

특집 : 전력전자를 위한 제어용 프로세서의 기술동향

# DSP TMS320C3X의 특성 및 제어기술

석 줄 기

(영남대 전자정보공학부 교수)

## 1. 서 론

1980년대 초반까지 대부분의 제어기는 아날로그 형태로 구성되어 복잡한 연산을 수행하기에는 많은 제약이 있었으나, 1980년대 초반부터 일반에게 소개되기 시작한 마이크로프로세서는 과거 불가능하다고 여겨졌던 연산을 현실화하는 계기를 마련하였다. 초기에는 8비트 혹은 16비트 형태의 마이크로프로세서가 주류를 이루었으나, 컴퓨터 및 반도체 분야의 눈부신 발달에 힘입어 80년대 중반에는 32비트 고성능 Digital Signal Processor(DSP)가 출현하게 된다. 당시 범용의 DSP를 출시한 회사로는 Motorola와 Texas Instrument(TI) 등이 있었지만, 국내에는 편리한 개발 환경

및 공격적인 마케팅으로 무장한 TI 사의 TMS320C3X 계열 DSP가 전력전자 분야의 범용 실시간 제어기로 널리 각광을 받게 된다. 최근에는 많은 국내 전력분야 산업체에서도 TMS320C3X 계열 DSP를 이용한 제품을 출시할 정도로 그 성능과 신뢰성은 보장을 받고 있다. 그림 1에서와 같이 TI 사에서는 현재까지 TMS320C3X 계열 이외에도 특화된 각종 응용분야를 위한 다양한 기능의 DSP를 출시하고 있다.

## 2. TMS320C3X 계열의 발전 동향

TMS320C30은 3X 계열 중에서 가장 먼저 출시된 DSP로 막강한 연산 능력 이외에도 다양한 기능을 보유하고 있는데,

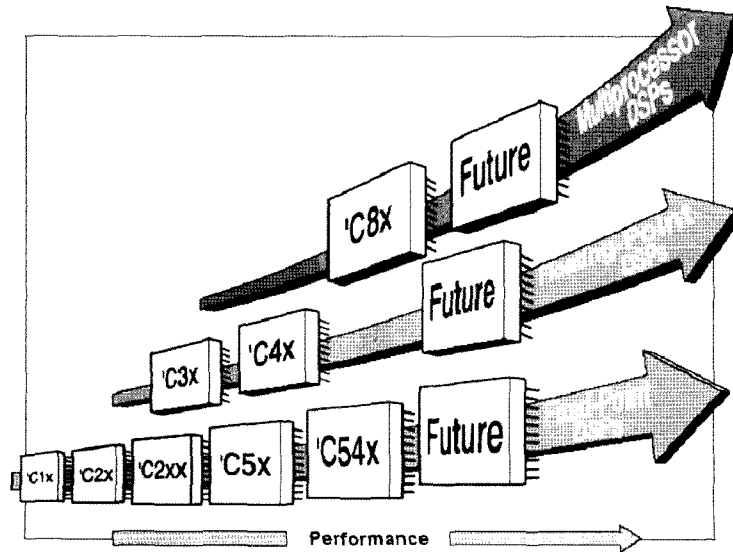


그림 1 TI사의 DSP 개발 Load Map

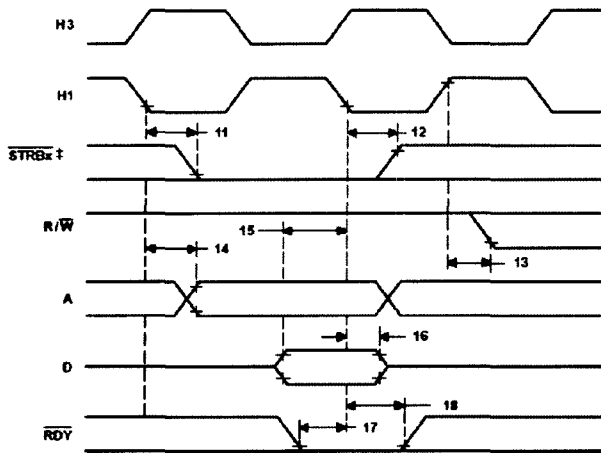


그림 2 TMS320C32의 메모리 Read Cycle

이는 출시 초기에 확실한 적용분야가 정해져 있지 않아 범용적으로 필요한 대부분의 기능이 장착되었다고 생각된다. 3X 계열과 이전 계열의 가장 큰 차이점은 32비트 부동소수점 연산이 가능하다는 것으로 이는 프로그램 구축의 효율성 및 유지 보수에 큰 변화를 가져 왔다. 또한, C-code 프로그래밍이 가능하여 전력전자 분야의 실시간 범용제어기로는 그 당시에는 가장 우수한 특성을 보여 주었다. 181핀의 CPGA type인 C30의 최대 동작주파수는 50MHz로 이를 연산속도로 환산하면 25MIPS(Million Instructions Per Second)에 해당한다. 또한, 데이터 및 프로그램 메모리 공간은 16M words이고 내부에 2K words의 RAM 및 4K words의 ROM이 실장되어 있으며 개당 가격은 약 225\$ 정도로 비싼 편이다.

이어 출시된 TMS320C31은 TMS320C30에서 제공되던 다양한 스트로브(Strobe) 신호, 1개의 시리얼 통신 포트, 내부 ROM 등을 제거하는 등 부가적인 기능을 대폭 축소하여 복잡한 연산을 필요로 하는 단품 제어기에 더욱 적합한 구조를 가진다. 그 결과 핀수는 132개로 감소하여 실장 면적은 줄어든다. C31에서 가장 특이한 사항은 외부에 저가의 ROM을

장착하여 이로부터 시스템 프로그램을 다운로드하는 Boot Loader 기능이 제공되기 시작한 것이다. 이는 C30에서 내부 ROM에 프로그램을 이식하기가 쉽지 않아서 거의 사용되지 못한 점을 반영한 것으로 이 기능은 현재까지의 C3X 계열에 계속 유지되고 있다. 132BQFP type의 C31의 최대 동작주파수는 80MHz로 C30에 비해 동작 속도는 약 1.6배 빨라졌으며 기구적으로는 소켓을 사용하여 보드에 실장할 수도 있으나 이는 진동 등에 매우 취약한 단점이 있다.

다음 버전인 TMS320C32는 내부 RAM을 512 words로 축소하였고, 다양한 스트로브 신호를 제공하여 메모리 운용의 유연성을 높였다. 그 외 중요한 변화로는 기존의 C30-31에서 동작의 기본이 되는 H1 신호 대신에 그림 2와 같이 이를 반전한 H3 신호에 모든 동작 사이클이 맞춰져 있기 때문에 이전 버전을 사용하던 사용자는 설계시 이를 반드시 고려해야 한다.

또한, 인터럽트 구조에 있어서는 Interrupt-Trap Table Pointer(ITTP)를 사용하여 인터럽트 벡터 테이블의 어드레스를 사용자가 자유롭게 지정할 수 있도록 배려하고 있다. 즉, TMS320C32 모델은 기존의 모델보다 사용자의 설계 편의성에 초점을 맞추었다고 할 수 있다. 144QFP type의 C32 최대 동작주파수는 60MHz로 C31에 비해 동작 속도는 오히려 느려졌다.

TMS320C3X 계열의 가장 최신 모델로는 2000년에 정식 버전이 출시된 TMS320VC33이 있다. 이는 특성에서는 C31과 매우 유사하나 동작 속도면에서 매우 빨라졌고, 이에 의한 발열 문제 때문에 core 전압은 1.8V, I/O 전압은 3.3V 전원을 채택하고 있다. 또한, 이전 모델에서는 자체 메모리가 부족하여 외부에 별도의 RAM을 실장하여 전체 제어 프로그램을 로드하였는데, 이는 잦은 RAM 단종으로 인하여 많은 문제를 야기하였다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 VC33에서는 내부 RAM 34K words를 확보하여 별도의 외부 RAM 없이도 복잡한 제어 프로그램 수용이 가능하도록 하였다. 동작 속도는 13ns로 TMS320C31 80MHz의 약 1/2 수준이다. 개발환경도 윈도우 시스템에 맞게 개선하여 사용자의 편의성

표 1 TMS320C3X 계열 특성 비교

Device Name	동작주파수(MHz)	MIPS	Cycle time(ns)	내부RAM (words)	내부ROM (words)	Boot Loader	Package
TMS320C30-50	50	25	40	2K	4K	No	181CPGA
TMS320C31-80	80	40	25	2K	0	Yes	132BQFP
TMS320C32-60	60	30	33	512	0	Yes	144QFP
TMS320VC33-150	75	75	13	34K	0	Yes	132BQFP

을 향상시켰다. 이상의 TMS320C3X 계열 특성을 표 1에서 비교하였다.

### 3. TMS320C3X와 전력전자 제어기술

고속 연산이 가능한 DSP의 출현으로 전력전자 제어 기술에도 많은 변화가 일어났는데, 그 중에서도 과거에 소프트웨어로 구현하기 힘들었던 온라인 FFT(Fast Fourier Transform) 등이 한 제어 주기 내에서 연산 가능하다는 것이다. 이는 하드웨어를 변경하지 않은 상태에서 개발자가 원하는 내용을 추가 혹은 삭제 가능하기 때문에 제품 개발의 유연성을 크게 향상시킬 수 있다. 온라인 Real FFT에서 대상 데이터가 128개일 경우 이를 TMS320VC33-120으로 구현하면 순수한 FFT 수행시간은 약 30 $\mu$ sec 정도가 된다. 또한, 초고속 연산을 통하여 개발자는 손쉽게 제어기의 안정성 및 대역폭을 크게 향상시킬 수 있기 때문에 과거 아날로그 제품에 육박하는 제어 성능을 얻을 수 있다.

이와 같이 TMS320C3X 계열의 DSP는 비교적 범용적이고 고속 연산이 가능하지만 전력전자 제어기로 직접 사용하기에는 많은 무리가 있는데, 이러한 단점을 보완하기 위하여 주변에 다양한 메모리 및 각종 논리 소자들이 요구된다. 즉, 외부 아날로그 물리량을 측정하기 위한 아날로그 입출력부, 통신 및 점점 입출력을 위한 디지털 부, 게이팅 모듈과 보호 기능 및 각 외부 소자와의 인터페이스를 위한 PLD(Programmable Logic Device) 등이 구현되어야 한다. 또한, VC33 이전의 DSP에서는 불충분한 내부 메모리를 보완하기 위하여 별도의 외부 RAM/ROM이 필요하였다. 최근에는 이러한 요구를 충족하기 위하여 각종 주변장치를 하나의 칩에 포함시킨 형태의 DSP 컨트롤러라는 제품이 각광받고 있다. 이는 고도로 집적된 DSP로 IC 레벨에서의 비용 절감을 통하여 가격의 제품 경쟁력을 향상시킬 수 있으며, 고속 연산 기능을 가지고 있기 때문에 20KHz 스위칭 주파수의 시스템 제어기에도 사용 가능하다.

최근에는 DSP의 고속 동작으로 주변 장치 또한 급격한 클럭 속도로 동작하는데, 이에 의한 보드 레벨 혹은 IC 레벨에

서의 EMI(Electro-Magnetic Interference) 문제가 급부상하고 있다. 이는 개발 도상국의 저가 제품이 품질 규제 미비로 수입국 내의 환경, 안전, EMI 발생 등의 심각한 문제를 야기하기 때문에 이를 규제하기 위한 각종 해외 규격이 발효하므로 시작되었다. 따라서, 이러한 해외 규격을 인증 받지 못하면 해외 수출이 불가능해지므로 설계 초기 단계에서부터 고속 동작에 의한 노이즈 대책을 수립하지 않으면 제품 시장 진입 기회를 놓칠 수도 있다. 또한, 연구 목적으로 사용할 경우에도 보드 자체의 신뢰성에 문제가 생겨 일관된 시험을 수행하기가 어렵게 된다. 따라서, 전력전자 분야에서 고성능 DSP를 사용함에 따라 전자과 환경 및 이에 대한 설계 대책에 대한 교육 프로그램도 같이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

### 4. 결 론

본 고에서 고성능 DSP로 국내에서 널리 사용되는 TMS320C3X 계열의 발전 동향 및 전력전자 분야에서의 응용에 대해서 고찰하였다. 최근 나노 기술 등과 같은 반도체 기술 개발에 힘입어 더욱 빠른 DSP가 출시될 것이고, 이에 의한 제어기 성능 향상 및 통신 속도의 증가가 예상된다. 향후 집적된 DSP는 제품의 소형 경량화를 가능하게 하겠지만, 노이즈 문제로 인한 신뢰성 감소 또한 심각한 문제가 됨을 인식해야 할 것이다. ■

## 〈 저 자 소 개 〉



#### 석줄기(石錫吉)

1992년 서울대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1998년~2001년 삼성전자 생산기술센터 자동화연구소 책임연구원. 현재 영남대 전자정보공학부 조교수. 당 학회 학술위원.