

# MPC5775K를 이용한 FMCW 레이더 신호처리부 구현

서민교\* · 오우진\*

\*금오공과대학교 전자공학부

Implementation of FMCW Radar Signal Processing Module Using MPC5775K

Min-kyo Seo\* · Woojin Oh\*

\*Kumoh National University of Technology

E-mail : wjoh@kumoh.ac.kr

## 요 약

차량용 전방충돌방지 시스템으로 많이 사용 중인 FMCW 레이더는 현재 상용화되어 대중적이 되었다. 본 연구에서는 77 GHz급의 고성능 ADAS(Advanced Driver Assistance System)를 위한 전용 프로세서인 NXP사의 MPC5775K를 기반으로 레이더 신호처리부를 개발하였다. MPC5775K는 자동차용 MPU 계열에 FMCW 레이더에서 요구하는 기능을 추가한 것으로 10Msps급 12bit ADC, 2개의 50MHz Radix-4 FFT HW를 내장한 것이 특징이다. 또한 주기적인 레이더 송수신 신호를 만들고, 이를 동기화하여 획득하는 CTE(Cross Triggering Engine)를 제공하여 다양한 알고리즘 개발에 활용이 가능하다. 보드를 개발하여 직접 FMCW 레이더 기능을 시험하였으며 그 결과를 시리얼통신으로 PC에서 전송하여 Matlab에서 실시간 그래프로 성능을 검증하였다.

## ABSTRACT

FMCW radar, which is widely used as a front collision warning system for vehicles, is now being commercialized. In this study we develop the radar signal processing system using MPC5775K that is specialized for high performance ADAS. That has special features for ADAS such as 10Msps 12bit ADC, 50MHz Radix-4 FFT, CTE(Cross Triggering Engine) for synchronized triggering between DAC and ADC. The baseband processing board is implemented and shows the result in Matlab.

## 키워드

차량용 레이더, FMCW, MPC5775K, 실시간 신호처리

## I. 서 론

차량용 전방충돌방지 시스템은 FMCW 레이더를 기반으로 연구되어 본격적으로 대중화 상용화되고 있다. 상용 시스템은 저가의 시스템으로 24GHz를 기반으로 하는 경우가 대부분이다 [1]-[2].

본 연구에서는 고성능의 ADAS(Advanced Driver Assistance System)를 위하여 개발된 전용 프로세서인 NXP의 MPC5775K MPU로 보드를 개발하고 구현 결과를 설명한다. 개발된 보드는 내장된 파형 발생기로 원하는 레이더 신호를 만들어 Radar front-end로 송신하며, 이와 동기를 맞추어 내장된 다채널 ADC로 수신신호를 획득하게 된다. 수신된 FMCW 레이더의 비트 신호는 프로세서에 내장된 보조처리장치인 SPT(Signal

Processing Toolbox)에서 고속 실시간 처리된다. 처리 결과는 PC로 전송하여 Matlab의 DAQ기능으로 실시간 그래프로 관찰하도록 구현하였다.

## II. MPC5775K MPU의 특징

MPC5775K는 NXP로 인수된 Freescale사의 자동차용 MPU인 MPC57xx계열에 FMCW레이더에 필요한 특수 기능을 내장한 MPU이다[3]. 주요 특징은 1개의 safety core를 포함한 3개의 CPU core를 갖고 4개의 10Msps급 12bit ADC와 2개의 50MHz Radix-4 FFT HW를 내장하고 있다. 특히 그림 1과 같이 ADC와 DAC가 상호 동기화를 위한 CTE(Cross Triggering Engine)을 제공한다. SPT는 별도의 128bit의 명령 시퀀스로 제어되며,

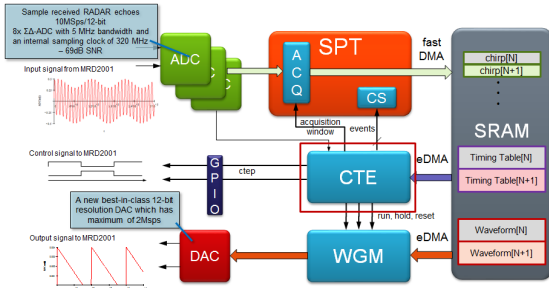


그림 1. MPC5775K의 FMCW 레이더 기능

FFT, FIR 필터, Windowing, 반복, 대기 명령 등을 지원한다. 이러한 장점으로 인하여 FMCW 레이더의 기저대역 신호처리부를 추가의 HW 없이 실시간 처리가 가능하게 된다.

본 연구에서는 주변장치와 IO를 위한 드라이버 IC와 Analog Front-end만 일부 추가하여 보드를 구현하였다.

### III. 보드 개발 및 시험결과

그림 2는 제공되는 MPC57xx계열을 위한 EVM 보드이며, 필요한 프로세서 모듈을 추가 장착하여 시스템을 구성하게 된다. 본 연구에서 개발된 보드는 120x150mm 크기로 기능은 EVM과 거의 동일하며 analog front-end를 위한 커넥터가 추가되었다.

개발된 보드에서 CTE를 표1과 같이 설정하였

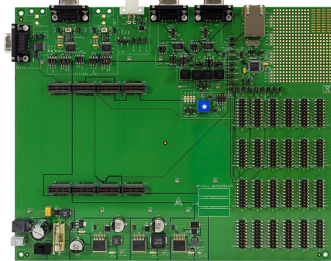


그림 2. MPC5775K 개발보드(EVM)

표1. CTE의 예

순서	누적 시간 (us)	Time Instance	WGM							비고	
			CLD	UDM	RUN	ACQ	RCS	RFS	CTE1		CTE0
0	20	20	0	1	1	0	1	0	0	0	1st: DAC Start
1	20	180	0	1	1	1	0	0	0	1	2nd: ACQ Start
2	520	5000	0	0	0	0	0	0	1	0	3rd: Idle
3	1000	4800	1	0	0	0	0	0	1	1	4th: 1ms 파형 완료
4	1002	20	0	1	1	0	1	0	0	0	1st: DAC Start
5	1020	180	0	1	1	1	0	0	0	1	2nd: ACQ Start
6	1520	5000	0	0	0	0	0	0	1	0	3rd: Idle
7	2000	4800	1	0	0	0	0	0	1	1	4th: 1ms 파형 완료
...											
28		20			동	일	설				1st: DAC Start
29		180									2nd: ACQ Start
30		5000									3rd: Idle
31		8000	0	1	1	0	1	0	0	0	4th: 1ms 파형 완료

으며 DAC출력과형은 그림 3과 만들어지는 것을 확인하였다. 차동출력으로 설계한 파형은 2배의 크기를 갖게된다. 이때 DAC 파형은 2개의 Time Table로 구동하는 WGM(Waveform Generation Module)에서 지정할 수 있다.

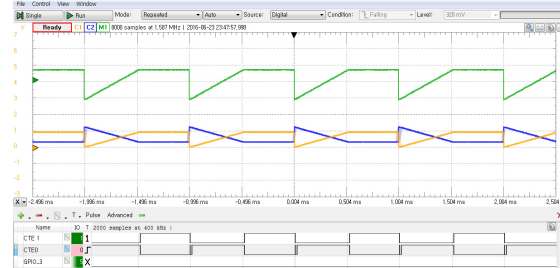


그림 3. 설계된 송신 파형 결과

DAC와 동기화되어 ADC로 수신된 비트신호는 SPT에서 처리하게 된다. 우리는 64pt와 256pt FFT로 2D를 적용하였으며 그 결과는 시리얼통신으로 Matlab에 전송된다. 현재 RF부와 연동하지 못하고 함수발생기로 만들어진 신호를 수신하고 있으며, 그 결과는 그림 4와 같이 관측되었다.

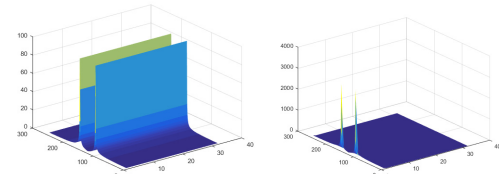


그림 4. 수신된 레이더 실험 신호에서 비트 주파수 검출 (1st FFT와 2nd FFT)

본 연구에서는 MPC5775K의 내부 기능을 분석하고, 이를 보드로 구현하여 실제 성능을 확인하였다. WGM, CTE, SPT를 이용하여 실시간 처리가 가능함을 확인하였으며, 향후에는 CAN 또는 LAN 접속으로 접속하는 기능을 추가하고, RF 모듈과 함께 실제 측정을 진행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] S. Patole, M. Torlak, D. Wang, and M. Ali, "Automotive radars: A review of signal processing techniques," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 65, Mar. 2017
- [2] 오우진, "저가형 DSP를 사용하는 FMCW 레이더 신호처리부의 효율적 구현 방안", 한국정보통신학회논문지, Vol.20 No.4, 2016
- [3] MPC5775K Reference Manual, Freescale Semiconductor, Inc., Rev. 3.4, 2015