

## 특집 : 전력전자제어용 마이크로프로세서의 기술동향

# TMS 320F280x DSP의 응용 및 특성

전 태 원\*, 안 정 렬\*\*

(울산대 전기전자정보시스템공학부 \*교수, \*\*박사과정)

## 1. 서론

전력전자 분야에서 전동기 구동시스템, 능동필터, UPS 등 반도체 전력회로를 제어하기 위하여 다양한 제어용 프로세서를 사용하고 있다. 전력전자 학술지 2004년 4월호에서는 TI사의 16비트 DSP인 TMS320LF2407의 주요 특성 및 이 DSP를 사용한 교류전동기 구동방식을 수록하였으며, 6월호에는 같은 TI사의 32비트 DSP인 TMS320F2812를 소개하였다. 그 후 몇 가지 모델의 DSP가 더 개발되었으나, 여기는 전력전자분야에 유용하게 사용할 수 있는 2개 DSP를 소개하

고자 한다.

그림 1은 TMS320F281x series와 TMS320F280x series의 Roadmap이다. TMS320F281x series 즉 TMS320F2810, F2811, F2812 등은 고성능 고가 DSP로 분류된다. 그리고 TMS320F280x series 즉 TMS320F2801, F2806, F2808는 clock 주파수 및 내부 메모리 감소시켜 가격을 내면서 PWM 기능과 동기식 직렬통신, CAN 등 통신 기능을 더 강화시켜 특정 응용분야에 맞추어 개발된 것이다.

여기서 TMS320F281x와 TMS320F280x series는 모두 32비트 고정 소수점 방식이므로 연산 중 overflow 나 truncation 문제가 있었다. 이 문제점을 보완하기 위하여 부동 소수점 방식으로 연산하는 DSP인 TMS320F28335 DSP가 개발되었다.

따라서 TMS320F2812와 비교하여 차이점을 중심으로 TMS320F2808과 TMS320F28335의 주요 특성을 각각 설명한다.

## 2. TMS320F2808의 특성

그림 2는 고정 소수점 방식의 32비트 DSP인 TMS320F281x와 TMS320F280x의 내부구조를 나타낸 것이다.

TMS320F2812의 최대 코어속도는 150MHz인 반면 F2808은 최대 100MHz로 줄어들었다. 내부메모리도 F2812에 비해 줄었으며 외부 버스 인터페이스도 제거함으로

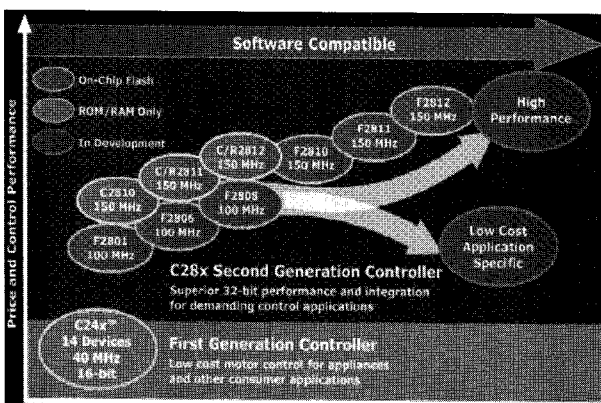


그림 1 TMS320F281x와 TMS320F280x series Roadmap

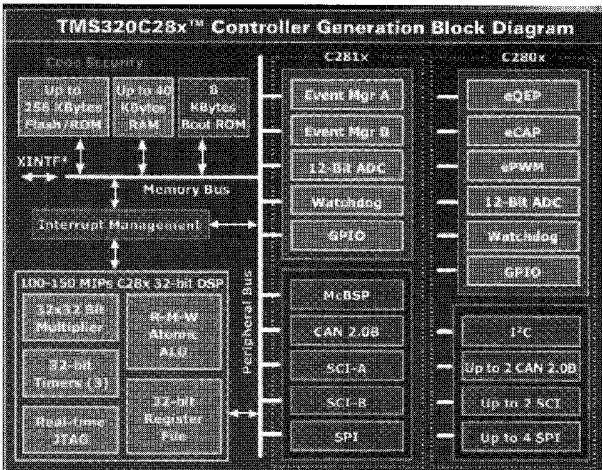


그림 2 TMS320F281x와 TMS320F280x의 내부구조

표 1 구동전압과 클럭주파수 테이블

	코어 전압	동작 주파수	I/O 전압
F281	21.9V	150MHz	3.3V
F280	81.8V	100MHz	3.3V

표 2 ePWM과 EV 비교

	F2808 : ePWM	F2812 : EVA, EVB
Timer	16bit × 6개	16bit × 2개 (EVA) 16bit × 2개 (EVB)
PWM	12-ch. PWM 4-ch. HRPWM	12-ch PWM
Phase Control	Yes	No
Dead-Band	Independent rising, falling edges	rising edge = falling edge

싸 가격을 싸게 하였다. 그리고 가장 큰 차이점은 F2812의 2개의 Event manager(EV) 대신 ePWM, eCAP, eQEP로 교체하였으며, SPI가 4개, CAN이 2개로 통신관련 주변 장치를 증가시켰다. 다음은 이 두 DSP의 차이점 상세히 설명한다.

2.1 구동전압과 클럭 주파수

TMS320F2812의 경우 코어전압이 1.9V인 경우 클럭주파수가 최대 150MHz이고 코어전압이 1.8V인 경우에는 최대 135MHz로 동작한다. 반면 TMS320F2808은 코어전압이 1.8V로 고정되어 있으며 최대 100MHz로 동작한다. I/O전압은 3.3V로 동일하다. 그리고 F2808은 F2812와 달리 외부

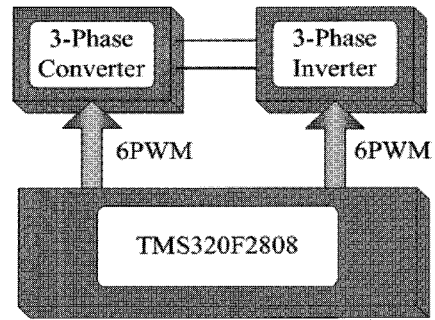


그림 3 TMS320F2808을 이용한 전력변환장치 제어

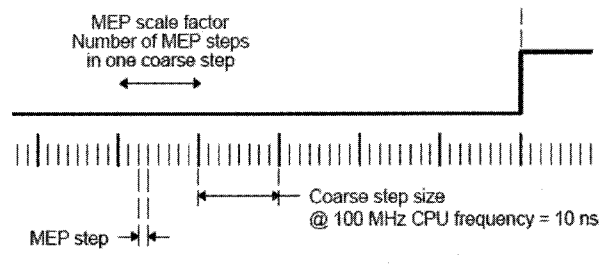


그림 4 HRPWM 동작원리

전원인가 로직이 별도로 필요가 없으므로 전원회로가 간단하게 할 수 있다.

2.2 Enhanced Pulse Width Modulator (ePWM)

표 2는 F2812의 EV와 F2808의 ePWM 특성을 비교한 것이다.

2.2.1 ePWM 특성

F2812 EV의 PWM은 GP Timer PWM의 12개 채널이 존재하지만 두 채널이 한쌍으로 제어가 되므로 실질적으로는 6개 PWM채널만 펄스폭을 독립적으로 제어할 수 있다. F2808에서는 ePWM모듈이 6개 있고 한 모듈에서 2개의 PWM이 출력된다. 그리고 각 모듈에 16비트 타이머가 각각 존재해 F2812와 같이 한 쌍씩 제어도 가능하고 12개의 독립적인 PWM파형도 얻을 수 있다. 또한 위상제어(Phase Shift Control)도 가능하다. 그림 3은 독립적으로 제어할 수 있는 12-채널 PWM으로 3상 인버터와 컨버터를 동시에 제어하는 것을 보인 것이다.

여기서 F2812는 한쌍 PWM 펄스의 상승에이지와 하강에이지에서 데드시간이 같지만, F2808은 상승에이지와 하강에이지 데드시간을 따로 설정할 수 있는 장점도 있다.

2.2.2 High Resolution PWM (HRPWM)

DSP의 최대 클럭주파수 100MHz에서 일반적인 PWM이

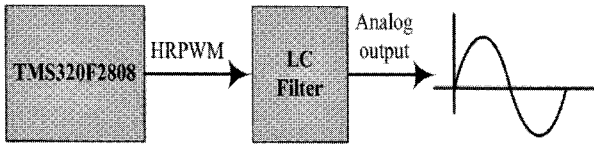


그림 5 HRPWM을 이용한 DAC구현 방법

표 3 eQEP와 EV 비교

	F2808 eQEP	F2812
Counter	2-Ch. 32-bit	2-Ch. 16-bit
Position Compare	Yes	No
Shaft stall detect	Yes (watchdog timer)	No
Error Checking	Yes	No

표 4 eCAP EV 비교

	F2808 eCAP	F2812
Timer	32bit × 4-ch.	16bit × 2-ch. (EV-A) 16bit × 2-ch. (EV-B)
Channels	4 개	3 개
Timestamp	32-bit	16-bit
Capture buffer	4 memory-mapped registers	2-level FIFO
Sequencer	Yes	No
Delta time mode	Yes	No
Absolute time mode	Yes	Yes

최대 10nsec의 분해능을 가지지만, F2808은 4채널이 최고 150psec 단위의 고분해능 PWM (HRPWM)을 출력할 수 있다. 그림 4는 HRPWM의 동작을 나타낸 것이다.

F2808에서는 Compare Register(CMP)외에 CMPAHR이라는 별도의 레지스터가 있어 Micro Edge Position (MEP)을 조절할 수 있다. 보통 MEP의 크기는 Coarse step 보다 훨씬 작으므로 보다 정확한 PWM을 얻을 수 있다. 이런 고정밀 PWM을 전력변환 분야에 활용할 경우 더 좋은 성능을 가질 수 있다.

HRPWM의 1개의 응용분야로써는 HRPWM의 출력에 LC필터를 사용하면 4-채널 DAC기능을 구현할 수 있다.

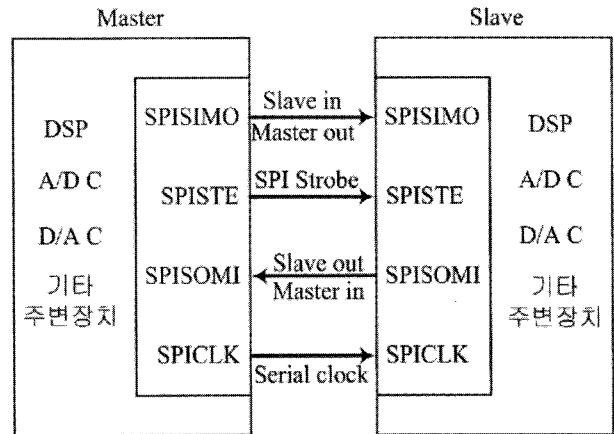


그림 6 주변장치 간 SPI통신 결선도

### 2.3 Enhanced Quadrature Encoded Pulse (eQEP)

QEP의 역할은 엔코더 펄스를 받아들여 모터의 회전속도, 회전방향 및 위치제어를 가능하게 해주는 모듈이며, 표 3은 F2808의 eQEP와 F2812의 EV의 QEP를 비교한 것이다.

F2812는 엔코더 카운팅을 위한 F2812의 타이머는 공용 16비트인 반면 F2808은 2개의 32비트 타이머가 독립적으로 할당되어 있다. 이는 위치제어수행 시 카운터의 오버플로우로부터 비교적 자유로워져 있다는 장점이 있다. 그리고 엔코더 카운팅 시 에러검출을 할 수 있으며 Shaft stall이 발생하면 내부 위치독 타이머가 이를 감지한다.

### 2.4 Enhanced Capture (eCAP)

eCAP는 외부에서 들어오는 신호의 에지를 검출하여 이 에지간의 시간 간격을 카운팅한다. F2812의 경우 공용 16비트 타이머 카운트를 사용해 칩의 구동속도에 비해 느린 외부 신호간격을 카운트할 때 오버플로우가 자주 발생하는 문제점이 있었다. 하지만 F2808에서는 독립적인 4개의 32비트 타이머 카운터가 할당되어 외부 신호에 더 유연하게 대처할 수 있게 되었다.

표 4는 eCAP과 EV의 CAP를 비교한 것이다. 채널이 F2808이 하나 더 늘어나고 Delta Time Mode가 추가 되었다.

### 2.5 Serial Peripheral Interface (SPI)

SPI는 동기식 시리얼 통신이다. 비동기 통신 방식인 SCI통신과 다른 점은 동기 신호와 마스터/슬레이브 구조로 동작하는 것이다.

기존의 프로세서는 외부 데이터 및 어드레스 버스를 사용하여 외부 장치를 연결하였으나, 프로세서의 핀수가 늘어나고

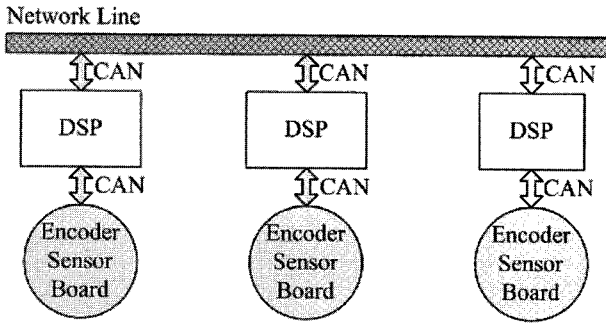


그림 7 2개의 CAN을 이용한 통신방법

외부회로가 상당히 복잡하다는 문제점이 있다. 이에 반하여 SPI 통신 방법은 4가닥의 선만으로 데이터를 주고받을 수 있으며 통신 속도도 고속으로 가능하다. 이러한 장점 때문에 최근에는 EEPROM이나 ADC, DAC등이 SPI 방식으로 많이 출시되고 있으므로 많은 SPI가 필요하다. 이 요구에 따라 F2812에서는 SPI가 1개에서 F2808에는 4개로 증가 시켰다. 참고로 그림 6은 주변장치간 SPI통신을 위한 결선도를 나타낸 것이다

2.6 Enhanced Control Area Network (eCAN)

CAN은 보쉬에서 차량용 통신을 위해 개발된 대표적인 fieldbus이며, 근래 들어 자동화 설비의 제어용 네트워크로 많이 적용하고 있다. F2812와 F2808은 CAN이 내장되어 있으므로 다른 DSP 또는 센서 및 액추에이터 등과 쉽게 데이터 통신이 가능하다. 이 CAN의 전송속도는 최대 1Mbps이며 버전 2.0B를 완벽하게 지원하며 외부에 Transceiver를 연결하면 다른 CAN과 쉽게 통신할 수 있다

많은 응용분야에는 1개 이상의 CAN 채널을 요구하지만 F2812는 CAN이 하나밖에 없다는 단점을 부분적으로 해소하기 위하여 F2808은 독립적으로 CANA, CANB 총 2개를 가지고 있다. 그림 7은 2개의 CAN을 사용한 복수 전동기 제어 시스템을 보인 것이다.

2.7 그 밖의 F2812와 F2808다른 점

위에서 설명한 특성 외 두 DSP가 다른 점을 간단히 기술한다.

● ADC

F2812의 변환속도는 80nsec 이며 F2808은 160nsec 이다. F2808은 ADC결과 값의 윗셋을 조절할 수 있는 전용 레지스터가 별도로 존재해 소프트웨어적으로 쉽게 해결할 수 있다.

● Internal Pull-up Configuration

2812의 GPIO핀의 내부 Pullup상태는 하드웨어적으

표 5 F2812, F2808, F28335 특성비교

	F2812	F2808	F28335
속도	150MHz	150MHz	150MHz
FLASH	256KB	128KB	512KB
RAM	36KB	36KB	68KB
DMA	지원안함	지원안함	6채널
FPU	지원안함	지원안함	지원
ADC	12bit 16-ch 80ns	12bit 16-ch 160ns	12bit, 16-ch 80ns
PWM	16-ch	16-ch PWM 4-ch HRPWM	18-ch 6-ch HRPWM
CAP	6개	4개	6개
QEP	2개	2개	2개
통신	SCI 2개	SCI 2개	SCI 3개
	SPI 1개	SPI 4개	SPI 1개
	eCAN 1개	eCAN 2개	eCAN 2개
	McBSP 1개	McBSP 없음	McBSP 2개
	I2C 없음	I2C 1개	I2C 1개
32bit CPU Timer	3개	3개	3개
16bit Timer	4개	6개	6개
32bit Timer	없음	6개	8개
외부 메모리	2MB	불가능	4MB
GPIO	56개(검용)	35개(검용)	88개(검용)

로 고정되어 있지만 2808에서는 소프트웨어적으로 사용자가 선택할 수 있다.

● External Interrupt Signal Selection

2812에서는 외부 인터럽트 핀이 하드웨어적으로 고정되어 있지만 2808은 소프트웨어 적으로 어떠한 GPIO에 할당 할 수 있어 보드설계 시 보다 유연한 부품배치를 할 수 있다. 그리고 외부인터럽트 발생조건이 2812에서는 Falling edge나 Rising edge중 하나를 선택하게 되어있는 반면 2808에서는 둘 다 인터럽트 요청이 가능해졌다.

3. TMS320F28335의 특성

F281x, F280x 시리즈는 고정소수점 방식의 DSP이므로 고정소수점으로 연산 시 Truncation 오차 및 overflow 가 있

으므로 프로그램의 작성이 상당히 어려움이 있다. 만약 부동소수점연산을 사용 시 계산시간이 많이 증가된다는 문제점이 있다. 따라서 TI사에서는 부동소수점 방식의 알고리즘을 고정소수점 방식의 코드로 DSP에 이식하려는 C/C++ 프로그래머들을 위한 고도로 최적화되고 높은 정밀도를 가지는 수학함수인 IQmath를 개발하였다. 하지만 IQmath는 다양한 라이브러리를 제공하여 프로그램 작성이 쉽고 수행속도도 비교적 빠르다. 그러나 기본적으로 고정소수점으로 연산 시 사용자의 어플리케이션에 맞게 정밀도도 높이고 overflow를 방지할 수 있는 적절한 소수점 포인트를 설정하여야 하는 등 고정소수점연산의 한계가 있었다.

따라서 최근에 TI에서 F283xx의 정식 버전이 출시가 되었는데 2000시리즈 중 유일하게 부동소수점연산을 지원하는 DSP이다. 이 DSP는 부동소수점연산을 지원하는 기능을 제외하고는 F2812와 F2808의 장단점을 조금씩 보완하였다.

표 5는 F2812, F2808, F28335의 주요 특성을 비교하였다. 코어속도는 150MHz이며 외부 장치의 기능은 2808비하여 증가되는 부분과 축소되는 부분이 혼재되어 있다. 특히 TMS320C3x에 있던 Direct Memory Access (DMA)가 6채널을 추가하여, CPU의 동작이나 연산처리 능력을 저하시키지 않으면서 외부에 느리게 동작하는 주변장치들과 접속하는 것이 용이하도록 하였다.

#### 4. 결론

TI사에서 생산되는 고성능 32비트 DSP 3개 모델 TMS320F2812, TMS320F2808, TMS320F28335의 주요 특성 즉 F2812을 중심으로 F2808과 F28335의 다른 특성을 중심으로 설명하였다. 이 특집기사가 전력전자 응용시스템 개발 시 가장 적합한 DSP 모델을 선정하는데 약간의 도움이 될 수 있을 것이다. ■

#### 참고 문헌

- [1] Texas Instruments, TMS320F28x DSP Peripherals Reference Guide, 2002.
- [2] Texas Instruments, TMS320F280x DSP Reference Guide, 2006.
- [3] Texas Instruments, TMS320F28335, TMS320F28334, TMS320F28332 Digital Signal Controller (DSC) Data Manual 2007.

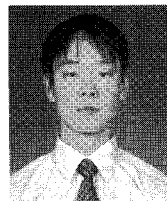
#### 〈 필 자 소 개 〉



##### 전태원(全泰園)

1959년 1월 30일생. 1981년 부산대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1997년 Tennessee 대학방문교수. 현재 울산대 전기전자정보시스템공학부 교수. 당 학회 편집위원장.

원장.



##### 안정렬(安正烈)

1976년 11월 8일생. 2002년 원광대 전기전 자 공학부 졸업. 2004년 울산대 대학원 전기전자정보시스템공학부 졸업(석사). 2004년~현재 동 대학원 박사과정.