el extremo inferior derecho de la *Figura 2.1* se especifica la codificación preestablecida para el código de estados, donde cada luz es representada por un bit.

A lo largo del desarrollo se mantendrá esta modularización propuesta en el diagrama ya que esto nos permite reducir de forma considerable la cantidad de componentes electrónicos a utilizar, evitándonos el hecho de realizar una única tabla de transiciones con numerosas variables de entrada y salida. En los siguientes apartados se profundizará acerca de esta decisión de diseño, como así también se hará una detallada explicación de la lógica planteada.

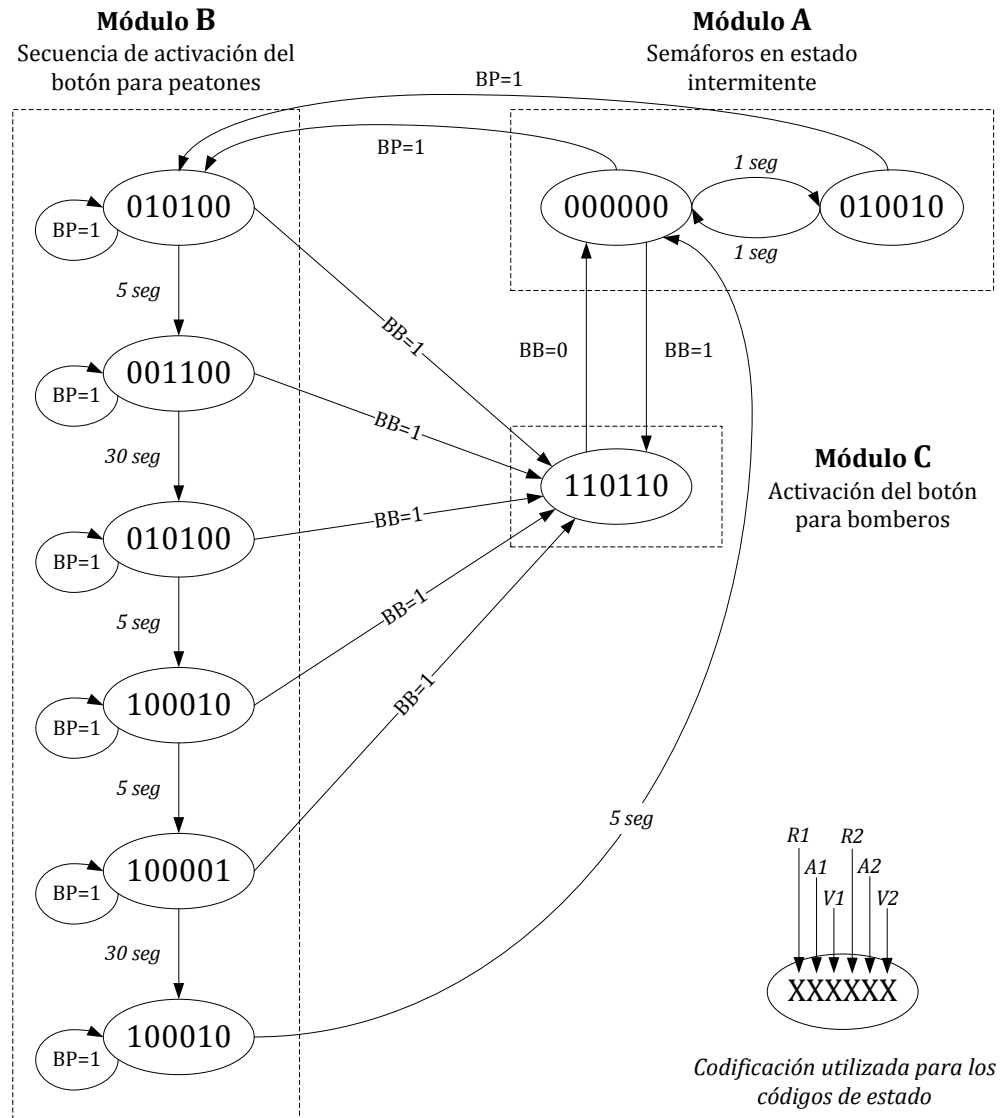


Figura 2.1 – Diagrama de estados correspondiente al sistema de semáforo.

3. Diagramas en bloque

Como se ha adelantado en la sección anterior, se ha decidido llevar a cabo una simplificación de manera tal de aprovechar el funcionamiento de componentes electrónicos como lo son los multiplexores y demultiplexores, de manera tal de conseguir mayor simplicidad en el desarrollo de la solución.

En la *Figura 3.1* se muestra el diagrama en bloques general propuesto para el sistema.

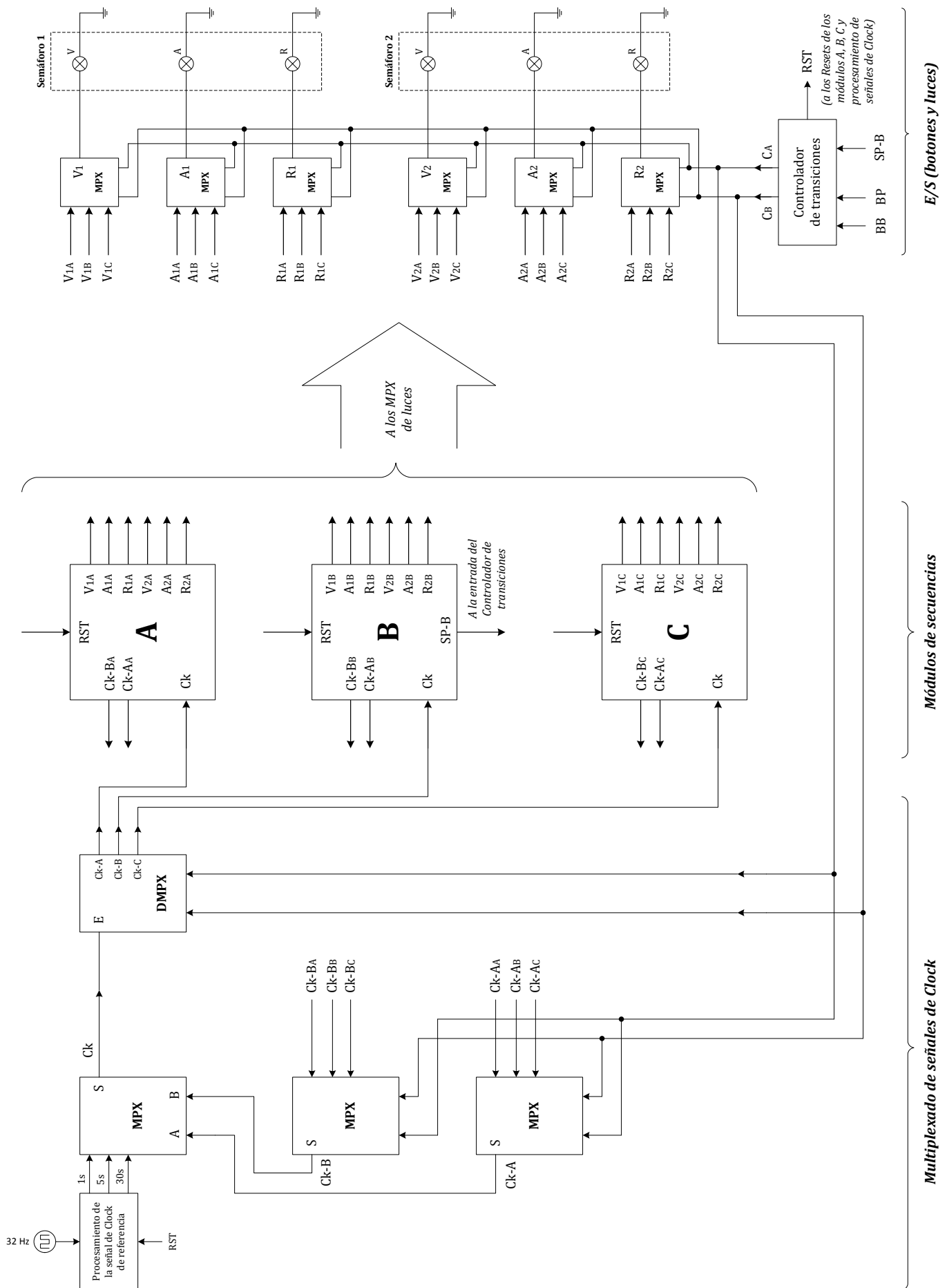


Figura 3.1 – Diagrama en bloques general del sistema.

Nótese primeramente los tres módulos que se encuentran en el centro de este diagrama (módulos *A*, *B* y *C*). Cada uno de ellos representa una de las secuencias existentes en el sistema según lo definido en el diagrama de estados. En este esquema no es de interés qué es lo que ocurre dentro de los mencionados módulos, sino que simplemente se estableció que estos deben constar de un conjunto de entradas y salidas, tal como si fueran cajas negras.

Por un lado, se encuentran seis salidas correspondientes a las seis luces de los semáforos que deben controlarse. Cada módulo pondrá un 1 ó un 0 en cada una de estas salidas según cuales sean las luces que se desean activar en cada estado interno de las secuencias.

Por otro lado, una de las entradas se corresponde con el clock (*Ck*). A través de ella ingresará la señal de clock utilizada en las unidades. Además, cada módulo posee dos salidas relacionadas con esta: *Ck-A* y *Ck-B*. Como bien se pudo observar en el diagrama de estados de la *Figura 2.1*, hay tres tipos de señales de clock: *T1*, *T5* y *T30*. Cada módulo puede utilizar cualesquiera de estas, como es el caso del *Módulo B*. Este último hace uso de todas ellas en distintos momentos de la secuencia. Mediante las dos salidas antes nombradas, la unidad es capaz de seleccionar cual de los timer debe ingresar por la entrada *Ck*. En la *Tabla 3.1* se encuentran los estados que deben tener estas salidas para lograr dicha selección de tiempos.

Ck-B	Ck-A	Timer en entrada Ck
0	0	T1
0	1	T5
1	0	T30
1	1	-

Tabla 3.1 – Definición de las salidas *Ck-B* y *Ck-A* para obtener distintos clocks a la entrada.

Asimismo, cada módulo cuenta con una entrada de reset (*RST*), la cual, al ser activada con un 1, resetea la secuencia volviéndola a sus estados iniciales respectivos.

Por último, el lector habrá notado que el *Módulo B* cuenta con una salida adicional denominada *SP-B*, en alusión a *Scape B*. Como se vio en el diagrama de estados, al finalizar la secuencia *B*, se debe regresar automáticamente al estado por defecto definido por la secuencia del *Módulo A*. Esta salida es entonces el medio por el cual la unidad hará aviso al circuito externo de que ha finalizado su secuencia y que es hora de volver al estado por defecto.

Veamos ahora como es que se encuentra conformado lo que resta del sistema.

Como cada módulo debe ser capaz de activar o desactivar las mismas luces, se ha decidido hacer uso de multiplexores que, de acuerdo al módulo *Controlador de transiciones* se conmute cual de las señales de salidas de los módulos de secuencias irá a parar hacia los semáforos. Este último es el encargado de censar los estados de los botones, y conforme a ello decidir a que secuencia se debe desplazar el circuito. Es decir, acorde a los botones de entrada *BP* y *BB*, sumado a la ya mencionada *SP-B*, reaccionará estableciendo un estado sobre sus salidas *C_A* y *C_B*. El conjunto de estos dos conforman el código que representa a qué módulo se le debe dar la orden de ser ejecutado. En la *Tabla 3.2* se muestra la correspondencia de estos estados con el módulo a ejecutar.

C_B	C_A	Módulo ejecutado
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	-

Tabla 3.2 – Correspondencia de los estados de las salidas C_A y C_B con las secuencias a ejecutar.

Estas dos mismas señales, C_A y C_B , se distribuyen a lo largo de dos multiplexores más, encontrándose estos a la izquierda de la *Figura 3.1*. De acuerdo a estas entradas, los multiplexores dejarán pasar la señal de los $Ck-A$ y $Ck-B$ del módulo de secuencia activo en ese momento hacia un tercer multiplexor el cual recibe a sus entradas las tres señales de clock (T1, T5 y T30). Con esto se logra que el módulo de la secuencia activa elija que señal de clock utilizará en cualquier tramo de la secuencia.

Por último, un demultiplexor recibe esa señal seleccionada por la secuencia, y, de acuerdo a las entradas C_A y C_B se encarga de desviar dicha señal solamente hacia el módulo activo. La acción de este dispositivo podría obviarse pero al ser sumado al sistema permite ahorrar energía ya que limita la señal de clock al módulo que se encuentra en funcionamiento, haciendo que los demás módulos permanezcan en un estado de detención total.

En los siguientes apartados se profundizará cada uno de los módulos ya nombrados, haciendo énfasis en sus esquemas circuitales.

3.1. Controlador de transiciones

Ciertamente, este es el módulo responsable de la coordinación de las secuencias de acuerdo a como sean presionados los botones de entrada BB y BP . En este módulo se considera a $SP-B$ (el bit de escape del *Módulo B*) como una entrada. Por una cuestión de prolijidad acortaremos únicamente para el desarrollo de este apartado la denominación de $SP-B$ a SP . Acorde a estas entradas se determinarán los estados de las salidas a saber: C_B , C_A y RST . En la *Tabla 3.1.1* se encuentra la tabla de estados correspondiente. Nótese que en lugar de BB y BP se han utilizado las notaciones Q_{BB} y Q_{BP} respectivamente. Permítasenos por un momento omitir ese detalle, el cual será expuesto líneas más abajo.

En la tabla de estados mencionada, de acuerdo al diagrama de estados presentado inicialmente y teniendo en cuenta la *Tabla 3.2*, se han dispuesto los distintos valores que deben poseer las salidas del módulo.

SP	Q _{BB}	Q _{BP}	C _B	C _A	RST
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1

Tabla 3.1.1 – Correspondencia de los estados de las salidas C_A y C_B con las secuencias a ejecutar.

Hecho esto se procedió con la simplificación de la lógica requerida. Para esto se han utilizado los mapas de Karnaugh. En la *Figura 3.1.1* se muestran los mapas de Karnaugh correspondientes a las salidas C_B , C_A y RST de la *Tabla 3.1.1*. Tanto por 1s como por 0s se obtienen exactamente los mismos resultados. De esta manera, se consigue que el controlador de transiciones logre dirigir las transiciones entre estados.

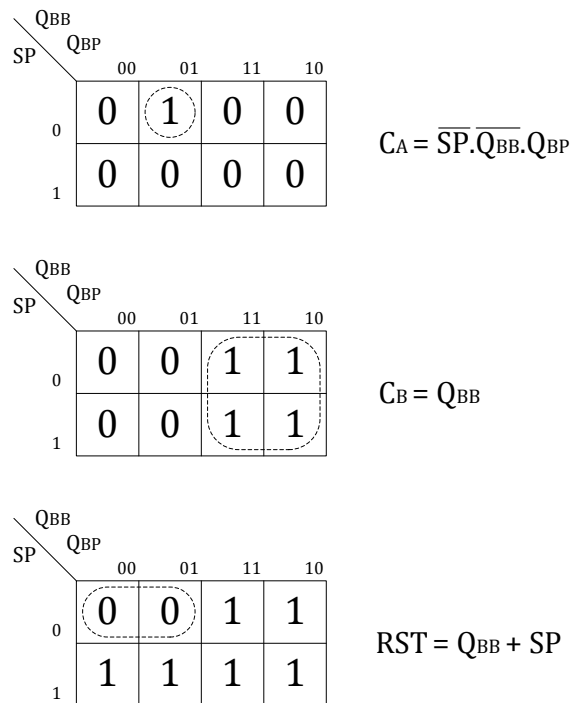


Figura 3.1.1 – Mapas de Karnaugh correspondientes a las salidas C_A , C_B y RST de la *Tabla 3.1.1*.

En las especificaciones del sistema se precisaba que el botón *BB* debía presionarse para que los semáforos enciendan las luces de aviso de la salida de los camiones de los bomberos, pero requería que para finalizar dicha secuencia se volviera a presionar el mismo botón. Para lograr este comportamiento no fue necesario realizar ninguna tabla ya que sabemos que los flip-flops tipo T poseen un comportamiento que nos permiten solventar esta problemática. Tal como se muestra en la *Figura 3.1.1* el botón *BB* se encuentra directamente conectado a la entrada de clock de un FF-JK que, de la manera en que enchufado, se comporta como un FF-T. De esta manera, en la salida Q_{BB} del FF tendremos un 1 al pulsar el botón y un 0 al volver a pulsarlo. Aquí hace acto de presencia la antes mencionada Q_{BB} , que tal como puede comprenderse ahora, es la que realmente da cuenta del estado del pulsador de entrada *BB*.

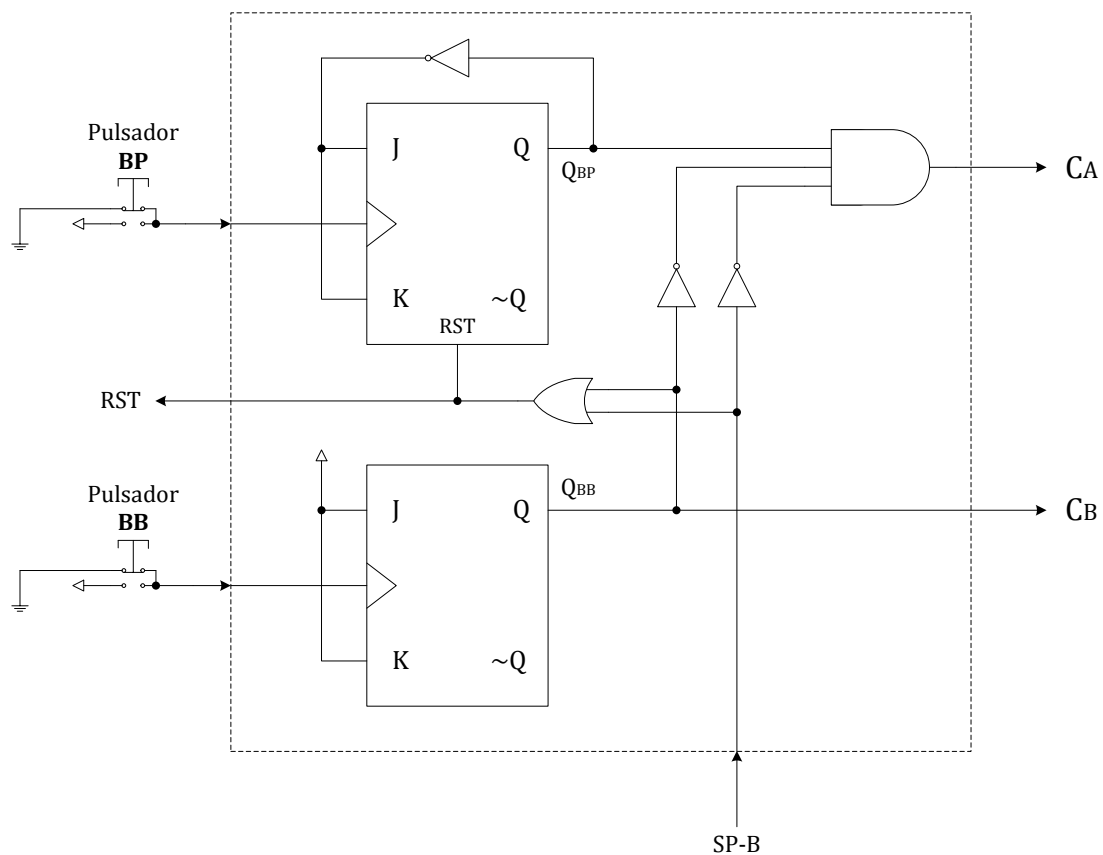
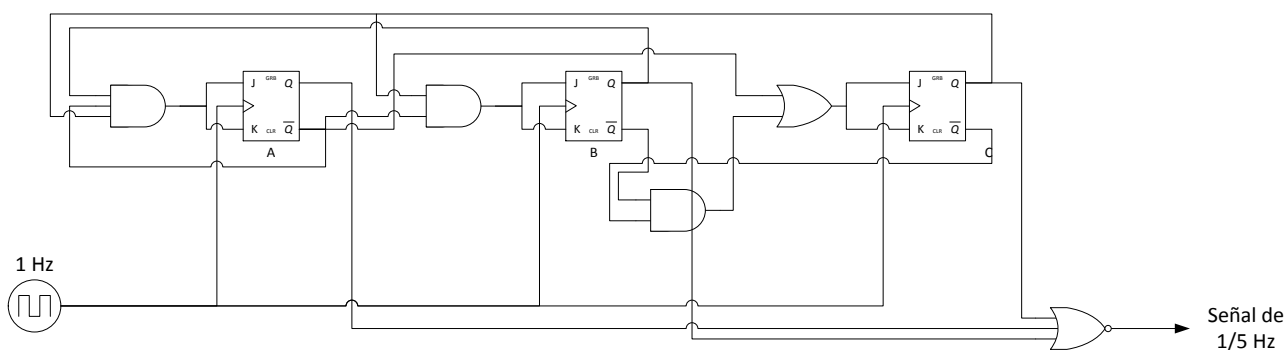


Figura 3.1.1 – Esquema circuital del módulo Controlador de transiciones.

En el caso del botón *BP*, se ha especificado que si al presionarse ya nos encontrábamos en la secuencia *B*, este no debería provocar efecto alguno sobre el sistema. Para lograr ello nuevamente se ha utilizado un FF-JK en configuración FF-T pero con una pequeña diferencia: entre la salida y la entrada del FF se ha colocado una compuerta negadora. Inicialmente la salida se encuentra inactiva, es decir, en 0. Por lo tanto, a causa de la compuerta negadora que se encuentra

3.2. Procesamiento de la señal de referencia

Para el timer de 5 segundos se usó un contador (de 0 a 4) que envía una señal cada vez que se pasa por el 0, teniendo como entrada el anterior. El circuito correspondiente se muestra en la *Figura 3.2.2*.



11

Por último, para lograr un pulso cada 30 segundos se usó un FF-JK para dividir la frecuencia de la señal del timer de 5 segundos y un contador (de 0 a 2) que envía una señal cada vez que se pasa por el 0. El circuito correspondiente se muestra en la *Figura 3.2.3*.

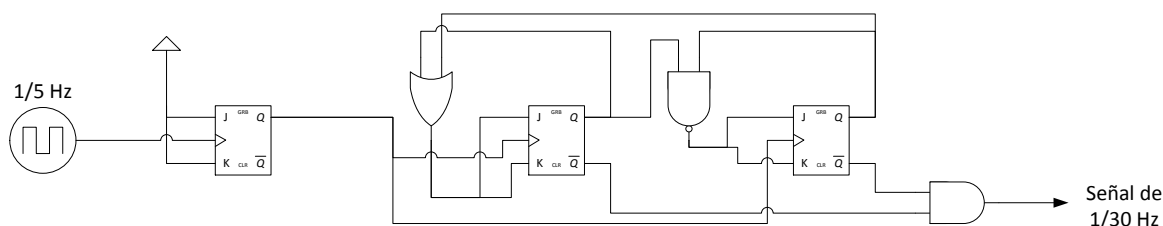


Figura 3.2.3 – Esquema circuital del timer de 30 segundos (T30).

No se ha especificado en los circuitos anteriormente mostrados, pero a cada uno de los flip-flops involucrados se les ha conectado a sus entradas de reset el RST de salida del *Módulo del Controlador de transiciones*. El motivo de esto reside en evitar desincronizaciones que pueden aparecer oportunamente en el desenlace de las distintas secuencias.

3.3. Módulo de la *Secuencia A*

Según el diagrama de estados de la *Figura 2.1*, necesitamos hacer que la luz amarilla sea intermitente con un intervalo entre apagado y encendido de 1 segundo. Esto se consigue utilizando un FF-JK funcionando como un FF-T debido a que, a cada pulso de clock deseamos que la salida cambie de estado de 0 a 1 y viceversa. Por lo tanto, solamente las salidas que se dirigen a las luces amarillas se encuentran conectadas a la salida del FF-JK, mientras que las demás salidas correspondientes a las luces restantes se encuentran conectadas a masa, con el fin de establecer un 0 sobre ellas. Este conexionado se muestra en la *Figura 3.3.1*.

Para obtener sobre la entrada Ck el pulso de $T1$, se han conectado a masa las salidas $Ck-Ac$ y $Ck-Bc$. Finalmente, la entrada RST se conecta directamente al FF-JK para resetear la secuencia.

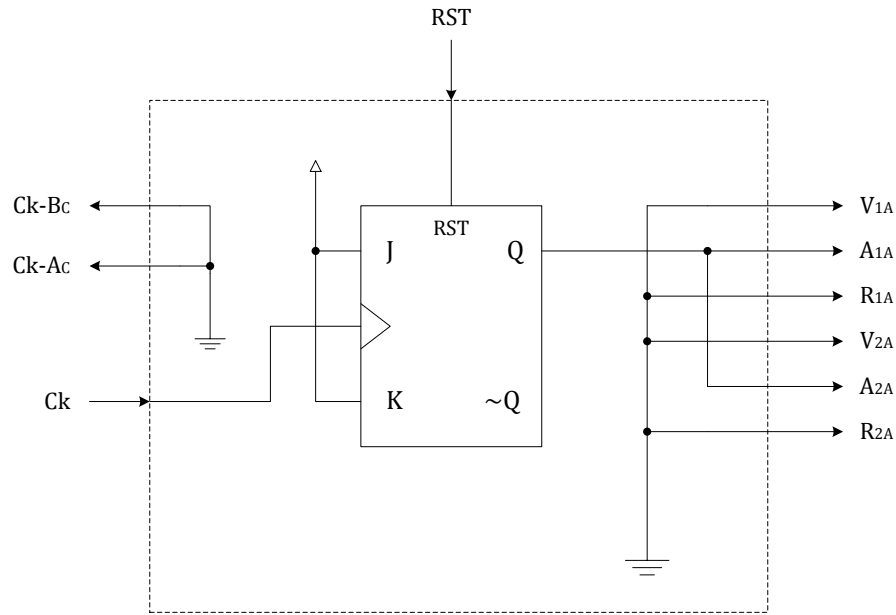


Figura 3.3.1 – Esquema circuital del módulo de la Secuencia A.

3.4. Módulo de la Secuencia B

Pasaremos ahora a desarrollar la secuencia del *Módulo B*, que sin duda alguna es la mas extensa y compleja de todas. Como decisión de diseño se ha optado por realizar un contador de 0 a 6, de manera de que cada cuenta represente cierto estado de las salidas de las luces. Es decir, las luces que se enciendan dependerán de la cuenta. Una vez que se llega a la última cuenta, se setea en 1 la salida *SP-B*, de forma tal de volver a la secuencia por defecto del sistema al finalizar la secuencia particular del *Módulo B*. Para el contador se han utilizado tres FF-JK. La tabla de transiciones junto con la tabla de estados de las luces se encuentra conjuntamente en la *Tabla 3.4.1*.

Q_2^n	Q_1^n	Q_0^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}	R_{1A}	A_{1A}	V_{1A}	R_{2A}	A_{2A}	V_{2A}	SP	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	X	0	X	1	X
0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	X	1	X	X	1
0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	X	X	0	1	X
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	X	X	1	X	1
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	X	0	0	X	1	X
1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	X	0	1	X	X	1
1	1	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	1	X	1	X	1	0	X
1	1	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	0	X	1	X	1	X	1

Tabla 3.4.1 – Tabla de transiciones del contador en conjunto con la tabla de estados de las luces de salida.

Hecha la tabla de transiciones, pasaremos a armar los mapas de Karnaugh de las entradas de los FF-JK. Dichos mapas se muestran en la *Figura 3.4.1*.

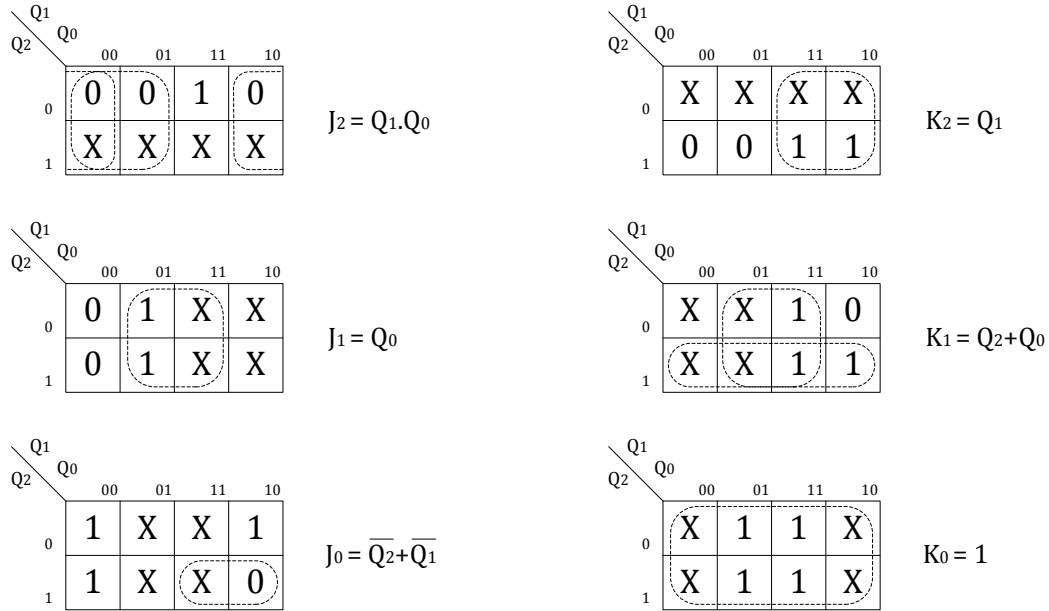


Figura 3.4.1 – Mapas de Karnaugh correspondientes a las entradas J y K de la Tabla 3.4.1.

Luego se deben realizar los mapas de Karnaugh de las salidas correspondientes a las luces y a la salida de escape *SP-B*. Estos se muestran en la *Figura 3.4.2*.

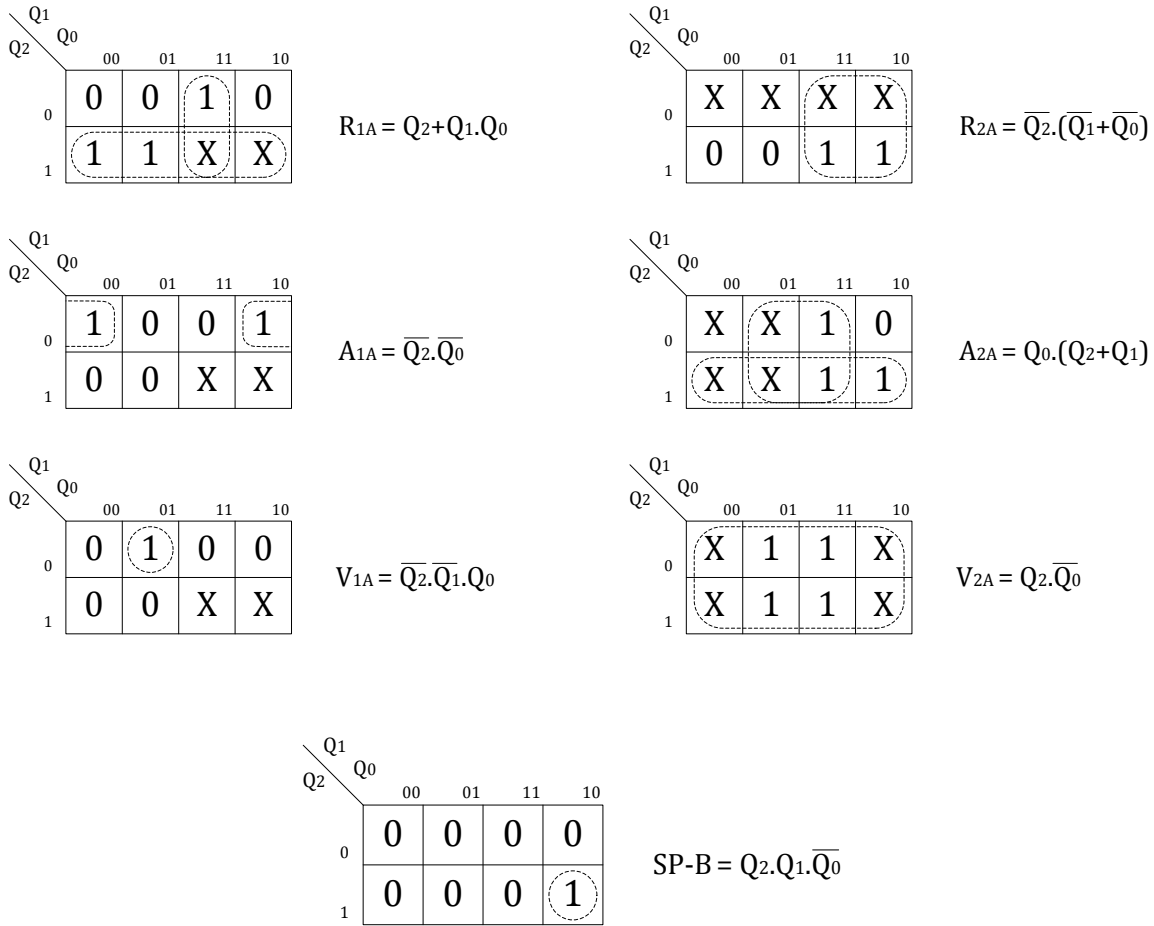


Figura 3.4.2 – Mapas de Karnaugh correspondientes a las salidas de las luces y SP-B de la Tabla 3.4.1.

Como se ha mencionado antes, en la secuencia de este módulo se debe hacer uso de los tres timers disponibles. Estos son requeridos en distintos puntos de la secuencia por lo que, de acuerdo al número de cuenta en el que se encuentre el contador, se deberá activar cierta señal de clock en la entrada del módulo. En la *Tabla 3.4.2* se muestra la tabla de estados pertinente, en la cual se usó como referencia la *Tabla 3.1*.

Q_2^n	Q_1^n	Q_0^n	Ck- A_B	Ck- B_B
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	X	X
1	1	1	X	X

Tabla 3.4.2 – Tabla de estados de las salidas Ck- A_B y Ck- B_B .

En la *Figura 3.4.3* se exhiben los mapas de Karnaugh correspondientes a las salidas de la *Tabla 3.4.2*.

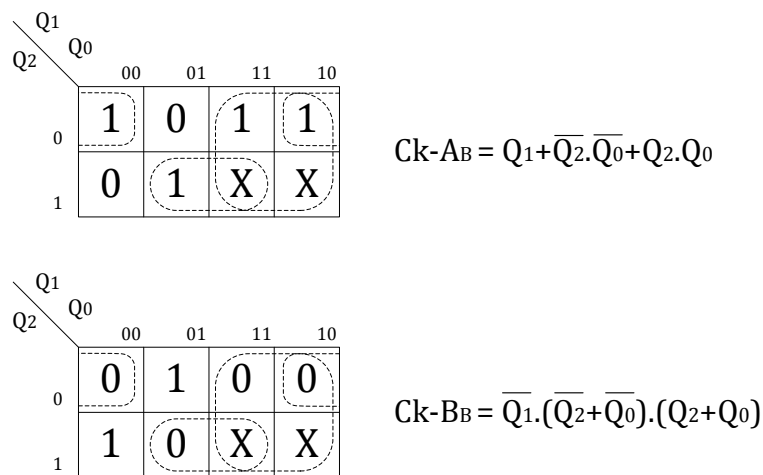


Figura 3.4.3 – Mapas de Karnaugh correspondientes a las salidas salidas Ck- A_B y Ck- B_B de la *Tabla 3.4.2*.

De esta manera se obtiene el circuito mostrado en la *Figura 3.4.4*. Nótese que la entrada RST se encuentra conectada a los reset de los FF-JK, de manera de asegurar que el contador comience desde el principio de la cuenta al iniciar la secuencia.

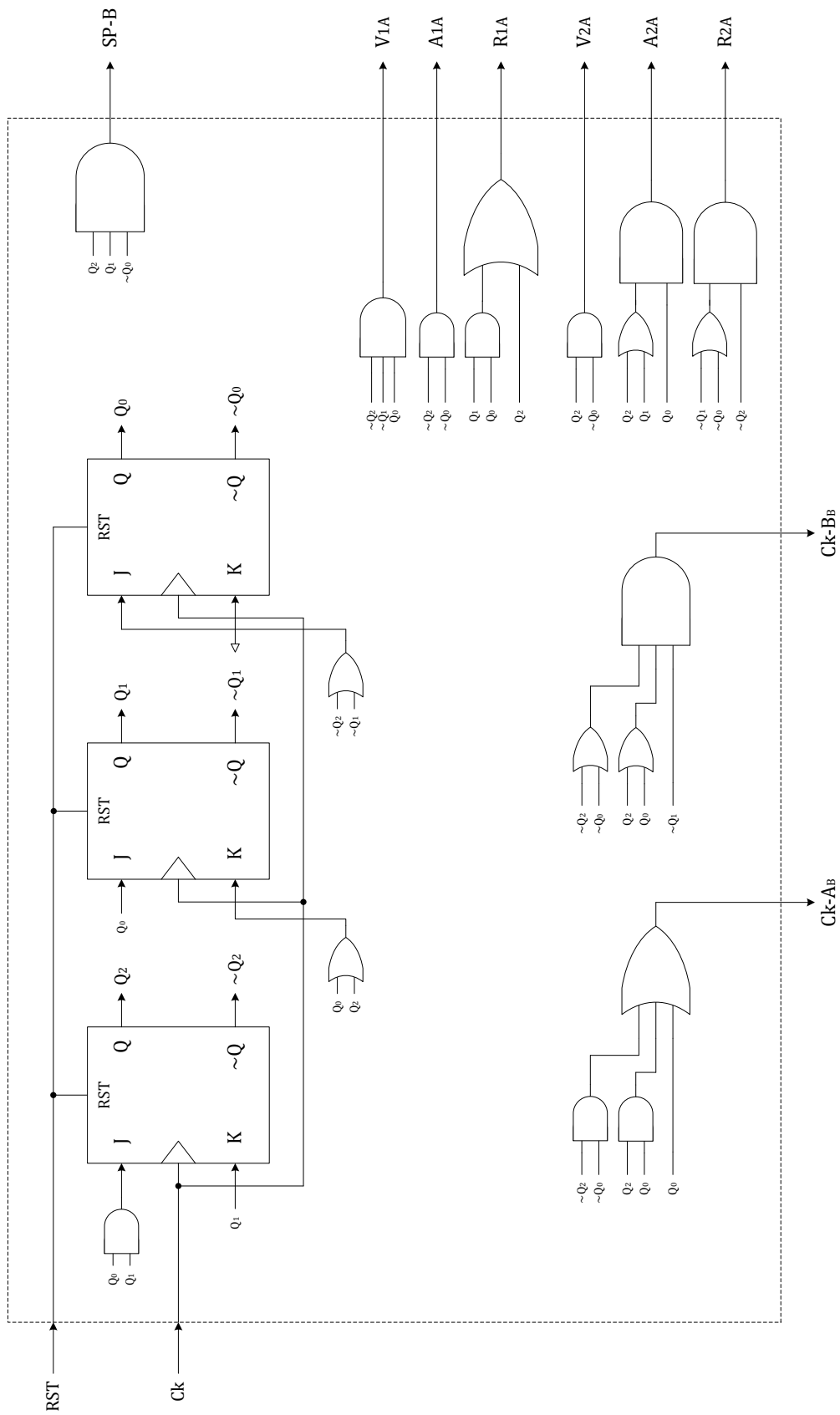


Figura 3.4.4 – Esquema circuital del módulo de la Secuencia B.

3.5. Módulo de la *Secuencia C*

La secuencia de este módulo es un estado estacionario en el cual simplemente mantenemos prendidas las luces amarillas y rojas de ambos semáforos. Por esto, las salidas correspondientes a estas se han conectado a 5V, mientras que las salidas de las luces verdes se han conectado a masa.

Las salidas Ck-A_C y Ck-B_C también se han conectado a masa pero en este caso no es de gran importancia, ya que la entrada de clock no se utiliza en la presente unidad. De la misma forma, la entrada RST queda abierta por carecer de significancia.

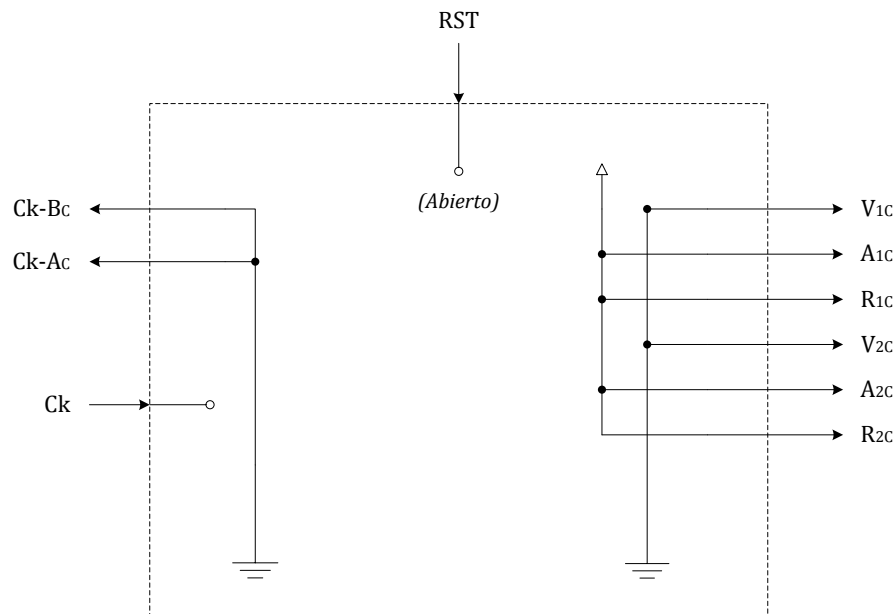


Figura 3.5 – Esquema circuital del módulo de la *Secuencia C*.

4. Simulación

Junto al presente informe se encuentra adjunto un archivo denominado "TP.Informe.Grupo.8.simulacion.DSN", el cual contiene una simulación del sistema completo. Este archivo corresponde al software *Proteus*. Cabe aclarar que se ha realizado la implementación del sistema simplemente con dispositivos genéricos del programa a causa de que ciertos integrados, a pesar de existir en la lista de componentes, no se encuentran modelados para su uso. De todas formas esto no modificará el resultado de la simulación a grandes rasgos, ya que el propósito de esta es mostrar al lector que lo desarrollado funciona de forma óptima y correcta.

5. Componentes electrónicos

Hasta el momento hemos utilizado simplemente los dispositivos teóricos para realizar el desarrollo del sistema. Ahora remplazaremos a estos por sus integrados reales equivalentes de acuerdo a la disponibilidad de componentes electrónicos que nos fue dada. En la *Tabla 6.1* se listan los integrados y componentes electrónicos junto a la cantidad requerida y al precio por unidad. Se adjuntan en el *Apéndice A* las hojas de datos correspondientes a todos los componentes.

Componente	Observaciones	Cantidad	Precio/u (\$)
74HC/HCT253	Multiplexor Dual de 4 entradas	5	\$3,50
74AHCT139	Demultiplexor Dual de 4 salidas	1	\$4,00
74HC/HCT107	FF-JK Dual con Reset	9	\$2,30
74HCT1G04	Inversor	3	\$1,60
74HC/HCT08	Quad 2-input AND gate	3	\$1,90
74HC/HCT11	Triple 3-input AND gate	2	\$1,45
74HC/HCT32	Quad 2-input OR gate	3	\$1,65
74HC/HCT4075	Triple 3-input OR gate	1	\$1,20

Tabla 6.1 – Componentes electrónicos utilizados. Los precios corresponden a valores aproximados.

6. Presupuesto

De acuerdo a los precios por unidad y a las cantidades requeridas, sumado a la mano de obra por el diseño, desarrollo y armado del sistema, se presupuesta la siguiente cifra total:

Componentes electrónicos: \$61,75

Mano de obra: \$200

Total: **\$261,75**

7. Conclusión

A lo largo del desarrollo del sistema hemos sido capaces de aplicar lo hasta aquí aprendido, de manera de no solo adoptar los distintos métodos de simplificación conocidos, sino también de utilizar el criterio propio para hallar soluciones mas factibles que nos permitan arribar a una solución mas eficiente y con costos reducidos de componentes electrónicos y mano de obra.

Fácilmente podríamos haber considerado entradas y salidas, todas en una misma tabla de transiciones, y mediante métodos numéricos lograr la simplificación pertinente. Sin embargo, conseguimos en los multiplexores una estrategia de reducción que nos permitió dividir el problema y atacarlo en zonas más pequeñas. De aquí la importancia de acrecentar la destreza en el proceso de minimización de un problema a varios subproblemas de menor complejidad, lo cual nos ha permitido plasmar una solución que cumple con absolutamente todos los requerimientos sin mostrar grandes complejidades circuitales.

Apéndice A

*Hojas de datos de
componentes electrónicos*

