

주파수 분석과 다양한 함수 발생 기능을 갖는 저비용의 휴대용 오실로스코프의 구현

권용재, 김준형, 조찬익, 박상윤
명지대학교 전자공학과

Implementation of Low-cost Portable Oscilloscope with Frequency Analysis and Multi-function Generation

Yong Jae Kwon, Jun Hyoun Kim, Chan Ik Cho, and Sang Yoon Park

Department of Electronic Engineering, Myongji University

yjkwon8259@gmail.com, vigjun@gmail.com, zxvc8166@gmail.com, sypark@mju.ac.kr

요 약

오픈소스 하드웨어와 3D 프린팅 기술의 발달로 인해 사용자가 제품의 프로토타입을 직접 제작하고 사업화하는 DIY (Do It Yourself) 시장의 규모가 점차 커지고 있다. 오실로스코프는 반도체나 전자 부품을 설계 및 제조, 검증하는 데 있어 필수적인 장비이지만, 가격이 저렴하지 않고 휴대하기 불편해 DIY 제품 제작에 활용하기 어렵다. 본 논문에서는, 전자 부품의 설계와 검증에 필요한 함수발생기와 주파수분석 기능을 포함하는 휴대용 오실로스코프를 설계 및 제작하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 오실로스코프는 기본 기능들이 20×11×5(cm)의 PCB 보드에 구현됨으로써 휴대가 간편하며, 제품당 3만원 이내에 양산이 가능할 것으로 예상된다.

I. 서론

오픈소스 하드웨어와 3D 프린팅 기술의 발달로 인해 ICT (Information and Communication Technologies) 제품 및 그 프로토타입을 직접 제작하고 사업화하는 DIY 산업의 규모가 매해 커지고 있다 [1][2]. ‘Maker Faire’ 라는 ICT DIY 대회는 매년 2회 미국에서 개최되며, 그 규모는 2006년도 기준 2만 명을 시작으로 2015년부터는 연간 100만 명 이상이 참가하고 있다 [3][4]. 이는 아두이노 및 라즈베리 파이와 같은 오픈소스 하드웨어의 인기와 Github, SVN 등의 버전 컨트롤 시스템의 확산을 그 이유로 들 수 있다. 이로 인해 ICT DIY는 단순한 취미활동을 넘어서 차세대 산업 생태계로서 그 지위가 확장될 것으로 기대된다.

한편, 반도체 설계 및 장비의 제작과 검증에 있어 오실로스코프와 함수발생기는 필수 도구라고 할 수 있다. 그러나, 저비용의 프로토타입 제품 제작에 있어서 큰 크기와 고사양, 고비용을 요구하는 검증 장비는 초기 제작 비용을 낮추는 데 있어 걸림돌이 되고 있다. 그러므로, 본 논문에서는 전자 부품설계와 검증에 필요한 함수발생기와 주파수 분석 기능을 포함하는 휴대용 오실로스코프를 설계 및 제작하고자 한다. 제안하는 오실로스코프는 요구되는 기본 기능들을 20×11×5(cm)에 구현하여 휴대가 간편하며, 제품당 3만원 이내에 양산이 가능할 것으로 예상된다.

II. 설계 방법

제안하는 오실로스코프의 메인 프로세서로 Arm사의 STM32F103을 사용하였고 [5], 회로를 직접 제작하기 전 CubeMX [6] 환경에서 Blue pill [7]을 통하여 검증을 시행하였다. Blue pill 하드웨어의 입력단으로 신호가 들어오면, STM32F103의 ADC와 DMA를 통해 메모리에 저장된

다. 이후 저장된 데이터들은 MPU (Microprocessor Unit)를 통해 신호의 특성이 추출되고, 계산값들은 TFT-LCD를 통해 출력된다. 입력 단자의 공급단에 임피던스가 높아지면 전압이 낮게 측정되므로 오피앰프 (Op-Amp)를 이용하여 전압 팔로워 (Voltage Follower) 회로를 구성하였다. 또한 입력 신호의 잡음 제거를 위해 2.2nF 커패시터와 470Ω 저항으로 구성된 저역 통과 필터 (Low Pass Filter)를 설계하였다. STM32F103에 내장된 ADC (Analog-to-Digital Converter)의 입력전압 범위는 0V~3.3V 이므로, 범위 밖의 전압값을 갖는 입력신호의 측정을 위해 전압 분배와 중첩 (Superposition)을 이용하였다 [8]. 유저 인터페이스를 위해 6개의 버튼을 통해 샘플링 속도와 전압 스케일 조정, 트리거 설정이 가능하도록 설계하였다. 그림 1은 구현된 오실로스코프에서 500Hz 사인파를 실시간 검출하는 TFT-LCD 화면을 보여준다.

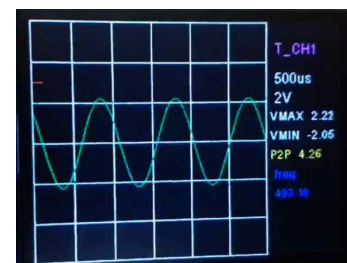


그림 1. 제안하는 오실로스코프의 500Hz 사인파 실시간 검출 화면

함수 발생 기능을 저비용으로 구현하기 위해 프로세싱 보드로서 라즈베리파이 피코를 사용하였으며, 보드에 DAC (Digital to Analog Converter) 모듈이 내장되어 있지 않으므로 별도의 AD9833 모듈을 내장

하였다. 구현한 함수발생기는 최고 12.5MHz의 주파수로 삼각파, 구형파, 정현파 총 3가지 파형을 출력 가능하며 유저 인터페이스를 통해 신호의 주파수와 진폭을 실시간 조절할 수 있다. 발생된 신호는 보드 내 별도의 TFT-LCD를 통하여 출력되며, 최대 전압, 최소 전압, Peak to Peak 전압, 주파수, 샘플링 속도, 출력 파형의 스케일을 실시간으로 확인 가능하도록 설계하였다.

마지막으로, 신호의 실시간 주파수 분석을 위해 콜리 투키 알고리즘에 기반한 FFT (Fast Fourier Transform)을 라즈베리파이 피코에 구현하였다. 입력 신호는 마이크 또는 함수 발생기를 통해 입력 가능 하며, 신호의 주파수 특성을 TFT-LCD를 통해 실시간으로 모니터링이 가능하다. 입력 신호의 주파수 영역에서의 분석화면과 시간영역에서의 파형의 변화는 그림 2에 나타나 있다.



그림 2A. 입력신호의 주파수영역 특성

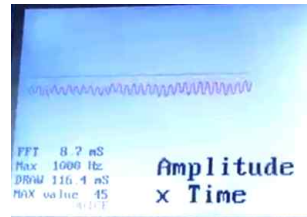


그림 2B. 입력신호의 시간영역 특성

본 논문에서는 제안하는 함수 발생과 주파수 분석 기능을 갖는 휴대용 오실로스코프를 Cadence사의 OrCAD 툴을 이용하여 직접 설계하고 PCB에 구현하였다. 그림 3은 제안하는 오실로스코프 PCB 상단부의 Placement & Routing 회로도를 보여주며, 그림 4는 구현된 오실로스코프의 프로토타입 사진을 보여준다.

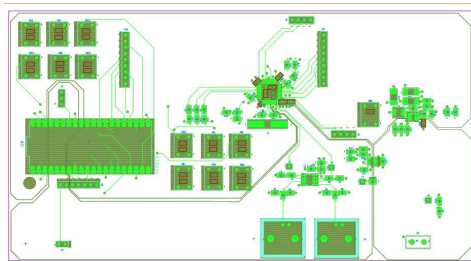


그림 3. PCB 상단부에 Placement and Routing 회로도

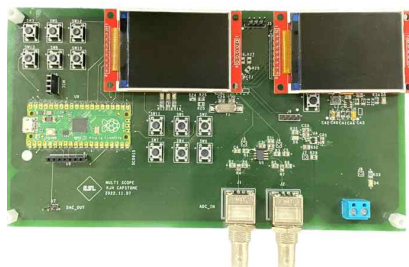


그림 4. 제안하는 오실로스코프의 프로토타입

III. 결론

제안하는 휴대용 오실로스코프는 최대 25KHz의 주파수를 갖는 신호의 검출이 가능하며, 0~12.5MHz 범위의 주파수를 갖는 세 가지 종류의 함수 발생과 최대 7ms 지연 시간 내에 FFT 기반의 실시간 주파수 분석이 가능하다. 또한, 20×11×5(cm)의 PCB 보드 상에 구현되어 휴대성이 용이하므로, DIY 전자 제품의 개발과 검증에 유용하게 활용될 수 있다. 또

한, 양산 시 제품당 3만원 이내에서 출사가 가능하도록 저비용의 부품들로 구현되었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2021R1F1A1050040).

참 고 문 헌

- [1] 최재규, “국내외 ICT DIY 현황 및 의미”, *Koreascience, Information and Communication Magazine*, vol 31, no. 7, pp. 52 - 58, 2014.
- [2] S. Uesugi, “A Case Study of DIY ICT,” *Emerald Info*, vol. 10, no. 4, pp. 46-60, 2008.
- [3] Maker Faire, <https://makerfaire.com/>, 2022.
- [4] J. L. Meissner, P. Jarusriboonchai, J. McLaughlin, and P. Wright, “More than the Sum of Makers: The Complex Dynamics of Diverse Practices at Maker Faire,” *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, May 2019.
- [5] STMicroelectronics, “STM32F103C8 Datasheet,” 2022.
- [6] STMicroelectronics, “STM32CubeMX Databrief,” 2022.
- [7] STM32-base, “Blue Pill,” STM-32 base, Board Info and Data sheet, 2022.
- [8] M. Song, Y. Li, and Y. Yang, “The Design and Implementation of Oscilloscope Based on STM32,” *IEEE International Conference on Optoelectronics and Microelectronics*, Sep. 2013.