



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Electrónica**

***Estructura del Computador (66.70)***

# **Controlador de Ascensores**

**Cuatrimestre y año:** 2º 2010

**Profesor Titular Teóricas:** Ing. Jorge Mazzeo

**Docentes a cargo de las prácticas:**

- Ing. Ricardo Arias
- Sr. Daniel Trichero
- Srita. Marina Zambrano

**Integrantes:**

<b><i>Padrón</i></b>	<b><i>Nombre</i></b>	<b><i>Email</i></b>
88153	Elvio Tocalino	elviotocalino@gmail.com
87944	Lucas Robles	lrobles@fi.uba.ar
82341	Maximiliano Monzón	maximilianohm@gmail.com

## Objetivo:

El objetivo del presente trabajo práctico es el de diseñar un módulo de control de llamadas de ascensor.

## Descripción del Problema:

Un edificio de cuatro pisos (subsuelo, planta baja, primer y segundo piso) posee dos ascensores que permiten la movilidad entre todos los pisos. Cada piso, cuenta con acceso a ambos ascensores, un pulsador único que permite llamar a un ascensor (junto con una luz azul que indica que se ejecuto la llamada) y una luz verde encima de cada ascensor que indica que dicho ascensor está respondiendo a la llamada.

El sistema pide determinar cual ascensor llamar cuando se accione el pulsador, implementar el comando para que el ascensor acuda al piso donde se accionó el mismo y encender las luces o apagarlas según sea necesario. Adicionalmente se debe tener en cuenta:

- El ascensor a llamar debe ser el que se encuentra lo más cerca del piso donde se accionó el pulsador, cuando ambos ascensores se encuentran libres.
- En caso de que uno esté libre y el otro no, el ascensor a llamar es aquel que esté libre sin importar su distancia al pulsador accionado.
- Si los dos ascensores están ocupados se ignora la llamada.

Los ascensores estan provistos de un componente denominado "Lift Interface" que controla la mecánica del ascensor y otro compoente que genera un pulso angosto cada vez que un ascensor cambia de piso independientemente de si es en ascenso o en descenso.

## Convenciones de nombres

- Ya que la puesta en práctica de esta solución involucraría la confección de una placa PCB a ser instalada en cada uno de los 4 pisos del edificio, en el presente trabajo se usa el término "control de ascensores" o "controlador" para referirse a dicha placa.
- Se designa como "usuarios" a aquellas personas que utilizan el controlador para invocar a un ascensor.
- Se usa el nombre de "pulsador" para el dispositivo al alcance de los usuarios que emite un pulso para llamar a los ascensores.
- Se usan los términos "ascensor1" y "ascensor2" para identificar los ascensores. Cabe destacar que, aunque se podría asignar arbitrariamente cuál ascensor será el ascensor1, este tendrá prioridad posteriormente durante la toma de decisiones (es decir, ante empates, se llama al ascensor1).

## Hipótesis del trabajo

La solución descrita fue ideada asumiendo:

1. El número de piso (P) en que se instala el controlador es un valor disponible en todo momento y es un valor constante (sea un valor almacenado en memoria interna del controlador).
2. La luz verde se prende cuando el ascensor es elegido y se apaga cuando el ascensor arriba al piso del controlador.
3. La luz azul ubicada al lado del pulsador se encenderá cuando se ejecute exitosamente el comando de llamada a un ascensor y permanecerá encendida hasta que el ascensor acuda al piso. La luz verde ubicada sobre los ascensores se encenderá al mismo tiempo que la azul sobre el ascensor que está respondiendo al comando de llamada y permanecerá encendida mientras la luz azul permanezca encendida.
4. La salida D del controlador Lift Interface que se ubica en los ascensores indica el número de piso donde se encuentra el ascensor.

## Descripción conceptual de la solución

Para evitar confusiones se proponen algunos nombres que serán usados frecuentemente durante la descripción de la solución como así también en los sucesivos diagramas:

Pulso E: el pulso que es emitido cuando un usuario oprime el pulsador, interpretado como un flanco de bajada.

Pulso S: el pulso que será enviado desde el controlador hacia el Lift-Interface del ascensor seleccionado (y sólo al ascensor seleccionado) para invocarlo.

L1/L2: señal booleana que indica si el ascensor1/ascensor2 está libre (uno) u ocupado (cero).

PA1/PA2: número de piso en el que se encuentra el ascensor1/ascensor2 al momento de iniciar el proceso de selección de ascensor.

P: piso en que se instaló el controlador.

p1,p2: el pulsoS es el pulso enviado al ascensor1,ascensor2.

El pulso E es el disparador del circuito, pero no es confiable: su duración depende del usuario. Para evitar problemas que pudieran surgir por esto generamos el pulso S, de un período del CLOCK de duración, por cada flanco de bajada del pulso E.

Razonando sobre los posibles casos a manejar cuando se produce un pulso E,

concluimos que dependiendo de los estados libre/ocupado de cada ascensor se llama a uno u otro, o se ignora la llamada. Un análisis de los posibles estados que pueden tomar los ascensores nos permiten diseñar una estrategia de preselección del ascensor que acudirá, o no, a la llamada:

ascensor1 (L1)	ascensor2 (L2)	Resultado
0	0	Ignorar
1	0	Invocar ascensor1
0	1	Invocar ascensor2
1	1	selector(PA1,PA2,P)

Tabla 1: Estrategia de preselección de ascensor. 0 = Ascensor libre.  
1 = Ascensor Ocupado

Para poder ignorar o atender una llamada trabajamos con el pulso S, asociando una señal *enabling* que lo neutralice cuando sea necesario. Del pulso S derivan los pulsos p1 y p2 que van a los ascensores. PA1 y PA2, son datos que provienen del controlador Lift Interface situados en el ascensor1 y ascensor2 respectivamente (por hipótesis 4, la salida D de dicho controlador). Además, de la hipótesis 4 se obtiene que PA1 y PA2 pueden leerse de las Lift-Interface de los ascensores. Cabe aclarar que las variables P, pulso E, L1 y L2 son las verdaderas entradas del circuito solución. El resto son calculadas y reusadas.

Se muestra a continuación el diagrama que corresponde al diseño del controlador de llamada:

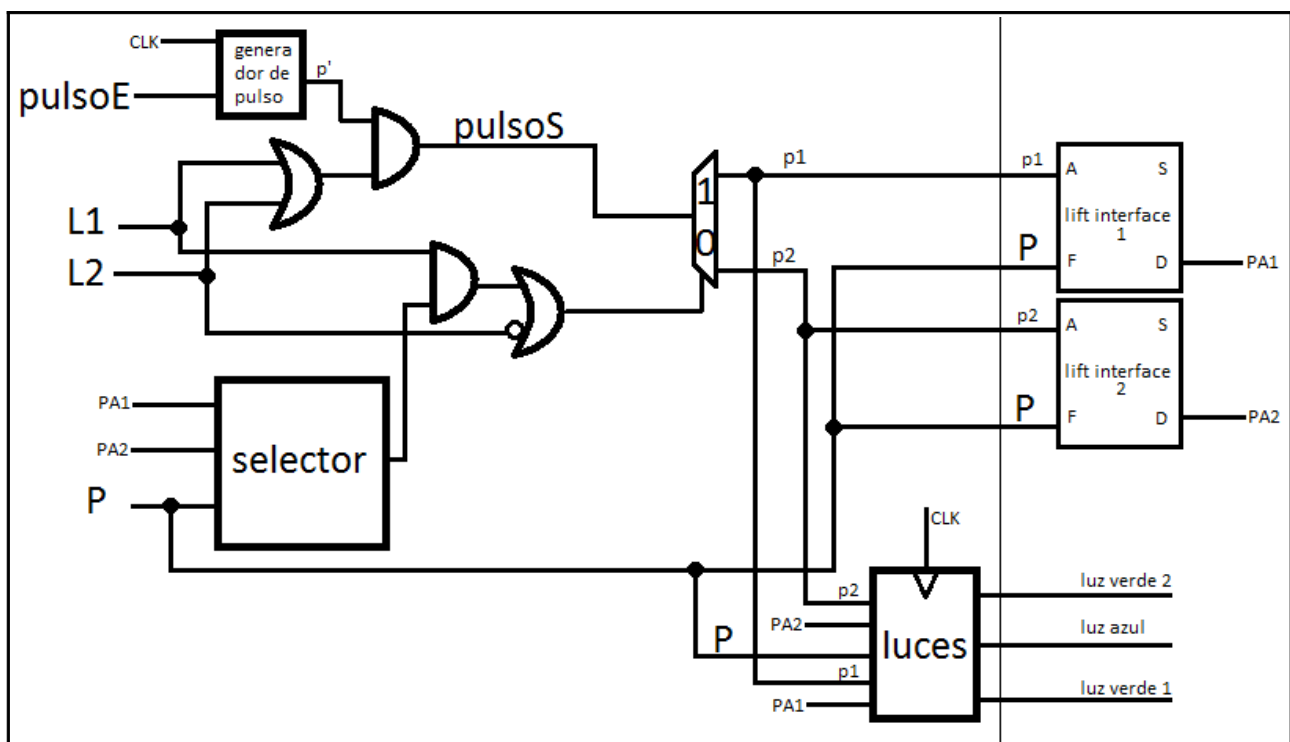


Fig. 1: Controlador de llamada de ascensor.

En este diagrama puede apreciarse la separación entre las partes que

corresponden al controlador (a la izquierda de la línea vertical) y aquellos componentes externos con los cuales este debe interactuar. Cabe distinguir, sin embargo, que de la parte derecha las Lift-Interface de los ascensores son compartidas entre los cuatro controladores, mientras que las luces no.

Como se mencionó antes, el pulso E es transformado en un pulso p' sincronizado con el CLOCK del circuito, y cuya duración es de un período del CLOCK. El pulso p' es neutralizado cuando  $L1=L2=0$ , y en caso contrario su valor es usado como pulso S. Además, puede verse que el selector actúa constantemente, pero su valor solo es significativo cuando  $L1=L2=1$ . Esto último no es evidente en el diagrama, por lo que vamos a derivarlo ahora:

Sea R la respuesta del selector, y sea f la señal de control del demultiplexor '1 a 2' que actúa sobre pulso S. Luego, f resulta:

$$f = f(L1, L2, R)$$

siendo  $f = 1$  para elegir al ascensor1 y  $f = 0$  para elegir al ascensor2. Utilizando Karnaugh para sintetizar la función f:

		L1,L2			
		00	01	11	10
R	0	x	0	0	1
	1	x	0	1	1

Tabla 2: Mapa de Karnaugh de la función f. Las redundancias x corresponden al caso  $L1=L2=0$

nos queda:

$$f(L1, L2, R) = \text{NOT}(L2) + R * L1$$

El componente “luces”, “generador de pulso” y “selector” presentes en el diagrama, se describen brevemente a continuación.

### Selector:

Este componente tiene como función indicar, en todo momento, qué ascensor debe acudir al piso cuando ambos están en estado libre. Posee tres entradas de dos bits cada una; dos que representan el número de piso donde se encuentran los ascensores y una que indica el número de piso donde se encuentra instalado el controlador. Posee una salida que indica qué ascensor debe acudir a la llamada (1 para llamar al ascensor1 y 0 para el ascensor2).

El selector implementa una función matemática que arroja como resultado la distancia entre el piso P y cada ascensor para luego comparar los resultados y ver cual ascensor se encuentra a menor distancia del piso de llamada.

## Luces:

Este componente se basa en las 2 y 3 para mantener las luces del piso en que está el controlador funcionando como lo requiere el enunciado del TP.

## Generado de pulso:

Componente que transforma el pulso emitido por el usuario (que es irregular y asincrónico) en un pulso de duración constante y sincronizado.

A continuación, se describen en detalle los componentes del controlador de llamada.

## Selector

Función:

Indica qué ascensor es el que debe acudir al llamado cuando ambos se encuentran en estado libre.

Entradas:

- P1 (2 bits): piso en que se encuentra el ascensor 1.
- P2 (2 bits): piso en que se encuentra el ascensor 2.
- P (2 bits): número de piso donde se encuentra instalado el controlador de llamada.

Salidas:

- R (1 bit): señal que indica a qué ascensor se debe llamar (1 = ascensor1, 0 = ascensor2).

Diagrama funcional:

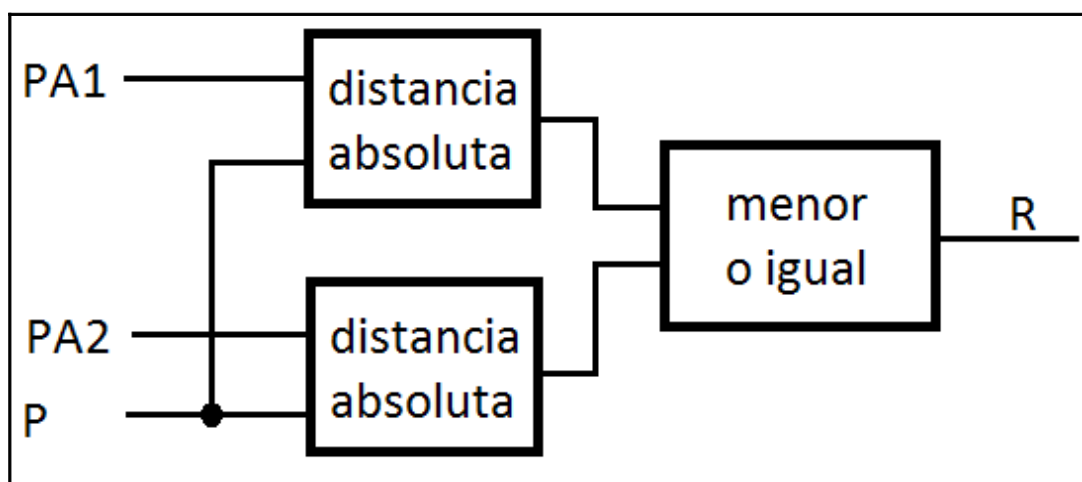


Fig. 2: Diagrama funcional del selector.

## DISTANCIA ABSOLUTA:

Función:

Calcula el módulo de la resta de dos números A, B. Arroja como resultado un número D que representa la distancia entre los números A y B (representados en una recta numérica).

$$\text{DistanciaAbsoluta}(A, B) = |A - B|$$

Entradas:

- A, número en base 2, de 2 bits de longitud, expresado como entero sin signo. A1, bit más significativo. A0, bit menos significativo.
- B, número en base 2, de 2 bits de longitud, expresado como entero sin signo. B1, bit más significativo. B0, bit menos significativo.

Salidas

- D, número en base 2, de 2 bits de longitud, expresado como entero sin signo. D1, bit más significativo. D0, bit menos significativo.

Diagrama funcional:

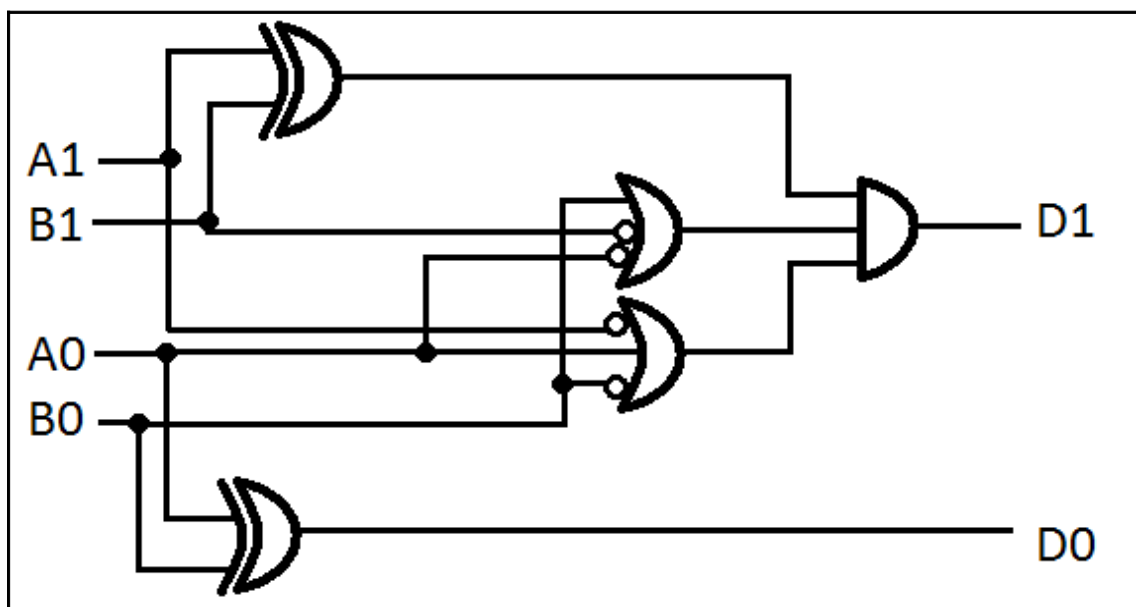


Fig. 3: Diagrama funcional del módulo de Distancia Absoluta.

Expresión booleana:

Para D1

B1 B0	00	01	11	10
A1 A0				
00	0	0	1	1
01	0	0	1	0
11	1	1	0	0
10	1	0	0	0

Para D0

B1 B0	00	01	11	10
A1 A0				
00	0	1	1	0
01	1	0	0	1
11	1	0	0	1
10	0	1	1	0

$$D1(A1, A0, B1, B0) = (A1 \oplus B1) * (\sim A1 + A0 + \sim B0) * (\sim A0 + \sim B1 + B0)$$

$$D0(A1, A0, B1, B0) = A0 \oplus B0$$

## MENOR O IGUAL:

Funcion:

Indica si A es menor o igual que B.

$$\text{menorOIgual}(A, B) = \begin{cases} 1 & \text{si } A \leq B \\ 0 & \text{si } A > B \end{cases}$$

Entradas:

- A, número en base 2, de 2 bits de longitud, expresado como entero sin signo. A1, bit más significativo. A0, bit menos significativo.
- B, número en base 2, de 2 bits de longitud, expresado como entero sin signo. B1, bit más significativo. B0, bit menos significativo.

Salidas

- m (1 bit): señal que indica el estado de verdad de la función  $A \leq B$  (1 si  $A \leq B$ , 0 si  $A > B$ ).



Diagrama funcional:

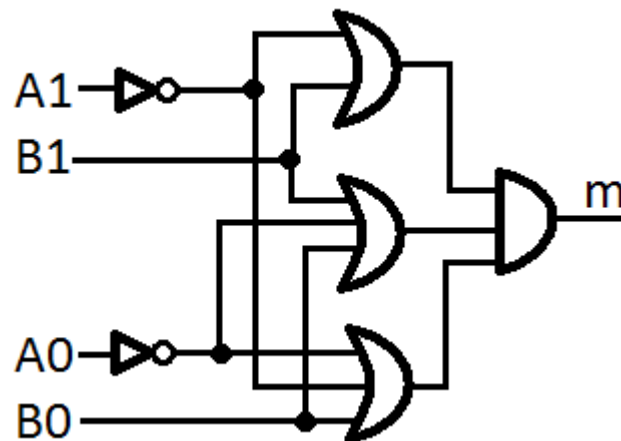


Fig. 4: Diagrama funcional del módulo  $A \leq B$ .

Expresión booleana:

B1 B0	00	01	11	10
A1 A0				
00	1	1	1	1
01	0	1	1	1
11	0	0	1	0
10	0	0	1	1

$$m(A1, A0, B1, B0) = (\sim A1 + B1) * (\sim A1 + \sim A0 + B0) * (\sim A0 + B1 + B0)$$

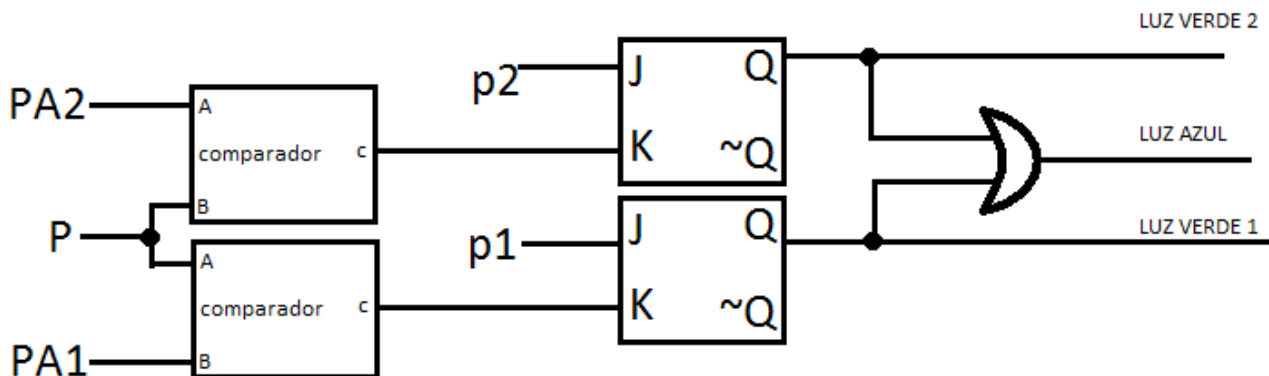
## Luces

Este componente se ocupa de activar, y mantener activas, una serie de señales que representan el estado prendido/apagado de las tres luces correspondientes al piso en que es instalado el controlador. Para mantener el estado de las luces se usan FF-JK, provistos para el TP. Gracias a la hipótesis 3, bastan 2 FF para mantener el estado de las 3 luces. La novedad de este componente respecto de los ya descritos es que sus entradas son todas pulsos. Tanto p1 como p2 son derivados de pulsoS, el cual se deriva de pulsoE. Este es un pulso de entrada al circuito solución, por lo que su duración es incierta. Además S1 y S2 son leídos de la salida "S" del Lift-Interface del respectivo ascensor, también pulsos.

Las entradas son:

PA1, PA2 (leídas del “D” de cada Lift-Interface), P (ver hipótesis 1), y los pulsos p1 y p2 derivados de pulsoS.

Se muestra a continuación el circuito solución:



Donde p1/p2 son mutuamente excluyentes, y serán “1” si y solo si al menos uno de los dos ascensores está libre.

Ambos FF están conectados al mismo CLOCK (algo que el diagrama no muestra ) que el resto del controlador.

## Comparador

Sinopsis: compara por igualdad dos números de dos bits cada uno.

Ecuación:  $\text{comparador}(A,B) == A = B$

Entradas:

A (dos bits)= A1, A0

B (dos bits)= B1, B0

Salida:

C (un bit) : valdrá 1 (uno) si A y B son iguales, y 0 (cero) si no lo son.

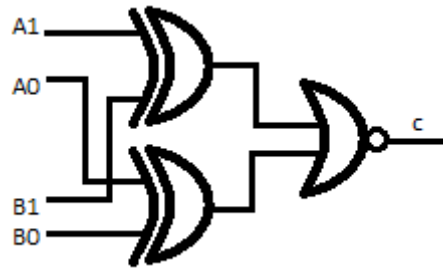
B1 B0	.00	.01	.11	.10
A1 A0				
.00	1	0	0	0
.01	0	1	0	0
.11	0	0	1	0
.10	0	0	0	1

$$C = (\text{not}(A_1) + B_1) * (A_1 + \text{not}(B_1)) * (\text{not}(A_0) + A_0) * (A_0 + \text{not}(B_0))$$

que se expresa mejor como :

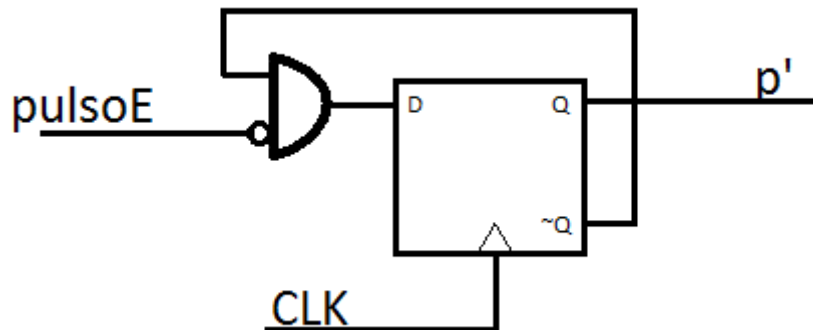
$$C(A_1, A_0, B_1, B_0) = \text{NOR}(\text{xor}(A_1, B_1), \text{xor}(A_0, B_0))$$

Diagrama circuital:



## El generador de pulso

Usando un FF-D, emite un pulso alto "p'" de duración de un período del CLOCK por cada flanco de bajada del pulsoE.  
El diagrama expresa la solución:



## Retardos del circuito

El circuito completo puede ser visto como cuatro grandes cuerpos que trabajan en paralelo: los contadores de cada ascensor, la lógica de selección, el envío del pulso respuesta, y el control de luces.

En esta sección la unidad usada será el nanosegundo, ya que el CLOCK, cuya frecuencia es de 32768Hz, deja pasar aprox. 30518 nanosegundos entre un flanco de subida y el siguiente.

El retardo del sistema, es decir, el tiempo entre la llegada del flanco positivo del CLOCK y el envío al Lift-Interface correcto y el encendido de las luces, resulta del retardo producido por la transmisión del pulsoS hasta el Lift-Interface. Este retardo consiste en 45 nanosegundos para la llamada del ascensor, y 67 nanosegundos para el encendido de las luces.

## Circuitos Contadores

Cada ascensor tiene asociado un circuito contador cuyo objetivo es contar flancos del CLOCK hasta llegar a 3 segundos. Si en ese tiempo el ascensor se mantuvo entre pisos, se lo considera libre. El circuito se compone de un array de 17 flip-flops, y tiene un retardo total de 219 ns (nanosegundos).

El circuito contador provee la variables L1,L2.

Es importante notar que este retardo se manifiesta entre la llegada del flanco de subida del CLOCK y el momento en que es “correcto” el valor manifestado en L1,L2. Pero como el retardo del contador es menor que el del CLOCK, siempre será “seguro” leer las variables L1,L2.

### ***Lógica de selección***

Se trata de la circuitería involucrada en actualizar la variable de control del demultiplexor 1a2, usando las variables P, PA1, PA2, L1, L2. Todas las variables de entrada se leen “instantáneamente”, no acarrearán retraso, por lo que consideramos los retardos producidos por el selector y las dos compuertas involucradas.

Al analizar el retardo del selector se computan los retardos de sus componentes:

distancia absoluta → 24 nanosegundos.

menor o igual → 29 nanosegundos.

Selector →  $24 + 29 = 53$  nanosegundos

Luego, el retardo total de la lógica de selección, entre la lectura de las variables y la selección correcta en el demultiplexor, es 77 nanosegundos.

Es importante notar que esta sección del circuito es asíncrono, y actualiza el demultiplexor en tiempo real.

### ***Pulso de respuesta***

Consiste en transformar el pulsoE en un pulso sincrónico y de ancho deseado.

El retardo de esta parte del circuito se presenta entre el momento en que llega el flanco del CLOCK y el pulsoE es bajo, y la salida del pulsoS (si es que la llamada del pulsador no es ignorada, algo que decide la lógica de selección).

Este retardo es de 42 nanosegundos.

### ***Luces***

La sección del circuito que reacciona al resto de la computación accionando las luces presenta un retardo de 40 nanosegundos. Como parte de las entradas es el pulsoS (demultiplexado), se acarrea el retardo que resulta de calcular este pulso. El retardo hasta la salida del pulsoS (más el retardo del flip-flop correspondiente) resulta en 64 nanosegundos, entre el flanco ascendente del CLOCK y el encendido de las luces.

## **Precios y Costo total**

La siguiente tabla muestra los integrados usados, la cantidad usada, y sus precios actuales, en dólares.

Nombre	descripción	cant.	precio(US\$) unidad	precio total
74xx107	dual-FF-JK	19	0,29	5,51
74xx86	quad-xor	2	0,19	0,38
74xx32	quad-or	4	0,11	0,44
74xx02	quad-nor	1	0,16	0,16
74xx08	quad-and	9	0,2	1,8
74xx04	hex-inverter	3	0,22	0,66
74xx139	dual-2a4demu	1	0,35	0,35
74xx11	triple-3AND	1	0,17	0,17

El precio total por todo el lote es U\$A 9.47, que equivale a \$37.60, moneda nacional.