

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.6.251>

IIBC 2015-6-35

단일 입력 직렬 통신을 이용한 퓨즈 제어 회로 설계 및 구현

Implementation and design of fuse controller using single wire serial communication

박상봉*, 허정화**

Sang-bong Park*, Jeong-hwa Heo**

요 약 본 논문은 IoT 응용분야에서 주변 사물에 대한 보정 값이나 최적 값을 저장하는 퓨즈 제어 회로를 제안하였고, 단일 핀을 사용한 직렬 통신 회로를 구현하였다. 2개 이상의 핀을 사용하는 기존 직렬 방식인 SPI와 I²C 방식보다 단일 핀을 사용하여 간단한 하드웨어로 구현함으로써 비교적 전송 데이터가 적은 응용 분야에서 효율적으로 사용이 가능하다. 제안된 통신 프로토콜과 퓨즈 제어 회로는 논리 회로 시뮬레이션과 FPGA를 이용하여 동작을 검증하고, CMOS 공정을 이용하여 칩으로 설계하였다. 저전력과 하드웨어가 간단하고 저속의 데이터 전송용 모바일 IoT 제품에 활용이 예상된다.

Abstract In this paper, we propose a fuse controller which is used for storing the optimal value or the correction value for the surrounding product of the IoT applications and it is implemented serial communication circuit using a single pin. Because of the proposed single pin protocol is simpler in the hardware than the conventional I²C and SPI using two or more pins, it is suitable for the area of small amount of data transmission. The function of the one pin protocol is verified by logic simulation and the FPGA test board and it is fabricated using CMOS 0.35um technology. It is expected to use the IoT product that require the low power consumption and simple hardware.

Key Words : Fuse controller, serial communication, SPI, I²C

1. 서 론

2009년까지 사물 인터넷 (IoT) 기술을 사용하는 사물의 개수는 9억 개였으나 2020년까지 이 수가 260억 개에 이를 것으로 예상된다. [1] IoT 기반의 글로벌 스마트 홈 시장 규모가 2015년 49조원에서 2019년 114조원으로 늘 것으로 전망했다. [2] 이러한 IoT(Internet of Things) 기술을 사용하는 사물의 다양한 증가로 보다 간단한 하드웨어와 적은 데이터를 효율적으로 전송할 수 있는 기술

이 중요시되고 있다. 대부분 현재 산업 응용 분야에서 사용되고 있는 직렬 통신 방식은 SPI(Synchronous Peripheral Interface)와 I²C(Inter-Integrated Circuit)이 널리 사용된다. SPI 방식은 호스트와 주변 장치 사이에 고속으로 데이터 전송과 수신을 동시에 할 수 있는 장점이 있지만, 최대 4개까지의 입력/출력 핀이 필요하므로, 하드웨어 복잡도가 증가한다. I²C 방식은 클록과 데이터 개방 드레인 핀 2개를 사용하므로, SPI보다 하드웨어가 간단하지만, 데이터 읽기/쓰기가 서로 다른 사이클

*정희원, 세명대학교 정보통신학부(교신저자)

**정희원, 세명대학교 정보통신학부

접수일자: 2015년 10월 1일, 수정완료: 2015년 11월 1일

게재확정일자: 2015년 12월 11일

Received: 1 October, 2015 / Revised: 1 November, 2015 /

Accepted: 11 December, 2015

*Corresponding Author: psbcom@semyung.ac.kr

Dept. Information&Communication, Semyung University, Korea

에서 진행되므로, 데이터 처리량이 적다.^[3] 스마트폰 디스플레이 백라이트에 대한 디밍 변수나 사물의 아날로그 최적 변수 값 등의 적은 데이터 량과 저속의 직렬 데이터 송·수신을 1°C 보다 간단한 하드웨어로 구현할 수 있는 단일 핀 직렬 통신 프로토콜 수요가 증가될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 단일 핀으로 적은 양의 데이터를 송신할 수 있는 프로토콜을 제안하고, 구현하였다. 2장에서는 제안된 단일 핀 직렬 통신 프로토콜을 설명하고, 3장에서는 수신된 데이터를 이용하여, 마이크로폰 칩 설계에 응용한 내용이다. 4장에서는 FPGA 보드와 Hynix 0.35um CMOS 공정을 이용한 구현 및 테스트 결과를 보여주고, 5장에서 향후 활용 방안에 대한 결론을 보여 주었다.

II. 제안된 단일 핀 직렬 통신 방식

본 논문에서는 펄스 카운트 기술을 이용한 단일 핀을 사용하는 직렬 통신 프로토콜을 제안한다. 1개의 핀을 사용하므로, 클록과 시간에 대한 기준 정보를 사용하지 않는다. 디지털 값 0 과 1은 한 핀으로 전송되는 0의 구간에 따라서 결정된다. 그림 1은 제안된 단일 핀을 사용한 직렬 통신 방식의 타이밍도이다. 클록은 송신부와 수신부 각각에서 생성된 것을 이용하고, 전송 시에는 직렬 데이터인 serial_data 값만 전송된다. 데이터 전송을 알려주는 시작 패턴은 특이한 형태로 구성하여, 데이터 전송에서는 발생되지 않는 시스템 클록 30사이클 이상 1의 값을 유지한다. 수신부의 시스템 클록을 사용하는 내부 카운터에서 1인 구간의 시간을 측정하여, 30클록 이상이면 전송 시작점을 감지한다. 전송되는 데이터 값은 만약 디지털 값 1 인 경우, 0의 구간을 시스템 클록 4개 이상의 시간을 유지한다. 디지털 값 0인 경우, 0의 구간을 시스템 클록 12 개 이상의 시간을 유지한다. 각각의 비트 데이터 사이에는 분리 패턴을 전송하여 비트 데이터를 구분한다.

분리 패턴은 1의 구간을 시스템 클록 2개 이상의 시간을 유지한다. 데이터 전송 완료 시점을 나타내는 종료 패턴은 시스템 클록 20개 이상의 1인 구간으로 설정한다.

III. 단일 핀 직렬 통신 응용

스마트 폰에 사용되는 마이크로폰 칩의 아날로그 회로는 사용하는 주변 환경에 따라, 최적의 감도 값을 구하여, 설정해야 한다. 각각의 칩에 대해서, 최적의 감도 값을 찾아서, 칩 내부의 OTP(One Time Programmable)에 프로그래밍하고 활용한다. 이러한 마이크로폰 칩은 핀 수의 제한이 있으므로, 본 논문에서 제안된 단일 핀 직렬 통신 방식을 사용하여 OTP 명령어와 감도 데이터를 전송하였다. 수신된 최적의 감도 값과 내부 OTP 회로 제어 명령어로, OTP 에 쓰기와 읽기를 수행하는 제어 회로를 구현하였다. 그림 2는 마이크로폰 칩 응용 시스템 블록도이다. IN 단일 핀을 통하여 그림 1의 데이터 형식의 프로토콜로 2 비트의 OTP 명령어와 8비트의 최적 감도 값을 전송한다.

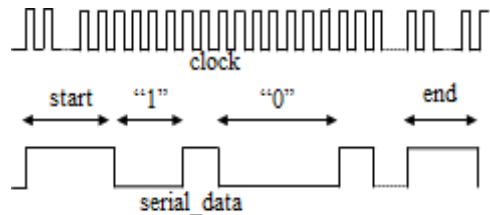


그림 1. 제안된 단일 핀 직렬 통신 데이터 형식
Fig. 1. Data format of the proposed single wire pin

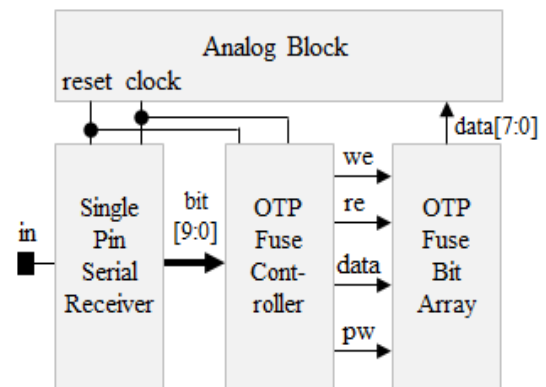


그림 2. 단일 핀 직렬 통신 응용 시스템 블록도
Fig. 2. Application block diagram of single wire pin

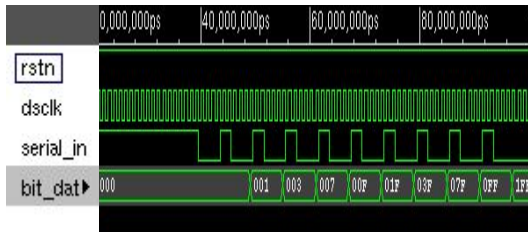


그림 3. 단일 핀 직렬 통신 논리 시뮬레이션 결과
 Fig. 3. Simulation result of single wire pin receiver

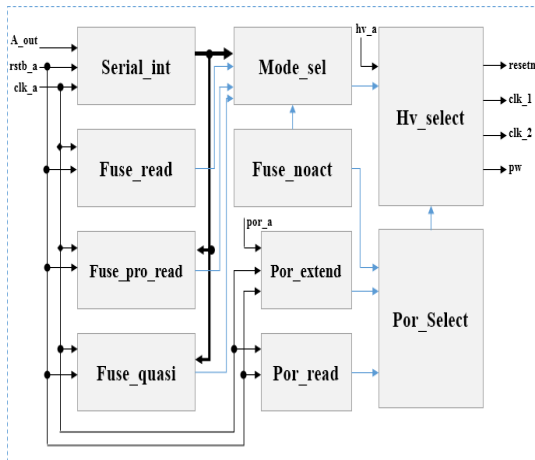


그림 4. 단일 핀을 이용한 퓨즈 제어회로
 Fig. 4. Fuse Controller using single wire pin

OTP 명령어는 실제 메모리에 데이터를 쓰는 프로그램 모드와 가상의 저장장치에 감도 값을 쓰는 프리-프로그램 모드를 각각 10, 01로 구분하여 전송한다. 데이터 비트 8비트는 LSB부터 순차적으로 직렬 전송한다. 수신된 10비트에서 명령어 2비트와 데이터 8 비트를 각각 저장한다. 명령어에 따르는 OTP 제어 신호를 발생하여, OTP 메모리를 구동한다. 본 논문에서는 OTP로 8비트 퓨즈 어레이를 사용하였다. 그림 3은 제안된 단일 핀으로 10비트의 데이터 1ff(01_1111_1111) 직렬 전송 신호와 수신 단에서 받은 10비트 데이터 레지스터 값의 논리 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 수신 단 bit_data[9:0] 값이 1ff(01_1111_1111)로 수신된 정상 동작을 확인하였다. 수신된 명령어 모드가 프로그램 모드이면, OTP에 수신된 8비트 데이터에 따라서 8개의 퓨즈를 직렬로 프로그래밍하는 제어 신호를 발생한다. 수신된 명령어 모드가 유사 프로그램 모드이면, OTP의 퓨즈 값을 프로그램 하는 대신 읽은 데이터 값을 저장하는 레지에 수신된 8비트 데이

터를 저장한다. 단일 핀을 통하여, 8개의 퓨즈에 원하는 값을 프로그램하면, 8개의 퓨즈에 대해서 데이터가 영구히 쓰여지게 된다. 일반 동작에서 응용 마이크론 칩은 전원이 인가되는 경우 POR(Power On Reset) 신호에 의해서 자동으로 퓨즈의 값을 읽어서, 최적의 감도 값을 아날로그 블록에 제공한다. 그림 4는 OTP로 x-fab 8비트 퓨즈를 사용한 단일 핀 직렬 송수신과 퓨즈 메모리 제어 회로 블록도이다. serial_int 블록은 입력되는 단일 핀 데이터로부터 모드와 8비트 퓨즈 데이터를 8비트 병렬 레지스터에 저장한다. 프로그램 모드인 경우에는 fuse_program_read 블록에서 x_fab 퓨즈 메모리의 resetn, ck1, ck2와 pw 신호를 생성한다. 유사 프로그램 모드인 경우에는 fuse_quasi 블록에서 퓨즈 정보를 저장하는 8비트 래치에 입력된 데이터를 바로 저장한다. fuse_read 블록은 프로그램 모드와 유사 프로그램 모드의 데이터를 읽는 신호를 생성한다. mode_select는 각각의 블록에서 생성된 퓨즈 메모리 제어 신호에 대해서 모드에 따라서 선택하는 블록이다. por_read 블록은 프로그램 모드와 유사 프로그램 모드 이후에 전원이 인가된 정상 모드에서, 퓨즈 데이터를 읽어서 아날로그 블록으로 최적의 감도 값을 제공하는 기능을 수행한다.

IV. 시뮬레이션 검증 및 테스트 결과

하드웨어 설계 언어인 Verilog HDL을 사용하여 제안된 패턴 잡음 개선 디지털 회로를 구현하고, 각 모듈에 대한 시뮬레이션을 Cadence의 Verilog 논리 시뮬레이터를 이용하여 검증하였다. 구현된 잡음 개선 회로는 FPGA 보드와 광센서가 부착된 마우스를 사용하여 개선 내용을 확인하였다. Synopsys의 Design Compiler를 사용하여 합성 및 검증 후 칩으로 제작하였다. 제작된 칩은 하이닉스 0.35 μ m 표준 CMOS 공정을 사용하여 구현하였고, 칩 사이즈는 1,713게이트로 약 90,651 μ m² 광으로 최적화되어 하드웨어가 간단한 사물 인터넷 활용에 적합하다. 제안된 단일 핀에 대한 데이터 송수신에 대한 검증은 FPGA를 사용하여 수신된 데이터를 LED 점등으로 확인하였다. 단일 핀을 이용하여 데이터를 전송 및 수신하는 단일 핀 직렬 통신 송수신단과 수신단을 별도의 FPGA를 사용하여 구현하였다. 송수신단과 수신

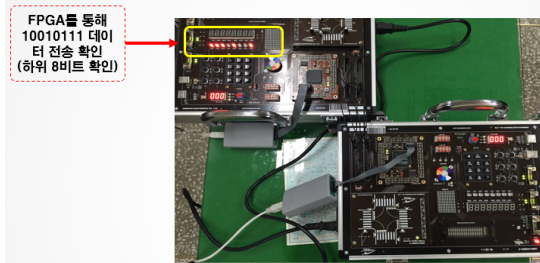


그림 5. FPGA로 검증한 단일 핀을 이용하여 11101001 수신 후 LED 상태

Fig. 5. The LED status after 11101001 data reception using FPGA

단에서 각각의 내부 시스템 클록을 사용하여 데이터의 기능을 검증하였다. 10비트의 데이터 값 0 과 1을 전송하고, 수신단에서 수신 데이터 값을 확인하여, 각각 FPGA의 LED 점등과 점멸 값으로 매칭 하여, 각각의 데이터 비트 송수신 결과를 LED 상태로 확인하였다.

그림 5는 FPGA 실험 결과이며, 출력된 LED 는 데이터 값이 모드 비트 2비트를 제외한 실제 데이터의 8비트 값이 LDB부터 출력된 결과를 확인하였다. FPGA를 이용한 검증 결과 모든 10비트 데이터 패턴에 대해서 제안된 단일 핀 직렬 통신 프로토콜이 정상 송수신됨을 확인하였다.

V. 결론

최근 IoT 분야에서 센서 정보를 주고 받는 직렬 통신 방식이 널리 사용된다. 기존의 SPI 와 I2C 직렬 통신 방식은 클록과 데이터 2개의 핀을 사용하여 비교적 빠른 속도로 데이터를 전송하는 방식이다. 사용되는 사물들이 점차 소형화되고, 데이터 전송 정보의 양이 적어지면서 전송 속도보다는 하드웨어의 단순화가 중요한 설계요소가 되는 응용분야가 늘어나고 있다.

본 논문에서는 단일 핀을 사용하여, 데이터를 직렬로 송·수신하는 회로를 설계하고 FPGA로 구현하였다. Hynix 0.35um CMOS 표준 공정을 이용하여 합성한 결과, 1,713게이트(90,651um²) 로 설계하였다. 간단한 하드웨어 구성으로 제안된 단일 핀 직렬 통신 프로토콜은 적

은 양의 데이터를 저속으로 통신하는 IoT 제품에 널리 사용될 것으로 기대한다.

References

- [1] E. M. Kim, S. H. Kim, D. K. Cho, "The Design of Fuse in High Efficient Inverter Control System using Ceramic Radiant Heat and Metal Film Laminated Plating", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 63, No 11, pp. 1538-144, Nov. 2014.
- [2] Y. J. Jin, H. W. Lee, Y. S. Hwang, "Optimum Design of High Voltage Fuse Holder with a Built-in Acoustic Absorber System ", Journal of the Korean Society of Safety, v.26, no.1, pp.8-14, 2011.
- [3] G. J. Ban, Y. J. Won, S. H. Lim, "Design of Cap Inspection Algorithm of Fuse Cap", Journal of the institute of electronics engineers of Korea, v.47 no.4, pp22-33, 2010.
- [4] C. H. Shin, O. K. Kwon, "Design of Novel OTP Unit Bit and ROM Using Standard CMOS Gate Oxide Antifus", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, v.46 no.5, pp.9-14, 2009.
- [5] H. B. He, "Design of the Key Part of the Large Current Fuse Tester for Vehicles", Measurement & control technology, vol. 32, no. 9, pp.127-130, 2013.
- [6] K. H. Um, "Design of Semiconductor-Operated Bidirectional Transformers Driven by Polarities of Alternating Voltage Sources", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 15, No 1, pp. 253-259, Feb. 2015.

저자 소개

박 상 봉(정회원)



- 1992년 2월 : 고려대 전자공학과 공학 박사
- 1992년 3월 ~ 1992년 2월 : 삼성전자 선임 연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 부교수
- 2000년 7월 ~ 현재 : @lab(주) Digital 설계팀 기술고문

<관심분야 : RFID/USN 기술, ASIC 설계, 광센서, 멀티터치>

허 정 화(정회원)



- 2009년 2월 : 세명대학교 전산정보학과 이학 박사
 - 2003년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 시간강사
- <관심분야 : ASIC 설계, 신호처리, ADC/ DAC, Multi- Touch>

※ 이 논문은 2014학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임