

Estructra de Computadores
Práctica 1
Sumadores y Multiplicadores

Rubén López Singla
`ruben.lopez@estudiants.urv.cat`

2023/03/15

Introducción

En este informe documentamos las tareas realizadas en la primera práctica de Estructuras de Computadores.

Índice

FASE 1: Sumadores HA, FA	3
TAREA 1: Half Adder	3
TAREA 2: Full Adder	3
TAREA 3: Implementación alternativa al Full Adder	5
FASE 2: Sumadores CPA	6
TAREA 4: Carry Propagate Adder	6
TAREA 5: Implementación alternativa al CPA	7
TAREA 6: Tiempos de retardo del CPA	7
TAREA 7: CPA de 16 bits	8
TAREA 8	9
FASE 3: Sumadores CSA	9
TAREA 9: Carry Select Adder	9
TAREA 10: CSA de 16 bits	10
FASE 4: Sumadores CLA	12
TAREA 11: Partial Full Adder	12
TAREA 12: Carry Look-Ahead Adder	12
TAREA 13: CLA de 16 bits	14
TAREA 14	15
TAREA 15: Comparación entre CPA, CSA y CLA	15
FASE 5: Multiplicador RCA	15
TAREA 16	15
TAREA 17: Ripple Carry Array	16
TAREA 18	17

FASE 1: Sumadores HA, FA

TAREA 1: Half Adder

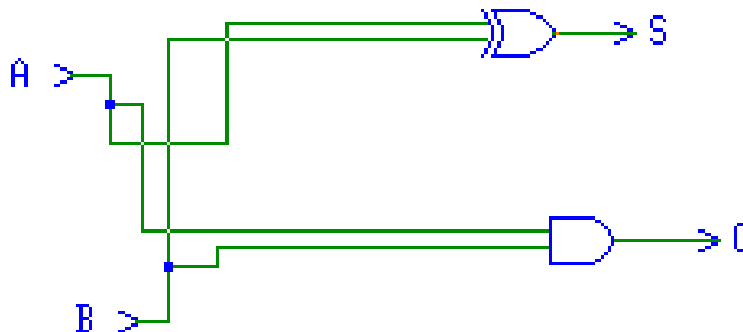
Especificación

Realizad el circuito digital Half Adder (HA) de 1 bit mostrado en la siguiente figura. Suponed que los retardos de las puertas lógicas utilizadas son AND=4T y XOR=5T. (0.125P)

Diseño

Se ha seguido la implementación mostrada en la imagen de ejemplo.

Implementación



Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	1+0	S=1 C=0	Si
Suma con carry	1+1	S=0 C=1	Si

Table 1: J
uego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente.

TAREA 2: Full Adder

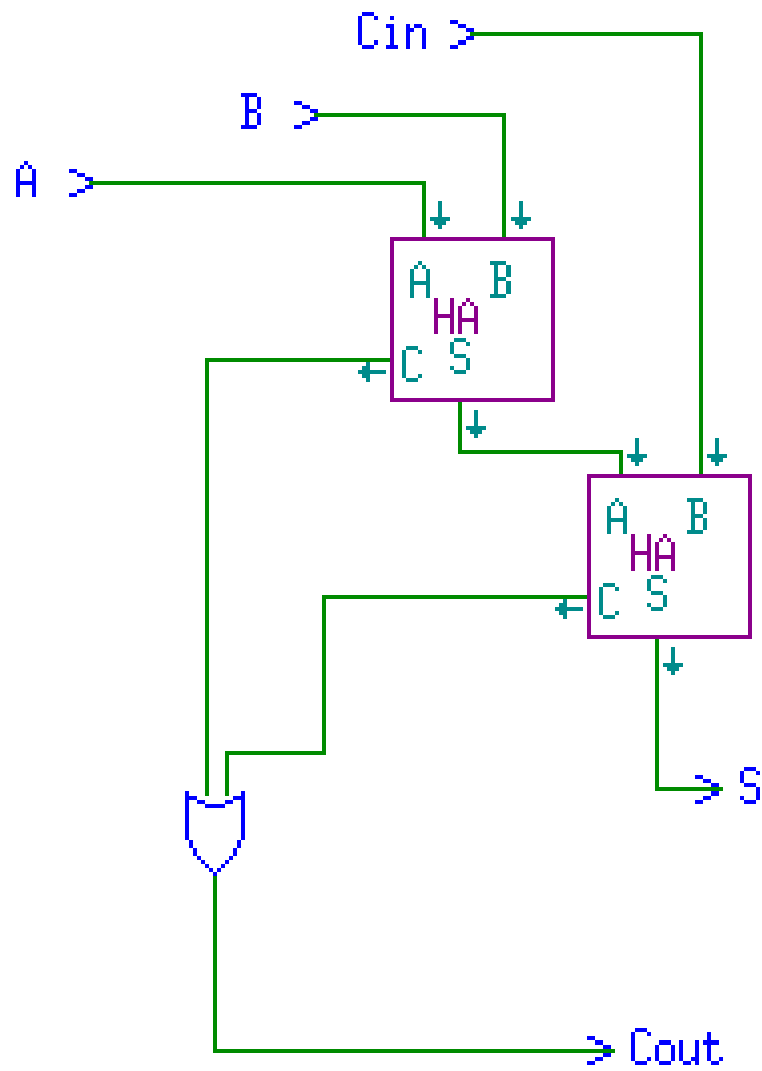
Especificación

Realizad el circuito digital Full Adder (FA) de 1 bit con acarreo de entrada utilizando sumadores Half Adders (HA) de 1 bit e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. Suponed que los retardos de las puertas lógicas utilizadas son de AND=4T, OR=4T y XOR=5T. (0.125P)

Diseño

Se ha seguido la implementación mostrada en la imagen de ejemplo.

Implementación



Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	1+0 Ci=0	S=1 C=0	Si
Suma con carry	1+1 Ci= 1	S=1 C=1	Si

Table 2: Juego de pruebas

Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona correctamente. Tiene un área de 34 unidades y un tiempo de retardo de 10T en la suma y 13T en el carry.

TAREA 3: Implementación alternativa al Full Adder

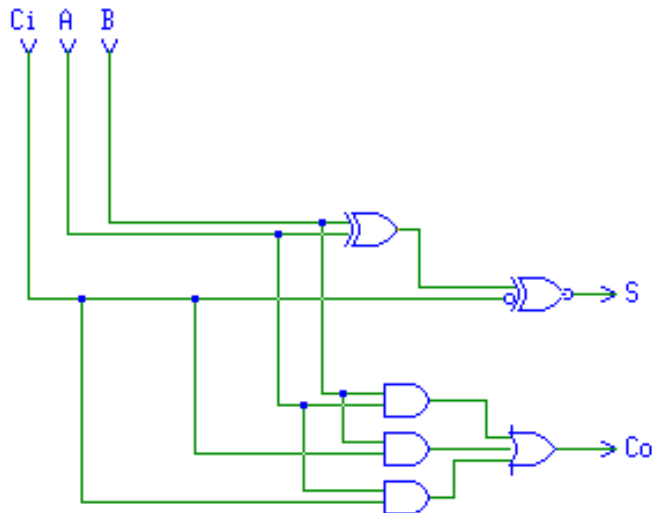
Especificación

Realizad una implementación alternativa al mismo circuito Full Adder (FA) de 1 bit con acarreo de entrada y comparad los tiempos de retardo y área con la solución anterior. Suponed los mismos retardos de las puertas lógicas utilizadas en la tarea anterior. (0.25P)

Diseño

El diseño de este Full Adder se ha llevado a cabo calculando la tabla de la verdad de las diferentes partes del circuito y implementando los resultados de estas. Se ha utilizado el retardo por defecto de TkGate.

Implementación



Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	1+0 Ci=0	S=1 C=0	Si
Suma con carry	1+1 Ci= 1	S=1 C=1	Si

Table 3: Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. El área es mayor a la de la implementación anterior con 42u, manteniendo el tiempo de suma en 10T pero reduce el tiempo de retardo del carry a 8.

FASE 2: Sumadores CPA

TAREA 4: Carry Propagate Adder

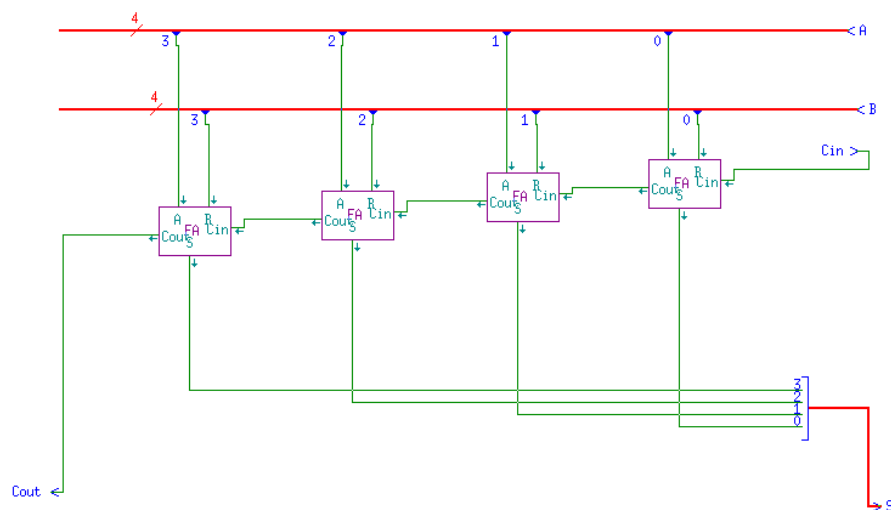
Especificación

Realizad el circuito digital Carry Propagate Adder (CPA) de 4 bits que se muestra en la siguiente figura e indicad y formulad los tiempos de retardo y el área utilizada. Asumid el Full Adder (FA) de 1 bit considerado en la Tarea 2. (0.5P)

Diseño

Se ha seguido la implementación mostrada en las imagenes de ejemplo.

Implementación



Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	3+2 Ci=1	6 Co=0	Si
Suma con carry	7+8 Ci=1	0 Co=1	Si

Table 4: Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área utilizada de 136 unidades y un tiempo de retardo de 37T para el carry y 34T para la suma.

TAREA 5: Implementación alternativa al CPA

Especificación

Realizad el circuito digital Carry Propagate Adder (CPA) de 4 bits que se muestra en la siguiente figura e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. Asumid el Full Adder (FA) de 1 bit considerado en la Tarea 3. (0.5P)

Diseño

Se ha implementado el circuito igual que el diseño anterior, pero cambiando el Full Adder utilizado.

Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	3+2 Ci=1	6 Co=0	Si
Suma con carry	7+8 Ci=1	0 Co=1	Si

Table 5: Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 168 unidades, ya que estos Full Adders son de mayor área, y un tiempo de retardo de 32T en carry y 28T en la suma.

TAREA 6: Tiempos de retardo del CPA

Especificación

Indicad las fórmulas que describen los tiempos de retardo del circuito digital Carry Propagate Adder (CPA) de 4 bits implementado en las tareas anteriores. Aplicando esa fórmula, mostrad los tiempos de retardo que introduciría un CPA de 8 bits, 16 bits, 32 bits, 64 bits y 128 bits para cada

una de las dos posibles implementaciones de Full Adder (FA) de 1 bit consideradas en las tareas anteriores (0.75P)

Diseño

El retardo del CPA depende de lo que tarde en propagarse el Carry. En el primer diseño, tenemos que el primer carry tarda 13T en generarse, y la primera suma ocurrirá en paralelo a la propagación del carry. $TC(n) = 13 + (n - 1bits) * (13 - 5)$ y que $TS(n) = 13 + (n - 2) * 8 + 8$

En el segundo diseño, encontraríamos que $TC(n) = 8 + (n - 1bits) * 4$, y que $TS(n) = 8 + (n - 2) * 4 + 4$

TAREA 7: CPA de 16 bits

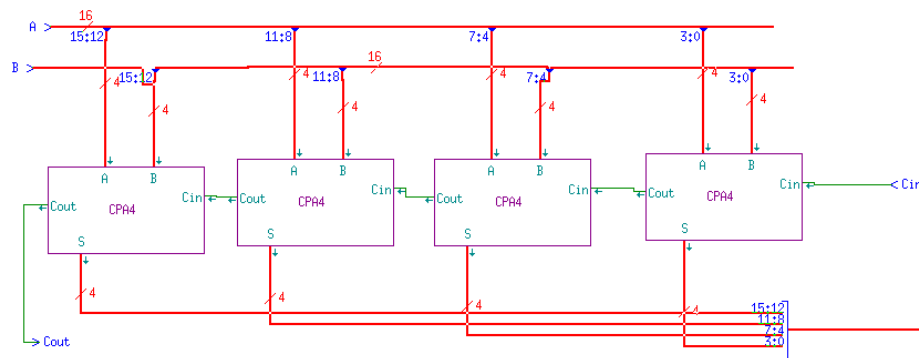
Especificación

Realizad un circuito digital Carry Propagate Adder (CPA) de 16 bits e indicad y formulad los tiempos de retardo y el área utilizada. Utilizad para esta implementación el circuito Carry Propagate Adder (CPA) de 4 bits implementado en la Tarea 4. (0.75P)

Diseño

Imitando los diseños anteriores, hemos implementado este circuito con varios CPA de 4 bits en cadena.

Implementación



Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	16+16 Ci=1	33 Co=0	Si
Suma con carry	0xffff + 0xa	9 Co=1	Si

Table 6: Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 544 y un tiempo de retraso de 133T. Hace falta notar que el TKGate crashea al intentar calcular el camino crítico.

TAREA 8

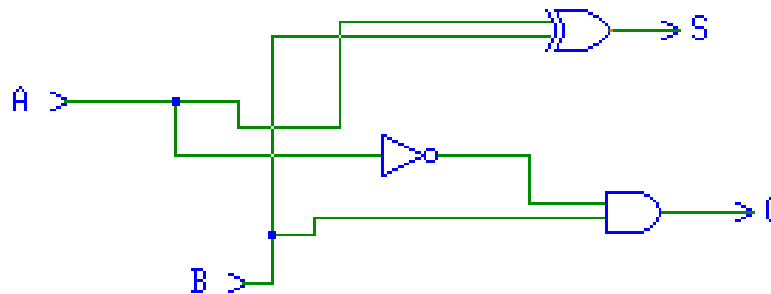
Especificación

Realizad un circuito digital restador de 16 bits e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. (0.5P)

Diseño

En binario, el resultado de la suma es igual al resultado de restar. Entonces, la única diferencia es el "carry", que pasamos a llamar borrow, que se invertirá en este circuito del Half Subtractor en referencia al Half Adder.

Implementación



Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene el área y retraso de un CPA de 16bits.

FASE 3: Sumadores CSA

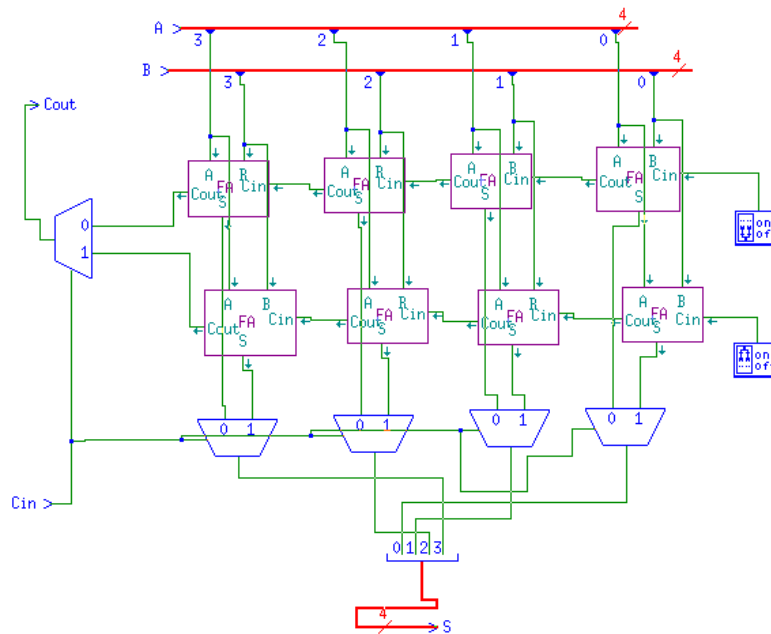
TAREA 9: Carry Select Adder

Especificación

Realizad el circuito digital sumador Carry Select Adder (CSA) de 4 bits que se muestra en la siguiente figura e indicad y formulad los tiempos de retardo y el área utilizada. Asumid el diseño de Carry Propagate Adder (CPA) de 4 bits implementado en la Tarea 4 y un retardo para el multiplexor de 3T. (0.75P)

Diseño

Se ha implementado el circuito tal como se muestra en la imagen de ejemplo.



Implementación

Juego de pruebas

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	$3+2$ $Ci=1$	6 $Co=0$	Si
Suma con carry	$7+8$ $Ci=1$	0 $Co=1$	Si

Table 7: J
uego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 312 unidades y un tiempo de retardo de 40T del Carry y 37T en la suma.

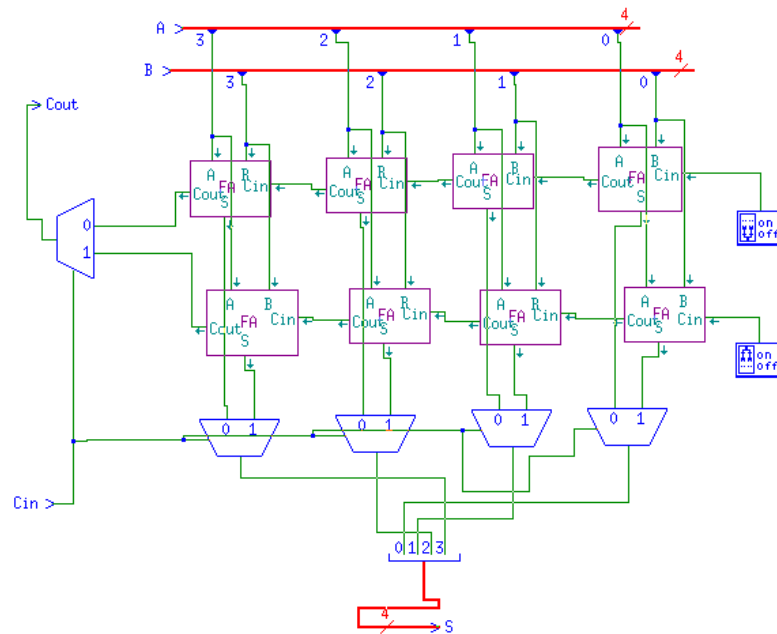
TAREA 10: CSA de 16 bits

Especificación

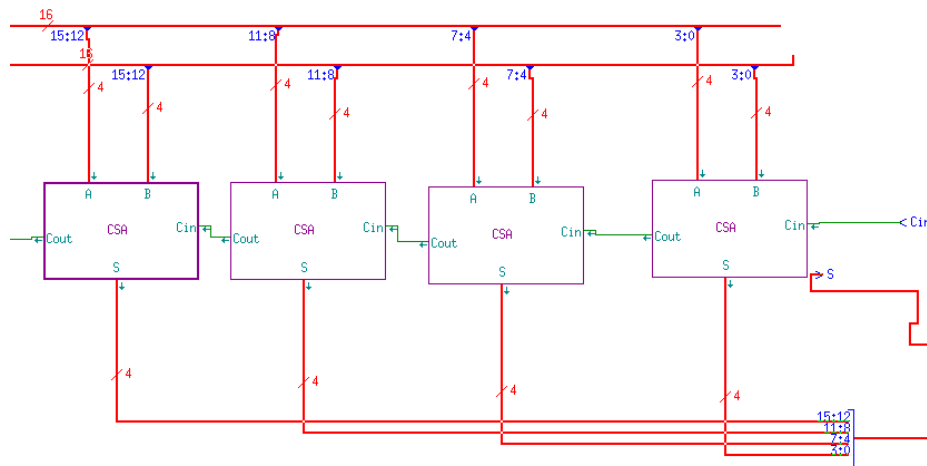
Realizad un circuito digital Carry Select Adder (CSA) de 16 bits e indicad y formulad los tiempos de retardo y el área utilizada. Utilizad para esta implementación el circuito Carry Select Adder (CSA) de 4 bits implementado en una tarea anterior. (0.75P)

Diseño

Se ha implementado el circuito tal como se muestra en la imagen de ejemplo.



Implementación



Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene una área de 1248 unidades, y un tiempo de retardo de 46T del Carry y 43T de la suma.

Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	16+16 Ci=1	33 Co=0	Si
Suma con carry	0xffff + 0xa	9 Co=1	Si

Table 8: Juego de pruebas

FASE 4: Sumadores CLA

TAREA 11: Partial Full Adder

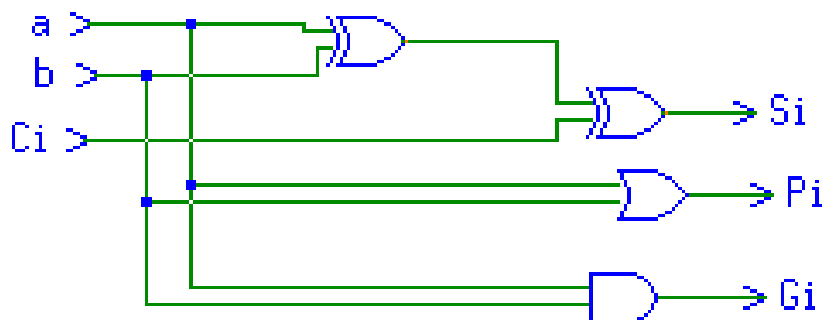
Especificación

Realizad el circuito digital Partial Full Adder (PFA) de 1 bit con acarreo de entrada que se muestra en la siguiente figura e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. Suponed que los retardos de las puertas lógicas utilizadas son de AND=4T, OR=4T y XOR=5T. (0.25P)

Diseño

Se ha seguido el diseño mostrado en la imagen de ejemplo.

Implementación



Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 28 unidades y un tiempo de retardo de 10T para la suma y 4T para la propagación y la generación.

TAREA 12: Carry Look-Ahead Adder

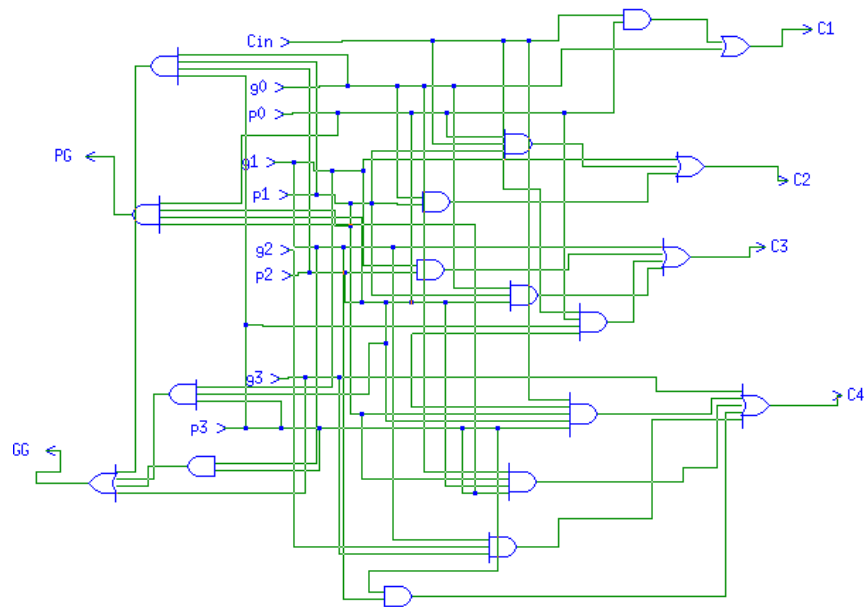
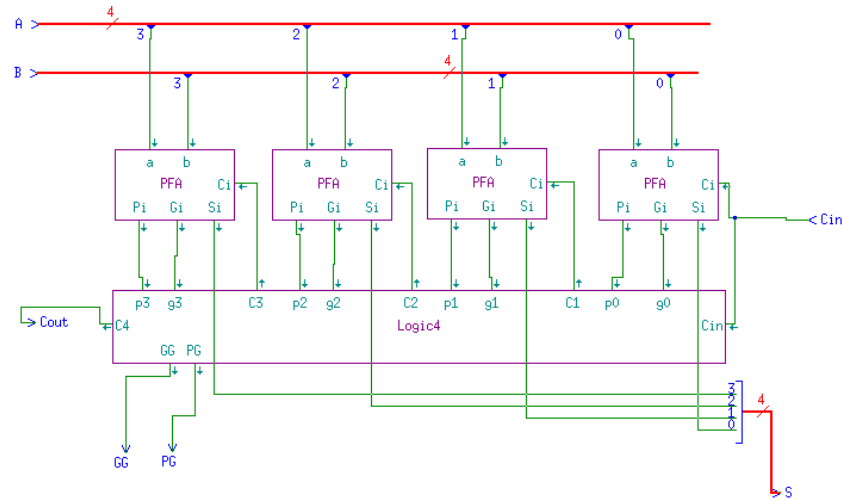
Especificación

Realizad el circuito digital Carry Look-Ahead Adder (CLA) de 4 bits que se muestra en la siguiente figura e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. Asumid el diseño de Partial Full Adder (FA) de 1 bit implementado en la tarea anterior. Suponed que los retardos de las puertas lógicas utilizadas son de AND=4T, OR=4T y XOR=5T. (0.75P)

Diseño

Se ha seguido el diseño mostrado en la imagen de ejemplo. Se ha implementado el modulo lógico a parte para la tarea 13, incorporando las señales GG y PG.

Implementación



Tipo de prueba	Operación	Resultado esperado	Funciona
Suma	3+2 Ci=1	6 Co=0	Si
Suma con carry	7+8 Ci=1	0 Co=1	Si

Table 9: Juego de pruebas

Juego de pruebas

Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 272 unidades y un tiempo de retardo de G y P de 4T, de los Carry a 8T, y 10T-5T ya que una XOR por una en paralelo, para un total de 17T.

TAREA 13: CLA de 16 bits

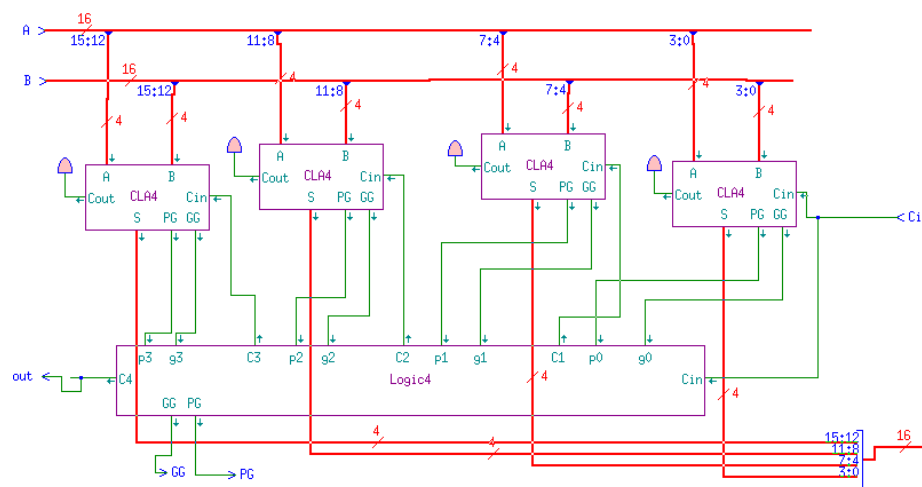
Especificación

Realizad un circuito digital Carry Look-Ahead Adder (CLA) de 16 bits mediante los CLA de 4 bits implementados en la tarea anterior y conectadlos en cascada tal y como se muestra en la siguiente figura. Indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. (0.75P)

Diseño

Se ha implementado el circuito haciendo uso del modulo de la tarea anterior, el cual utiliza los Propagate y Generate generales para calcular estas señales en el circuito entero.

Implementación



Análisis de resultados

El circuito funciona adecuadamente. Tiene un área de 1248 unidades y un tiempo de retardo de 8T para PG, 12T para PG, 30T para la suma y 25T para el carry.

TAREA 14

Especificación

Calculad los tiempos de retardo de todas las señales del circuito digital Carry Look- Ahead Adder (CLA) de 16 bits implementado en la tarea anterior. (1P)

Análisis de resultados

Las señales p y g tienen 4T, mientras que PG y PP 12T. S0 tiene 10T, y de S1..S3 17T. De C1..C3 12 T. C4 son 16T. C8,12,16 20T. C9..C11,C13..C15 tiene 25T. S4 tiene 21T. S5..S7 26T. S8, S12 25T, y S9..S11,S13..S15 30T.

TAREA 15: Comparación entre CPA, CSA y CLA

Especificación

Comparad los tiempos y áreas de los sumadores Carry Propagate Adder (CPA), Carry Save Adder (CSA) y Carry Look-Ahead Adder (CLA) de 16 bits realizados anteriormente.

Análisis de resultados

El CPA tiene el mayor tiempo de retardo, debido al problema de la propagación del carry, pero es el más eficiente en terminos de espacio. El CLA es el más rápido, pero tiene el mayor coste espacial. El CSA tiene un equilibrio entre espacio y tiempo de retardo. En una situación realista, lo más probable es que querramos tener la mayor velocidad posible, ya que el espacio no suele ser un problema, así que elegiríamos el CLA.

FASE 5: Multiplicador RCA

TAREA 16

Especificación

Realizad un circuito digital multiplicador Riple Carry Array de 2 bits e indicad los tiempos de retardo y el área utilizada. Asumid el diseño de Half Adder (HA) implementado en una tarea anterior y un retardo para las puertas AND de 4T. (0.5P)

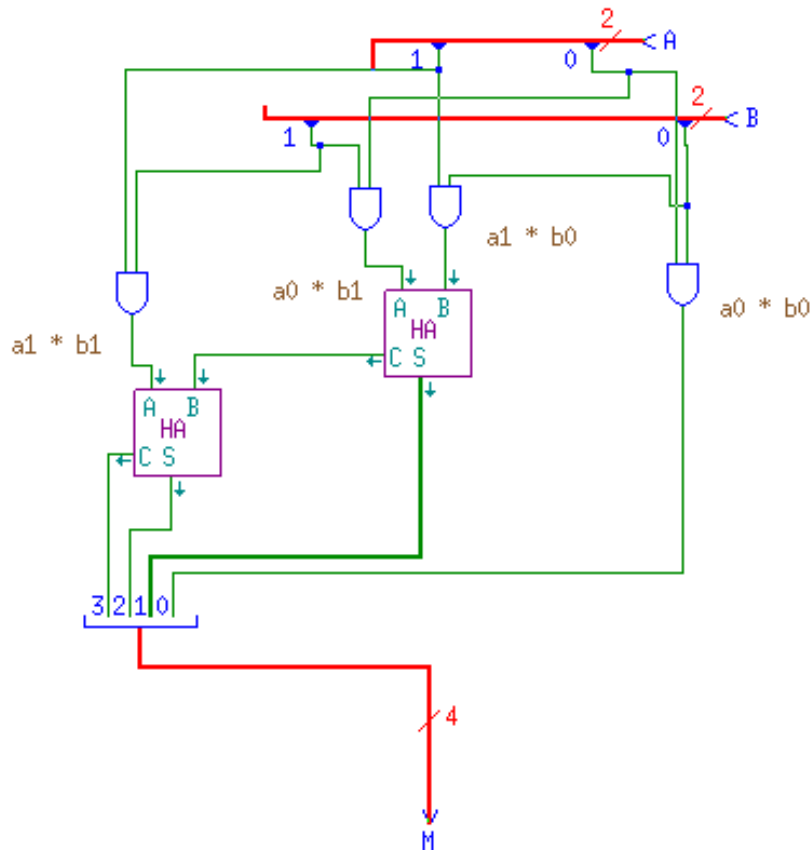
Diseño

Se ha implementado una versión reducida del circuito de 4 bits utilizando puertas AND y HA. Para esta implementación no se requieren de FA.

Implementación

Análisis de resultados

Tiene un area de 52T. El camino crítico de este multiplicador le da un retardo máximo de 13T.



TAREA 17: Ripple Carry Array

Especificación

Realizad el circuito digital multiplicador Ripple Carry Array de 4 bits que se muestra en la siguiente figura e indicad el tiempo de retardo y el área utilizada. Asumid los diseños de Half Adder (HA) y Full Adder (FA) de 1 bit implementados en las tareas anteriores. Suponed también que los retardos de las puertas lógicas utilizadas son de AND=4T, OR=4T y XOR=5T. (1P)

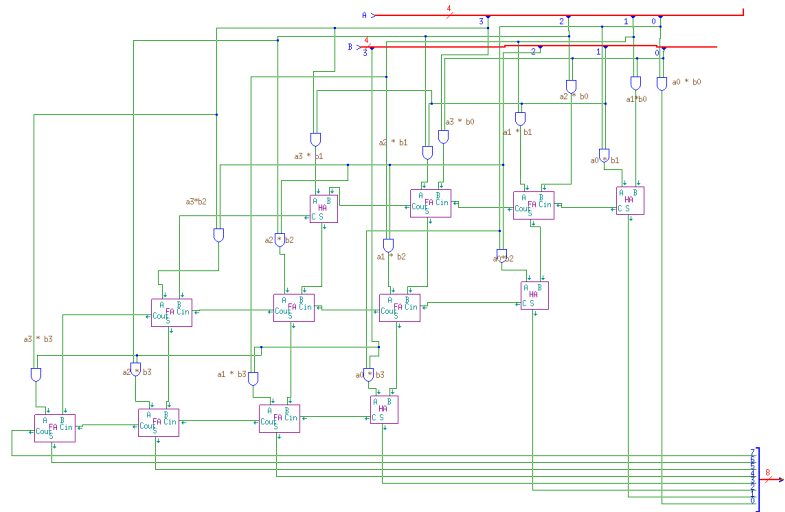
Diseño

Se han usado los HA y FA de la tarea 1. Para crear el circuito, se ha seguido el diseño de la figura.

Implementación

Juego de pruebas

Se han comprobado diferentes combinaciones de entradas X, Y (multiplicadas entre sí): 0, 1, 2, 3, 4, 10, 15 y todas dan el resultado Z esperado.



Análisis de resultados

Tiene un area de 424 y un retardo de 65T.

TAREA 18

Especificación

Calculad los tiempos de retardo de todas las señales del circuito digital multiplicador Ripple Carry Array de 4 bits implementado en la tarea anterior. (0.5P)

Análisis de resultados

