

# Análisis de Desempeño Estructura de Comunicación

Corredor Ballesteros, Diego Andrés(261465), Quintero, Willman(260593)

**Abstract**—Este documento describe el proyecto final propuesto en la asignatura de verificación de sistemas digitales, el cual consiste en el análisis de la estructura de comunicación "simple bus" incluido como ejemplo en los archivos de SystemC, el cual cuenta con una política fija que será modificada por una política de arbitraje alternativa (round robin, TDMA, dos niveles). Posteriormente se realizará un análisis del desempeño mediante el nivel de utilización del bus, el throughput de datos y la duración media de las operaciones, utilizando diferentes situaciones de tráfico.

**Index Terms**—Verificación de sistemas digitales, simple bus, políticas de arbitraje, métricas de desempeño

## I. INTRODUCTION

LOS buses de datos en arquitecturas de computadores son de gran importancia, ya que permite la comunicación entre diferentes componentes de tipo hardware, de manera rápida y eficiente, estos buses cuentan con políticas de arbitraje definidas tales como round-robin, TDMA y fijas. En este trabajo se describe de manera rigurosa el ejemplo incluido en las carpetas de systemC "simple bus", modificando su política de arbitraje fija a TDMA, posteriormente se identificarán y diseñarán diferentes situaciones de tráfico que permitan encontrar tres métricas de desempeño (nivel de utilización del bus, duración media de las operaciones, throughput de datos). Al trabajar con buses de datos es posible encontrar con diferentes términos, algunos se describen a continuación

- Maestros: son las unidades hardware de procesamiento de un sistema, que se comunican mediante el bus a diferentes esclavos, por lo general sus operaciones son de lectura y escritura, y lo realizan por medio de direccionamiento.
- Esclavos: Por lo general los esclavos son pasivos es decir no solicitan acceso a otros esclavos o maestros, solamente responde a peticiones de los maestros enviadas mediante el bus.
- Arbitro: es el que determina cuál de los maestros puede utilizar el bus para comunicarse con los esclavos, esto lo hace por medio de políticas de arbitraje definidas como Round robin, TDMA, FIFO (First Input, First Output).

## II. DESCRIPCIÓN BUS SIMPLE

1) *Componentes*: El bus simple se observa en la figura 1, el cual cuenta con tres maestros, dos esclavos y un arbitro.

Los 3 maestros, los cuales cuentan cada uno con propiedades y métodos diferentes y se describen a continuación:

- Máster blocking: Cuenta con los métodos de lectura burst read y burst write, este maestro tiene la característica principal que solo retorna cuando la comunicación se ha terminado.

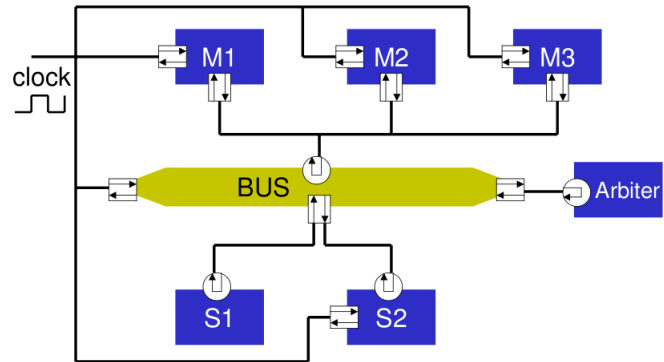


Fig. 1. Descripción gráfica del Bus simple

- Máster nonblocking: este máster utiliza los métodos de lectura y escritura read() y write() para enviar los datos a los esclavos mediante el bus, tiene como característica principal que retorna inmediatamente después de que fue aceptado el acceso al bus, es decir solo le toma un ciclo la lectura o escritura.
- Máster Direct: los métodos de lectura y escritura son direct read y direct write. Este máster se comunica instantáneamente a los esclavos, por lo general es utilizado como monitor, es muy útil para la simulación en la etapa de implementación de un sistema digital.

Este bus tiene implementado dos esclavos, los cuales corresponden a dos memorias una rápida y una lenta.

Para esta práctica se adicionará algunos maestros y esclavos con el fin de aumentar el tráfico y evaluar las métricas de desempeño y ver las diferencias entre las políticas de arbitraje fija y una alternativa (TDMA).

### A. descripción del Funcionamiento

La lectura y escritura se realiza por medio de los métodos de cada master cuando se da el flanco de subida de la señal clock donde se lleva a cabo la solicitud de acceso a los esclavos mediante el método get request(). El bus simple ejecuta cada ciclo de bajada su función principal (main action), donde corre la función get next request, para determinar cuál máster tiene prioridad dependiendo de las políticas de arbitraje. Después de esto se ejecuta el método handle request. Este método define inicialmente el estado del bus, e identifica el esclavo que será leído o escrito. Dicho esclavo se lee o escribe con la función correspondiente write o read. Si la petición ha sido terminada, se activa el evento "transfer done" con el que termina la operación de lectura o escritura. La lectura o escritura depende críticamente del tipo de maestro, si es blocking, no se liberará la petición hasta que se termine todo el proceso de escritura.

o de lectura. Sin embargo, si es un maestro nonblocking se libera la petición una vez se halla escrito una sola posición de memoria, tras la cual se enviará una nueva petición.

### B. Política de arbitraje TDMA

La política de arbitraje TDMA consiste en dar un tiempo fijo para cada máster, donde cada uno va a tener un orden de acuerdo a las necesidades requeridas, un esquema de esta política de arbitraje se observa en la figura 1

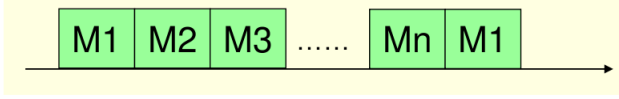


Fig. 2. Estructura de la política de arbitraje TDMA

El bus simple viene por defecto con una política de arbitraje fija, en la cual cada maestro tiene asignada una prioridad dependiendo de las necesidades.

El archivo:

`simple_bus_arbiter.cpp`

es el encargado de la política de arbitraje, por lo tanto este se modifica de tal manera que ahora sea de topología TDMA. El tiempo asignado a cada Master es de 50 ciclos de reloj

### III. MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

Las métricas de desempeño nos permiten tener una medida de la eficiencia de la comunicación en el bus, en este proyecto las métricas deseadas son: nivel de utilización del bus, Throughput de Datos, duración media de las Operaciones. Estas métricas se describen a continuación:

1) *Nivel de utilización del bus*: El nivel de utilización del bus indica la cantidad de uso que va a tener al desarrollar las tareas por las que fue implementado este nivel de utilización se indicará por medio de un porcentaje con la formula 1

$$Nivel_{util} = \frac{CU}{CU + CN} \quad (1)$$

Donde "CU" es la cantidad veces que se utilizó el bus y "CN" es la cantidad de veces que no se utilizó el bus, esto se calcula considerando un tiempo específico

2) *Throughput de Datos*: El throughput es el volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema, este se calcula para cada máster individual mediante la formula 2

$$throughput = (32 * mylength) * 1000 / Tiempo_t; \quad (2)$$

El throughput total es la suma del generado por cada maestro como se indica mediante la formula 3

$$throughput = throughput1 + throughput2 + throughput3 \quad (3)$$

3) *Duración Media de las Operaciones*: Para obtener la duración media total en el bus se calcula el tiempo que se demora tanto la lectura como la escritura en cada uno de los maestros (blocking y nonblocking), y posteriormente se promedia como se muestra indica en la formula.

$$tMasterx = tlectura + tescritura \quad (4)$$

$$duracion_{media} = \frac{tMaster1 + tMaster2 + tMaster3}{3} \quad (5)$$

Esta métrica es de gran importancia ya que permite considerar un valor aproximado de cada una de las operaciones implementadas por el máster, la cual puede servir para comparar la eficiencia con otros sistemas.

### IV. SIMULACIÓN

Para la simulación se consideran 2 tipos de master blocking y nonblocking, cada uno tiene una serie de parámetros que serán modificados con el fin de tener resultados que puedan arrojar las métricas de desempeño diversas

4) *Simulación A*: La primera simulación A cuenta con los maestros y características indicadas en la tabla I

|                      | Numero | Tiempos | prioridad |
|----------------------|--------|---------|-----------|
| Maestros blocking    | 1      | 12      | 1         |
| Maestros nonblocking | 1      | 15      | 2         |

Tabla I  
CARACTERÍSTICAS DE TRAFICO

Los Resultados para la simulación B se registran en la Tabla II

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Nivel Utilizacion del Bus | 70.5%                   |
| Duracion Media            | 1.26168e+06 ns          |
| Throughput de Datos       | 42.3343 Palabras /ciclo |

Tabla II  
MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

5) *Simulación B*: La simulación simulación cuenta con los maestros y características indicadas en la tabla II

|                      | Numero | Tiempos | prioridad |
|----------------------|--------|---------|-----------|
| Maestros blocking    | 2      | 10-12   | 1-3       |
| Maestros nonblocking | 1      | 14      | 2         |

Tabla III  
CARACTERÍSTICAS DE TRAFICO

Los Resultados para la simulación B se registran en la Tabla III

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Nivel Utilizacion del Bus | 94.41%                  |
| Duracion Media            | 870902 ns               |
| Throughput de Datos       | 43.4972 Palabras /ciclo |

Tabla IV  
MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

|                      | Numero | Tiempos | prioridad |
|----------------------|--------|---------|-----------|
| Maestros blocking    | 2      | 10-12   | 1-3       |
| Maestros nonblocking | 2      | 14-18   | 2-4       |

Tabla V  
CARACTERÍSTICAS DE TRAFICO

6) *Simulación C*: La simulación cuenta con los los maestros y caracterísiticas indicada en la tabla V

Los Resultados para la simulación 3 se registran en la Tabla VI

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Nivel Utilizacion del Bus | 97.71%                  |
| Duración Media            | 1.28223e+06 ns          |
| Throughput de Datos       | 39.4972 Palabras /ciclo |

Tabla VI  
MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

#### A. Comparación de resultados

Para comparar las dos políticas de arbitraje se implementara 3 diferentes posibilidades de trafico, las cuales se muestran en la tabla 4

| Simulación 1 |          |             |
|--------------|----------|-------------|
| Master       | Blocking | nonBlocking |
| Num.         | 2        | 2           |
| Time out     | 10-12    | 14-18       |
| Prioridad    | 1-3      | 2-4         |
| Simulación 2 |          |             |
| Master       | Blocking | nonBlocking |
| Num.         | 2        | 1           |
| Time out     | 10-12    | 14          |
| Prioridad    | 1-3      | 2           |
| Simulación 3 |          |             |
| Master       | Blocking | nonBlocking |
| Num.         | 1        | 1           |
| Time out     | 12       | 15          |
| Prioridad    | 1        | 2           |

Tabla VII  
TRES OPCIONES DIFERENTES DE TRAFICO

En la siguientes tres tablas se encuentran los resultados de las métricas de desempeño para las tres posibilidades de trafico.

| Simulación 1         |         |           |
|----------------------|---------|-----------|
| P. Arbitraje         | Fija    | TDMA      |
| Throughput           | 39.4972 | 39.49     |
| Nivel de Utilización | 97.71 % | 97.71%    |
| Duración Media       | 657218  | 1.28223e6 |

Tabla VIII  
RESULTADOS SIMULACIÓN 1 ARBITRAJE FIJO Vs TDMA

#### V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base a los resultados obtenidos anteriormente

Cuando se aumenta la cantidad de maestros en el bus, el Throughput individual disminuye, debido a que en el mismo tiempo se transmiten menos datos, pero el Throughput total

| Simulación 2         |        |         |
|----------------------|--------|---------|
| P. Arbitraje         | Fija   | TDMA    |
| Throughput           | 37.952 | 43.4972 |
| Nivel de Utilización | 94.34  | 94.41   |
| Duración Media       | 454782 | 870902  |

Tabla IX  
RESULTADOS SIMULACIÓN 2 ARBITRAJE FIJO Vs TDMA

| Simulación 3         |           |               |
|----------------------|-----------|---------------|
| P. Arbitraje         | Fija      | TDMA          |
| Throughput           | 37.5899   | 42.33         |
| Nivel de Utilización | 70.52%    | 70.52%        |
| Duración Media       | 635511 ns | 1.26168e+6 ns |

Tabla X  
RESULTADOS SIMULACIÓN 3 ARBITRAJE FIJO Vs TDMA

casi no cambia, ya que es la suma de todos los Throughput individuales.

La utilización del bus aumenta de forma significativa, cuando se adicionan maestros al bus, debido a que la cantidad de solicitudes se incrementan, lo que genera mas trafico de datos en el bus.

Una diferencia notable entre las políticas de arbitraje fijas y TDMA, que se observa en la simulación es la duración de las operaciones, la cual es mayor para la política de arbitraje TDMA debido a que una operación es atendida hasta el momento que le toque al maestro su turno.

#### VI. CONCLUSIONES

- El uso de las herramienta SystemC para el desarrollo de diferentes sistemas es bastante útil ya que permite verificar de manera rápida y eficiente, gracias a las librerías de C con las que cuenta.
- La simulación de las métricas de desempeño permiten conocer la eficiencia del sistema ante posibles valores de entrada, de manera rápida y eficaz.
- La política de arbitraje Tdma permite que todos los maestros sean atendidos, dependiendo de el tiempo asignado a cada uno, mientras que en la política de arbitraje Fija existen máster que casi no se le permite acceso al bus.
- La cantidad de uso del bus aumenta con la adición de máster, mientras que el Throughput permanece casi invariante.

#### REFERENCES

- [1] Thorsten Grotker, system Design with systemC,2002.
- [2] David C. Black, SystemC : From The Ground Up,2004.
- [3] Ric Hilderink, Thorsten Grötter,Transaction-level modeling of bus-based systems with SystemC 2.0