

TMS320F240 DSP 컨트롤러를 이용한 서보모터 드라이브 개발

구본관*, 김준하, 남광희
포항공과대학교, 전자전기공학과

Development of Servo Motor Drive System Using TMS320F240 DSP controller

Bon-Gwan Gu, Junha Kim, Kwanghee Nam
Pohang University of Science and Technology

ABSTRACT - 본 논문에서는 TI(Texas Instruments)사의 DSP칩 TMS320F240을 이용한 벡터드라이브 설계를 한다. TMS320F240은 서보모터드라이브에 적합하게 상품화 된 칩으로 산업용 로봇제어에 필요한 대부분의 주변회로를 포함하고 있다. 이를 이용해서 제어기를 구성하면 적은 비용으로 신뢰성 높은 제어기를 구성할 수 있다. 드라이브는 크게 제어회로부와 파워회로부로 나누어서 설계했으며, AC서보모터에 벡터제어로 실제적용을 했다.

1. 서론

상업적인 제품에 사용될 모터제어기는 그 가격면에서 아주 큰 제약을 받는다. 그러나 AC서보드라이브를 하기 위해서는 DSP 컨트롤러를 비롯한 주변회로들이 필요하다. 이런 주변회로들은 제어기 구성비용의 증가뿐만 아니라 그 크기의 방대함을 가져온다. TMS320F240은 AC모터드라이브용 제어기에서 필요로 하는 주변회로를 많이 내장하고 있다. PWM 발생 모듈, 엔코더 신호 처리 모듈, A/D Converter 모듈, SCI(Serial Communication Interface) 모듈, SPI(Serial Peripheral Interface) 모듈, FLASH 메모리(16K 워드), DARAM(Dual Access RAM, 544워드)이 내장되어 있다. TMS320F240을 이용하면 주변회로가 감소하므로 제어기의 가격이 저렴해지고 크기 또한 줄어든다. 본 연구에서는 소형화된 제어기의 이점을 살려서 PC탑재형으로 회로를 디자인한다.

본 논문의 2절에서는 F240의 특징에 대해서, 3절에서는 드라이브의 디자인에 대해서 기술한다. 그리고 4절에서는 설계된 드라이브로 AC모터의 벡터제어한

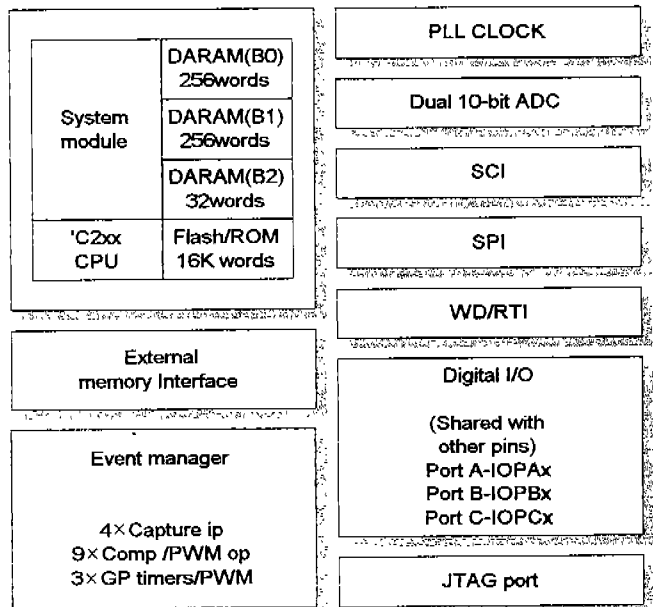


그림 1 TMS320F240의 내부구조

실험결과를 제시하고 5절에서 결론을 맺는다.

2. TMS320F240의 특징

그림1은 F240의 내부의 구조를 보여준다. F240은16 비트 DSP칩으로 50nsec의 명령어 사이클을 가진다. 하드웨어 곱연산이 가능하며, 내장메모리로는 16K×word의 Flash ROM과 544×word의 DARAM을 가진다. 메모리는 내부 버스의 다중화를 통해 No wait state로 액세스하도록 되어 있다. 주변 모듈들을 제어하는 방법은 각 모듈들에 해당하는 레지스터(DATA

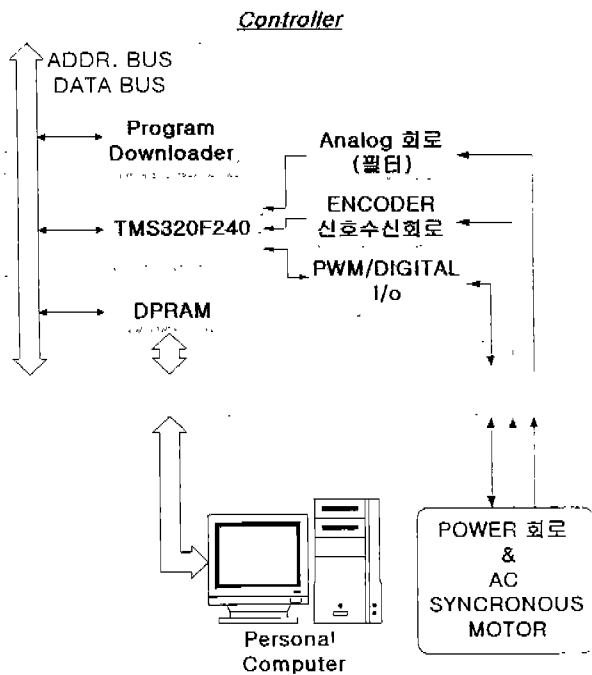


그림 2 드라이브의 기본 구성도

SPACE의 07000h ~ 0743Fh)를 이용하여 제어할 수 있도록 꾸며져 있다.

3. 드라이브의 구현

제어기는 DSP칩 그리고 다음과 같은 주변회로로 구성되어 있다.

- ① 제어기에서 파워 모듈로의 PWM 신호전달을 위한 회로
- ② 측정된 전류신호를 DSP칩의 A/D 컨버터에서 처리하기 전에 노이즈를 제거하기 위한 Analog 필터회로
- ③ 엔코더신호를 처리하기 위한 회로
- ④ PC와의 원활한 통신을 위한 DPRAM(Dual Port RAM)
- ⑤ 응용프로그램 다운로드를 위한 EEPROM

그림 2는 설계된 제어기의 기본 구성도를 나타내고 있다.

3.1 PWM 신호전송 회로

인버터 모듈에 PWM 신호전송은 노이즈의 영향에 민감한 전압보다 전류를 이용하여 회로를 구현하였다. 제어기의 그라운드가 외부회로에 연결되지 않도록 하기 위해서 오픈콜렉터 전류 싱크(current sink)인 ULN2003A를 PWM 신호출력단에 사용하였다.

3.2 PC와의 데이터교환

DPRAM(2K words)은 TMS320F240과 PC와의 병렬통신을 위해 사용하였다. PC와의 데이터 교환시 16비트 버스가 사용되며, PC의 I/O 맵에서 광범위한 영역의 어드레스를 사용하기 위하여 I/O 어드레스의 Offset을 외부에서 조절할 수 있도록 되어 있다. I/O 16비트 어드레스의 상위 5비트가 DPRAM의 Offset으로 할당 되어 있다. 제어기와 PC는 상호간에 독립적으로 DPRAM을 사용하게 했다.

3.3 프로그램 다운로드

제어기는 다른 응용프로그램도 수행 할 수 있어야 하므로 제어기의 EEPROM에 다른 프로그램을 다운로드 할 수 있는 주변장치가 있어야 한다. 이것을 위해서 외부 EPROM(32K 0000h~7FFFh)을 사용한다. 이 EPROM은 내부에 다운로드를 위한 프로그램이 존재하도록 했다. 다운로드는 초기화(reset)가 되거나 PC에서 요청 할 경우 다운로드 루틴이 시작된다. 다운로드 루틴은 초기에 PC 인터럽터를 이용해서 다운로드 여부를 확인하게 된다. 다운로드를 할 경우에는 외부 EPROM의 프로그램에 따라 다운로드를 실행한다. 다운로드를 안 할 경우엔 TMS320F240의 EEPROM 프로그램을 수행한다. 다운로드를 수행하는 프로그램은 외부 EPROM의 4000h번지부터 있으며, 다운로드 되는 프로그램은 DARAM의 130h부터 320h까지 존재한다. 다운로드 프로그램의 시작을 4000h번지로 한 이유는 TMS320F240이 어떤 상태에서 서라도 4000h번지부터를 항상 외부메모리로 인식하기에 때문이다. 그림 3은 다운로드 하는 순서도를 나타내고 있다. 초기화가 되었을 경우 제어기의 TMS320F240 컨트롤러는 마이크로 프로세서모드로 동작하도록 회로가 꾸며져 있다. 그래서 외부 EPROM의 프로그램을 수행하게되며, 외부EPROM 초기화 벡터는 4000h로 정해져 있다. PC에 의해서 요청을 받을 때에는 마이크로 컴퓨터모드상태에서 4000h로 점프하며 동일한 외부 EPROM의 프로그램을 수행하게 된다.

3.4 Analog 필터 회로

전류제어에서는 두상의 전류를 측정하여 피드백 신호로 사용하여야 한다. 그러나 측정된 전류는 스위칭 리플을 가지고 있기에, 피드백 신호로 사용되기 전에 Analog 필터회로에서 필터링과정을 거친다. Analog 회로는 OP-amp를 이용하여 저역 통과기로 설계하였다.

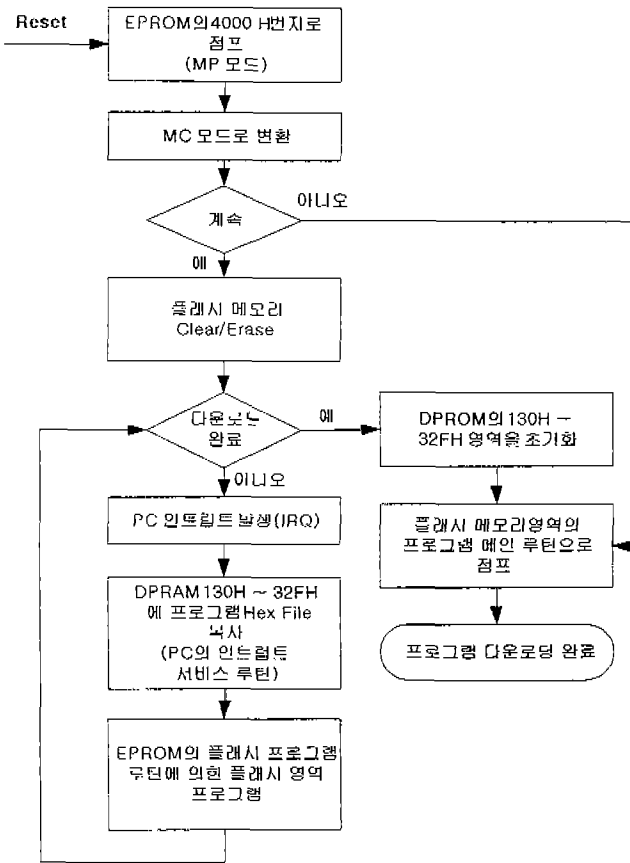


그림 3 다운로드 순서도

4. 실험

실험에 사용될 모터는 영구자석 동기모터이다. 다음은 2극 동기모터의 수학적 모델링을 한 것이다.

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + L_q \frac{d}{dt} i_{qs} + \omega_r L_d i_{ds} + \omega_r \lambda_n$$

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + L_d \frac{d}{dt} i_{ds} - \omega_r L_q i_{qs}$$

$$T_e = J \frac{d\omega_r}{dt} + B \omega_r + T_L$$

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_m i_{qs} - (L_q - L_d) i_{ds})$$

일반적으로 영구자석 동기모터의 회전자는 돌극성을 가진다. 이로 인해 제어가 복잡해진다. 그러나 동기좌표계에서는 고정자의 d상 전류를 0으로 제어함으로써, q상 전류만으로 토크를 제어할 수 있다. 이런 제어방식을 통해 모터를 제어하였으며, 그림 4는 동기모터의 속도 제어 블록도를 나타낸 것이다. 설계된 TMS320F240드라이브로 이 제어구조를 따라서 AC모터의 제어에 적용하였다 전류제어루프는 5kHz의 샘플링 주파수를 가지며, 속도제어루프는 1kHz의

샘플링 주파수를 가지고 제어한다.

실험에서 사용한 파워회로부의 구성은 IPM을 이용한 인버터와 다이오드 정류기로 구성되어 있다. DC link 전압은 300V로 실험하였다. 모터는 YASKAWA사의 USAMED-03M 8극 AC 서보동기모터이다. 사용된 모터 사양에 대한 것은 표 1에 나타나 있다. 그림 5는 정격전류의 q상 전류지령치(토크 지령치)와 실제 q상 전류출력(실제토크)을 보여주는 실험파형이다. 그림 6은 정격속도에서의 운전을 보여준다. 그림 7은 -1000rpm에서 1000rpm으로 정역운전하는 속도출력과 정지좌표계에서의 d상 전류파형을 나타낸다. 그림 8은 5rpm에서의 운전하는 속도출력파형이다.

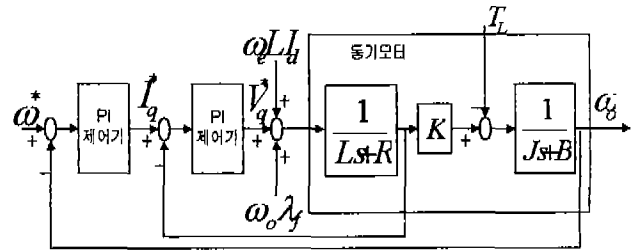


그림 4 제어기의 블록도

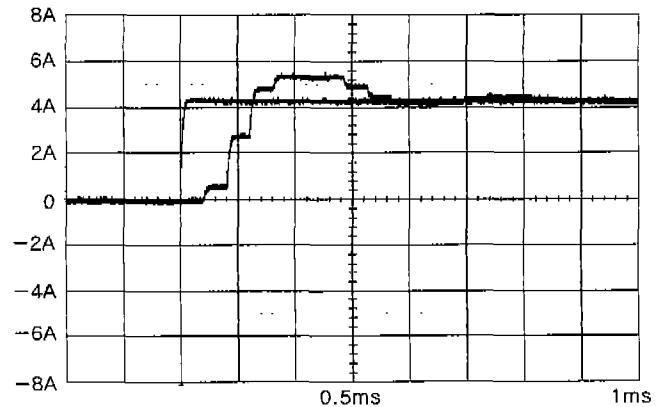


그림 5 정격전류에 대한 전류제어기 응답특성

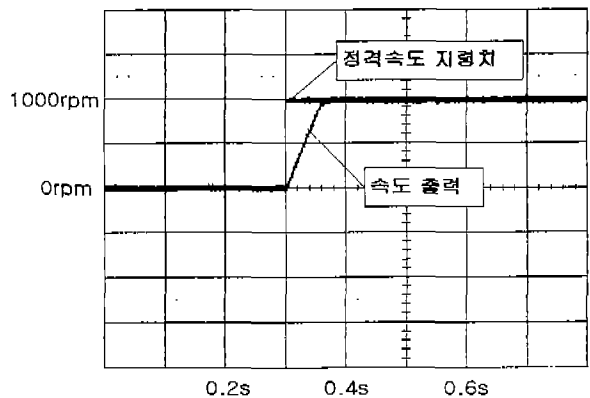


그림 6 정격속도운전(1000rpm)

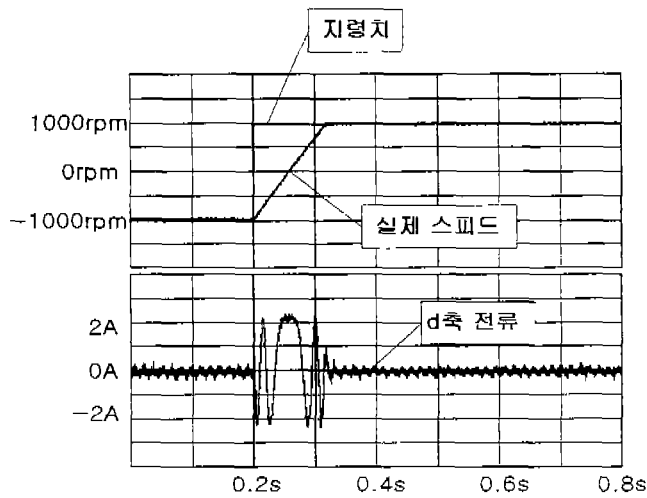


그림 7 정역운전에서의 속도출력과 d상 전류

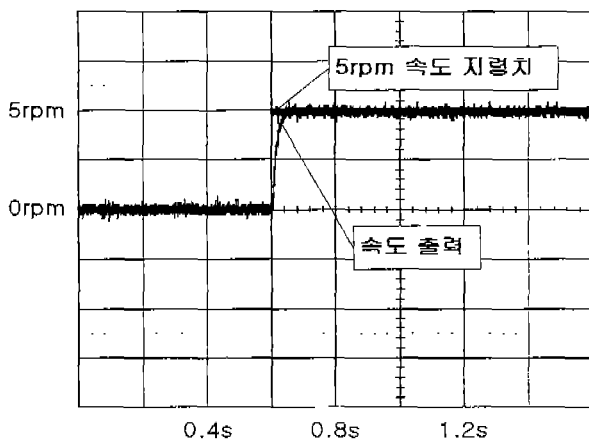


그림 8 5rpm에서의 속도출력

5. 결론

본 논문에서는 TMS320F240을 이용하여 벡터드라이브를 설계하였다. TMS320F240으로 구성된 제어회로는 구성하는데 적은 비용이 들뿐만 아니라 주변회로가 DSP칩에 내장되어 있으므로 그에 대한 신뢰성 또한 높아진다. 이는 상업용 모터제어기에서 꼭 필요한 점을 갖추고 있으며, 그 사이즈 또한 작게 만들 수 있어 상업용으로 쓰기에 아주 적합하다.

항 목	단 위	값
정격 출력	W	300
정격 토크	$Kgf \cdot cm$	29
연속 최대토크	$Kgf \cdot cm$	30
순시 최대토크	$Kgf \cdot cm$	73.2
정격전류	A	3.0
저항	Ω	2.25
인덕턴스	mH	9.45
정격 회전수	rpm	1000
최대회전수	rpm	2000
토크상수	$Kgf \cdot cm/A$	10.3
Rotational Inertia	$Kg \cdot cm^2$	13.5
기계적 시정수	ms	8.3
전기적 시정수	ms	4.2

표 1 모터 사양표

참고문헌

- [1] Paul C. Krause, "Analysis of Electric Machinery", p. 133 ~ 161.
- [2] Texas Instruments, "TMS320F240C24x DSP Controllers Reference Set : CPU, System, and Instruction Set "
- [3] Texas Instrument " TMS320C24x DSP Controllers : Peripheral Library and Specific Devices "