
MIPI DSI 브릿지 IC의 Escape/BTA 모드 구현

김경훈* · 서창수* · 신경욱*

*금오공과대학교

An implementation of Escape and BTA modes for MIPI DSI bridge IC

Gyeong-hun Kim* · Chang-sue Seo* · Kyung-wook Shin*

*Kumoh National Institute of Technology

E-mail: kgh@kumoh.ac.kr

요 약

본 논문에서는 MIPI(Mobile Industry Processor Interface) DSI(Display Serial Interface) 규격을 지원하는 마스터 브릿지 IC의 Escape 모드와 BTA(Bus Turn Around) 모드를 구현하였다. MIPI DSI 마스터 브릿지 IC는 RGB 데이터 및 각종 제어 명령어를 디스플레이 모듈(슬레이브)로 전송하여 디스플레이 모듈을 시험하는 용도로 사용된다. 슬레이브로 저속 명령어 전송을 위한 저전력 패킷전송(LPDT), 초저전력상태(ULPS) 전송, 트리거 메시지 전송을 위한 Escape 모드를 구현하였다. 또한 BTA 모드를 통해 슬레이브로부터 데이터를 수신하여 디스플레이 모듈의 정보를 얻는 버스 방향전환 동작을 구현하였다. 설계된 Escape 및 BTA 기능이 MIPI DSI 규격에서 정의되는 다양한 조건들에 대해 올바르게 동작함을 기능검증을 통해 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, Escape and BTA(Bus Turn Around) modes of master bridge IC are implemented, which supports MIPI(Mobile Industry Processor Interface) DSI(Display Serial Interface) standard. MIPI DSI master bridge IC sends RGB data and various commands to display module(slave) in order to test it. The Escape mode is designed to implement LPDT, ULPS and trigger message transmissions. The BTA mode is designed to obtain various status information from slave in reverse direction. Functional simulation results show that the designed Escape and BTA modes work correctly for various conditions defined in MIPI DSI standard.

키워드

MIPI, DSI, 디스플레이, BTA

1. 서 론

MIPI는 모바일 기기의 프로세서와 주변장치간의 인터페이스 최적화 및 호환성 향상을 위해 250여개 이상의 업체가 설립한 단체이며, 개방형 인터페이스 표준이다.[1] 모바일 디바이스 중 대표적인 기기인 스마트 폰은 자동차, 가전기기, 웨어러블 디바이스 등 다양한 제품들과 연동하여 생활에 많은 편리함을 가져다줄 수 있다. 모바일 기기의 여러 가지 주변장치 중 디스플레이는 면적이거나 비용 면에서 큰 비중을 차지하고 있으며 사용자들 또한 제품을 구입하는데 있어 매우 중요하게 생각하는 요소 중 하나이다. 고해상도 디

스플레이를 구동하기 위해서는 고속 데이터 전송이 가능한 인터페이스를 요구하며 DSI는 고속 직렬 인터페이스 기술들 중 하나이다. MIPI는 기존에 병렬 인터페이스를 가지는 DPI(Display Pixel Interface), DBI(Display Bus Interface)의 구조적 한계를 넘기 위해 2005년 후로 DSI를 발표하고 현재까지 지속적으로 버전 업데이트를 하고 있다.

본 논문에서는 DSI 기능 중 Escape 모드 및 BTA 모드를 구현하였다. Escape 모드는 디스플레이 모듈의 레지스터를 설정하거나 동작을 제어한다. BTA 모드는 MIPI 마스터에서 슬레이브로 전송된 패킷의 무결성 여부를 확인하거나 슬레이브의 레지스터의 값을 확인하는 목적이 있다.

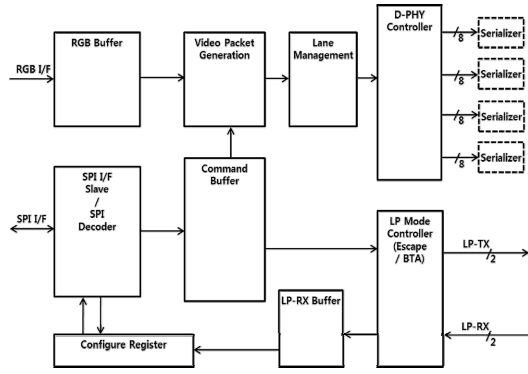


그림 1. DSI 브릿지 IC의 블록도 (디지털 파트)
Fig. 1. Block diagram of DSI bridge IC (Digital part)

II. DSI 브릿지 IC의 구조

DSI 브릿지 IC의 외부 인터페이스는 RGB, SPI를 지원한다. RGB I/F의 픽셀 클럭과 DSI 계층에서 적용되는 바이트 클럭이 다르기 때문에 이를 완충시켜 안정적으로 데이터를 입·출력하기 위한 버퍼가 있으며, SPI I/F로 입력되는 데이터 또한 같은 이유로 또 다른 버퍼를 사용한다. SPI I/F slave는 주로 AP(Application Processor)로부터 데이터를 수신하고 해석하여 내부 레지스터를 설정하여 동작을 제어하거나 command 패킷을 생성한다. 또한 AP에 의한 read 요청 시에는 AP로 데이터를 전송하기도 한다. 비디오 패킷 생성, 레인 관리, D-PHY 컨트롤 모듈은 비디오 패킷을 HS(High-Speed) 모드에서 전송하기 위한 모듈이다. 본 논문의 주제인 Escape 및 BTA 모드는 LP(Low Power) 모드 컨트롤 모듈에서 제어하며, LP-RX 버퍼와 관련 모듈은 Escape 및 BTA 모드 운용에 포함되는 모듈이다.

III. Escape 및 BTA 모드

AP에서 슬레이브로 전송되는 command 패킷은 HS 모드 또는 LP 모드를 선택적으로 설정하

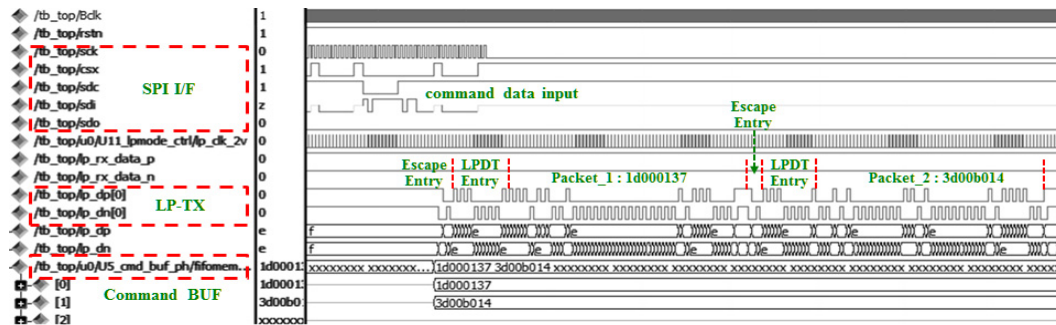


그림 2. Escape 모드의 LPDT 동작에 대한 기능검증 결과
Fig. 2 Functional simulation results for LPDT operation in Escape mode

표 1. MIPI Escape 모드의 진입 코드
Table 1. Entry codes of MIPI Escape mode

| Escape Mode Action | Command Type | Entry Command Pattern |
|------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Low-Power Data Transmission | mode | 11100001 |
| Ultra-Low Power State | mode | 00011110 |
| Reset-Trigger [Remote Application] | trigger | 01100010 |
| Tearing Effect | trigger | 01011101 |
| Acknowledge | trigger | 00100001 |

여 전송될 수 있다. LP 모드에서 command 패킷을 전송하기 위해서는 먼저 Escape 모드로 진입해야 한다. Escape 모드로 진입되면, spaced-one-hot 코드가 적용된 상태의 LPDT(Low Power Data Transmission) 명령어 패턴을 전송한 이후에 command 패킷을 전송한다.[2] Escape 모드는 LPDT 기능을 비롯한 ULPS, trigger 기능들이 있다. Escape 모드에 포함된 기능의 종류와 진입 명령어 패턴은 표 1과 같다.

SPI I/F를 통해 데이터가 입력되고 적어도 하나의 command 패킷이 버퍼에 저장되면 LP 모드 컨트롤러는 이를 감지하게 되고 LP 모드로 전송할 수 있는 타이밍 조건에서 LPDT를 수행한다. 브릿지 IC의 상태가 비디오 모드에서 동작되고 있다면 frame에 대한 대부분의 시간은 비디오 패킷이 HS 모드에서 전송되며 command 패킷을 전송시킬 수 있는 시간은 오직 BLLP(Blanking or Low Power interval) 기간에서만 가능하다.[3] 이러한 이유로 LP 모드 컨트롤러 및 비디오 생성 모듈은 서로 필요한 신호들을 주고받아 전체 시스템이 안정적으로 동작하도록 설계된다.

BTA 모드를 통해 MIPI 슬레이브로부터 수신되는 데이터는 BTA가 수행되기 전 전송된 패킷의 종류에 따라 달라지며 수신된 데이터는 LP 모드 컨트롤러에서 해석된다. 또한 LP-RX time-out 기능을 가짐으로써 오동작이 되었을 때 초기상태로 복귀하여 지속적인 시스템 구동이 가능하다.

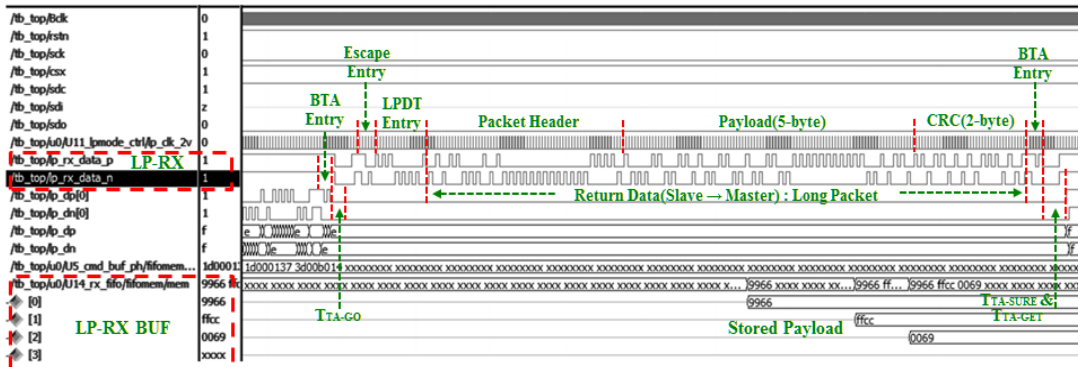


그림 3. BTA 모드의 LP-RX 동작에 대한 기능검증 결과

Fig. 3 Functional simulation results for LP-RX operation in BTA mode

IV. 시뮬레이션 검증 결과

[그림 2]는 Escape 모드의 여러 가지 기능 중 LPDT 모드의 동작에 대한 시뮬레이션 결과이다. BTA 검증을 위해 read 패킷을 전송하도록 입력 데이터를 주었으며 이에 대한 LP-RX의 오버플로우 방지를 위해 MRSP(Maximum Return Size Packet)를 자동으로 생성하여 command 버퍼에 먼저 저장시킨 후 read 패킷을 저장한다. LP 모드 컨트롤러는 전송시킬 패킷이 저장되어 있음을 인지하고 Escape 모드의 LPDT 모드에 진입 한 후, 먼저 저장된 MRSP부터 전송한다.

[그림 3]은 앞서 전송된 read 패킷에 이어 자동으로 BTA 모드로 진입한 후 MIPI 슬레이브로부터 데이터가 수신되는 동작에 대한 시뮬레이션 결과이다. LP-RX로 수신되는 데이터는 시뮬레이션 결과와 같이 read 패킷에 의한 payload 값을 지닌 패킷이 될 수 있으며 특정 상태를 가리키는 trigger 신호가 될 수도 있다. payload가 저장된 LP-RX 버퍼의 데이터들은 AP의 read 요청이 발생했을 때 먼저 저장된 하위 바이트 데이터부터 전송한다.

V. 결 론

MIPI DSI 규격에 명시된 조건들을 만족하도록 DSI 브릿지 IC의 디지털 블록을 설계하였다. FPGA 디바이스(XC6VLX75T)에서 200MHz 이상의 동작조건으로 합성한 후, 타이밍 시뮬레이션 결과를 통해 동작을 확인하였다. MIPI DBI 2.0의 Type-C 인터페이스 옵션 1/2/3[4]을 지원하는 SPI I/F slave를 적용하여 옵션에 따라 정상으로 해석하는 디코더 모듈을 설계함으로써 다양한 인터페이스 환경에서도 Escape 모드 및 BTA 모드를 운용할 수 있는 장점이 있다.

감사의 글

※ 반도체설계교육센터(IDECE)의 CAD Tool 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] <http://www.mipi.org>
- [2] MIPI alliance, *MIPI alliance specification for D-PHY, version 1.1, 2011*
- [3] MIPI alliance, *MIPI alliance specification for display serial interface, version 1.1, 2011*
- [4] MIPI alliance, *MIPI alliance specification for display bus interface, version 2.0, 2005*