

PSD302를 이용한 완전 이식형 인공심장 및 심실보조장치 제어용 디지털 콘트롤러 소형화에 관한 연구

*이정훈, *최종훈, 이종진[†], *김옥은, 엄경식[†], 최재순[†], 안재목[†], 최원우[†],
박성근[†], 조영호[†], 김희찬[†], 민병구[†]

*서울대학교 공과대학 전기공학부, [†]서울대학교 공과대학 의공학과,
[‡]서울대학교 의과대학 의공학과

A Study on Miniaturization of Digital Controller for both Implantable Total Artificial Heart (TAH) and Ventricular Assist Device (VAD) using PSD302

*J. H. Lee, *J. H. Choi, J. J. Lee[†], *W. E. Kim, K. S. Om[†], J. S. Choi[†], J. M. Ahn[†],
W. W. Choi[†], S. K. Park[†], Y. H. Cho[†], H. C. Kim[†], and B. G. Min[†]

*School of Electrical Eng., College of Eng., Seoul National Univ.,

[†]Dept. of Biomedical Eng., College of Eng., Seoul National Univ.,

[‡]Dept. of Biomedical Eng., College of Med. Seoul National Univ.

Abstract

In the Total Artificial Heart (TAH) and Ventricular Assist Device (VAD), the size implanting the internal controller into human body is very serious problem. Hence, we need the size reduction of that controller for safe implantation. Using PSD302 chip for microcontroller-based applications, we could decrease the number of components in the digital control board and miniaturize the digital control board. We could replace a ROM, RAM, and a latch with that single chip, so the size of the newly developed board could be half the previous board.

1. 서론

인공심장 제어기는 인공심장 내부의 브러쉬리스 DC 모터를 구동하여 인공심장이 자연 심장과 동일한 기능을 할 수 있도록 제어하기 위한 장치이다 [1]. 또한 심실 보조장치 제어기 역시 심실 보조장치의 브러쉬리스 DC 모터를 구동하여 불완전한 심장의 기능을 대신할 수 있도록 제어하기 위한 장치이다. 완전 이식형 인공심장 제어장치나 심실 보조장치의 제어기를 위한 회로는 아날로그/디지털 혼재회로로 구성되며 마이크로프로세서를 이용한 디지털 회로가 시스템 전체를 제어하고 있다. 그러므로 디지털 회로가 오동작하면 시스템 전체가 정확하게 동작하지 않게 된다. 따라서 인공심장 제어기나 심실 보조장치 제어기의 경우 체내 이식 목적으로 회로를 설계함과 동시에 소형화하고 안정된 동작을 하도록 설계하여 안전하게 이식할 수 있도록

해야 한다 [2]. 현재의 인공심장 제어기나 심실 보조장치 제어기의 디지털 회로부분은 마이크로콘트롤러의 주변회로를 전체회로의 소형화 및 동작의 견실성 관점에서 최적화 설계를 실시하고 있으며 모타의 3상 구동신호를 만들어 주도록 프로그래머블 로직회로를 구성하여 추가될 IC회로를 제거하였다. 인공심장 제어기의 디지털 회로는 마이크로콘트롤러와 그 주변회로로 latch와 EPROM이 사용되고 있다. 또한 제어 시스템과 사람과의 휴먼인터페이스를 위하여 IBM PC를 사용하고 있으며 이들의 통신은 비동기 직렬통신(RS232C)방식에 의해 이루어지고 있다. 심실 보조장치의 경우도 비슷한 구성이다. 하지만 현재의 제어기는 인체 내로 안전하게 삽입할 수 있을 정도로 소형화 되지 못했기 때문에 다른 여러 회로들과 함께 인공심장 제어기의 소형화가 필요하다. 디지털 회로의 경우 마이크로콘트롤러 주변회로를 간단히 함으로써 소형화가 가능하다.

2. 시스템 구성

2-1. 기존의 회로

현재 사용하고 있는 인공심장 제어기의 디지털 회로는 마이크로콘트롤러로 87C196KD를 사용하고 있으며 주변회로로 latch와 256 Kbits EPROM이 있다. 그리고 87C196KD 내부에 있는 256 바이트의 레지스터를 이용하여 필요한 데이터를 저장하도록 되어 있다. 그리고 심실 보조장치의 경우는 그림 1에 나와 있듯이 마이크로콘트롤러로 87C196KD를 사용하고 있으며 주변회로로 latch와 256Kbits EPROM, 256Kbits SRAM을 사용하고 있다. 두 경우 모두 일반적인 디지털 제어기 구성에 있어서 필수적인 것만을 사용하였지만 이와 같은 형태로는 인체 내 완전삽입이 가능할 정도로 제어기를 소형화하기는 어렵다. 사용된 component 수가 많기 때문에 크기를 줄이는 데 어려움이 있고, 마이크로콘트롤러에서 나온 어드레스/데이터 선들이 각 component와 병렬연결 되기 때문에 보드 상에서 많은 부분을 차지하고 잡음의 영향도 받게 된다. 특히 5V의 전원 노이즈의 영향을 각각의 component가 받고 있기 때문에 그에 대한 compensation 문제의 해결이 필요하게 된다. 또 latch의 출력이 마이크로콘트롤러와 ROM의 입력으로 가게 되는데 이

때 잡음의 영향으로 입력과 다른 출력을 내게 될 경우 불안정한 동작을 할 가능성도 있다. 따라서 인체 내 삽입시의 안정성 면에서도 component 수를 가능한 한 줄이는 것이 효과적이라 할 수 있다.

2-2. 변형된 회로

그림 2의 회로는 앞서 말한 그림 1의 회로와 동일한 동작을 하는 회로이다. 그림 2의 회로에서는 PSD302 칩을 사용하여 회로를 구성하였는데, PSD302는 microcontroller-based applications를 위한 single chip peripheral로 19개의 individually configurable I/O pins를 가지고 있으며 512Kbits UV EPROM, 16Kbits SRAM 그리고 두 개의 Programmable arrays (PAD A, PAD B)를 단일 칩 내에 가지고 있는 것이 큰 특징이다 [3]. 이 디바이스를 사용함으로써 디지털 회로를 소형화 시킬 수 있다.

		기존의 회로	변형된 회로
RAM		256Kbits	16Kbits
ROM		256Kbits	512Kbits
component 수		4개	2개
Size(가로×세로 (cm ²))		8×4.5	3.5×4.5
access time	ROM	120 ns (EPROM only)	120 ns including input latches and PAD address decoding
	RAM	about 100 ns (SRAM only)	120 ns including input latches and PAD address decoding

표 1. 심실 보조장치 제어기 디지털 회로 비교 (기존의 것과 변형된 것)

특히 87C196KD와 PSD302를 모두 SMT(Surface Mount Type)로 사용할 경우 디지털 보드의 크기가 87C196KD 하나정도의 크기까지 줄어들 수 있다. 그리고 ROM의 크기가 훨씬 커지게 되는 잇점이 있다. 반면 RAM의 크기가 작아지는데 점차로

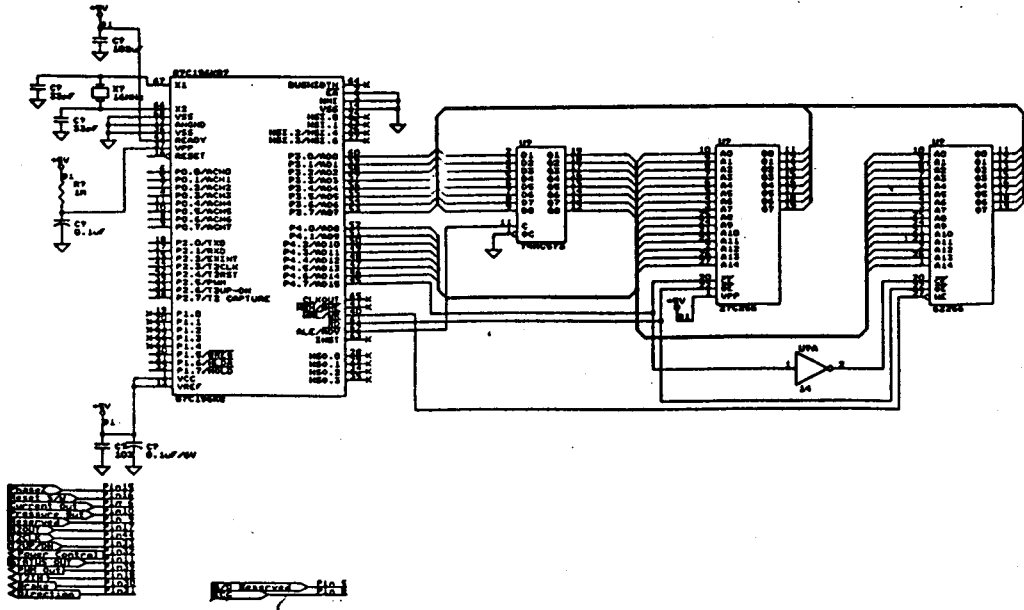


그림 1. 기존의 심실 보조장치 제어기 디지털 회로

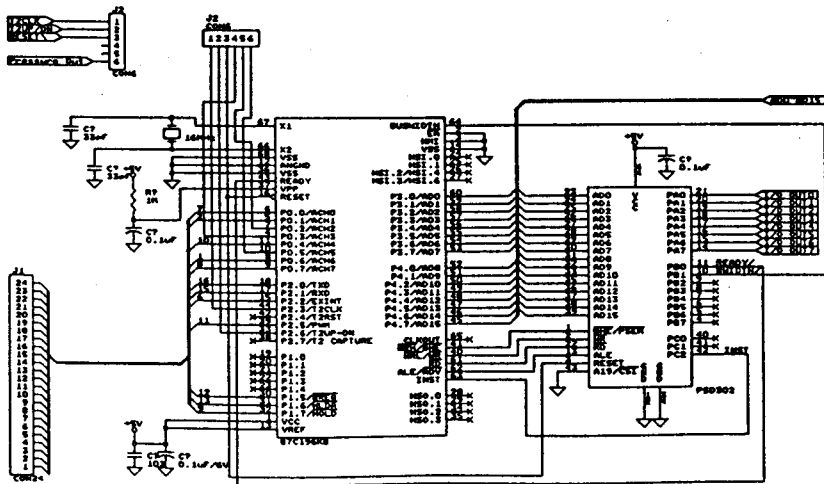


그림 2. PSD302를 사용하여 소형화한 심실 보조장치 제어기 디지털 회로

87C196KD 내부의 레지스터만을 사용하는 방향으로 연구를 해왔기 때문에 이는 그다지 큰 문제가 되지 않는다. 오히려 외부 RAM을 제거할 경우 87C196KD 내부 레지스터의 크기가 256 바이트라 다소 부족한 면이 있는데 PSD302를 사용함으로써 크기에서의 이득을 유지하면서 16Kbits의 RAM을 확장할 수 있는 잇점도 있다. 또한 기존의 회로에서 각 component에 연결되던 병렬의 어드레스/데이터 선을 현저히 줄일 수 있기 때문에 잡음 특성 역시 향상될 것이다. 따라서 전원 노이즈에 의한 영향도 한 component에만 미치기 때문에 필터링을 통한 compensation도 용이하게 된다. 그리고 component 수가 줄어들기 때문에 안정적인 동작 면에서나 파워 소모 면에서도 유리할 것이다.

3. 결론 및 토의

디지털 제어회로는 비단 인공심장 제어기나 심실 보조장치에서 뿐 아니라 다른 많은 제어기에 사용 되는 회로이다. 따라서 많은 응용 범위를 갖는다고 볼 수 있고 특히 소형 안정화가 중요시되는 부분에 사용될 수 있을 것이다. 현재 테스트용 범용 기판을 제작하여 특성을 측정 중이며 충분한 테스트를 통해 우선적으로 심실 보조장치에 사용할 계획이다. 그리고 나아가서 완전 이식형 인공심장 제어기에 응용될 것이다. 비단 디지털 회로 뿐 아니라 다른 여러 부분에서 역시 인공심장 제어기나 심실 보조장치 제어기의 소형화를 위한 노력이 진행중이며 무엇보다 소형화 안정화 된 제어기 제작에 초점을 맞추고 있다. 충분한 테스트를 거쳐 소형 안정화 된 디지털 제어기를 완성함과 동시에 사용한 디바이스에 맞도록 제어 알고리즘 역시 변형해야 할 것이다. 차후 완전 이식형 인공심장 혹은 심실 보조장치에 사용될 배터리 정보나 외부 컨트롤러와의 통신 등에서 얻게 될 데이터들을 소형화된 디지털 회로로 효과적인 processing 할 수 있도록 제어 알고리즘에 관한 연구가 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김희찬, 전동기 구동형 인공심장의 제어에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 제어계측 공학과, 1989.

[2] J. M. Ahn, B. G. Min, W. G. Kim, and J. R. Roh, "Implantable Controller with Fault Tolerance for the Moving-Actuator Total Artificial Heart (TAH) : Use of a Dual Board," Springer-Verlag, Tokyo, pp. 297-300, 1996.

[3] *Programmable Peripherals Design and Applications Handbook*, WaferScale Integration, Inc. 1992