

미세전류 경혈치료기의 개발

정원기*, 김영석¹

¹전주대학교 전기전자정보통신학부

Development of a Microcurrent acupuncture point treatment equipment

Won Ki Jung^{1*} and Young Suk Kim¹

¹School of Electrical Engineering, Jeonju University

요 약 마이크로컨트롤러 AVR를 이용하여 미세전류 경혈치료기를 개발하였다. 이 치료기는 정현파, 삼각파, 구형파, DC를 출력할 수 있다. 정현파, 삼각파 등의 주파수 범위는 1 - 320 Hz이고 DC의 출력 범위는 40 - 200 μ A이며 출력시간은 1 - 30 분으로 조절가능하다.

Abstract We developed a Microcurrent acupuncture point treatment equipment using micro-controller AVR. This equipment can generate a sine wave, triangle wave, square wave and DC. The frequency range of waves like the sine wave and the triangle wave is 1 - 320 Hz and the output range of DC is 40 - 200 μ A . The duration is controllable between a minute to 30 minutes.

Key Words : Microcurrent, Micro-controller, Acupuncture point

1. 서론

미세전류(Microcurrent) 치료기는 인체가 거의 느낄 수 없는 정도의 수십 μ A 정도의 저전류를 사용하면서도 통증을 치료하며 근육과 신경의 조직손상회복에 놀라운 효과를 나타내는 새로운 형태의 치료기이다. 기존의 TENS나 간섭파 치료기 등의 치료는 통증을 그 자극의 역치(threshold)만큼 가해 통증을 잊게 만들거나 통증전달의 경로를 차단시키는 방법이다. 그러나, 미세전류 치료는 인체 내에 흐르는 생체전기(Bio-current)를 이용하여 통증의 원인이 되는 신경, 근육, 조직의 손상을 복구, 회복시키는 원리이다. 생체전기란 부상전류, Healing Current라고도 알려져 있는데 식물의 잘려진 부위에서 전류가 발생하고 동물에서도 비슷한 전류가 흐름을 Becker가 발견하면서 알려졌다. Cheng은 이 전류가 ATP(아데노신삼인산)을 생성하고 세포막을 이동하며 단백질을 생성하여 상처나 통증을 자연 치유한다고 보고하였다. 상처가 생기거나 통증이 있으면 이러한 생체전기가 자연 발생하여

상처를 치유하지만 인위적으로 이런 전류를 만들어서 통증이 있는 곳이나 경혈에 흘려주면 더 빨리 통증이 치유되며 침술의 효과를 더 증대시킨다[1-5].

본 논문에서는 생체전기와 비슷한 크기인 40 - 100 μ A의 미세전류를 생성하고 이것을 펄스파 혹은 삼각파로 변조하여 경혈 및 신경에 자극을 주어 통증의 원인이 되는 신경, 근육, 조직의 손상을 복구, 회복시키는 의료기기를 만들었다. 이 미세전류 치료기는 개인의 피부저항에 따라 인체에 흐르는 전류가 달라지는 것을 보정하여 치료기에 명시된 정확한 전류를 인체에 흐르도록 할 수 있으며 단방향 혹은 양방향으로 전류가 흐르도록 스위치로 선택할 수도 있다. 이 미세전류를 생성하고 변조하기 위해서 AVR 마이크로컨트롤러 임베디드 기술을 사용했으며 언어로는 C언어를 사용하고 컴파일러는 코드비전을 사용했다.

2. 미세전류 치료기의 설계 및 제작

*교신저자 : 정원기(wjung@jj.ac.kr)

접수일 10년 05월 25일

수정일 (1차 10년 07월 14일, 2차 10년 08월 02일)

게재확정일 10년 08월 10일

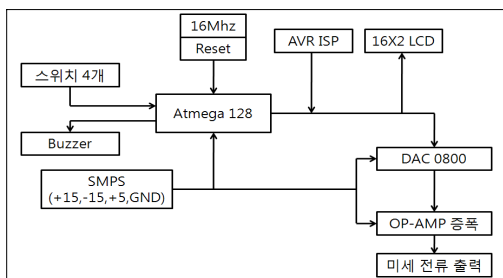
2.1 미세전류 치료기의 설계 사양 및 시스템 블록도

미세전류 치료기를 만들기 위해서 마이크로컨트롤러를 사용했으며 그들의 설계사양은 표 1과 같다.

[표 1] 미세전류 치료기 설계 사양

항목	사양	비고
CPU	ATmega128-16A (16 MHz)	16 MHz 수정 발진자 사용
프로그램	C 언어, 코드비전	
I/O	PORTA	DAC0800(8비트)의 입력과 연결
	PORTD	LCD(16X2) 모듈 화면 출력
	PORTE (4-7)	포트E : 4개의 입력 스위치
	PORTG	Buzzer

그림 1은 전체 시스템의 블록도이며 ATmega 128의 E 포트에 4개의 스위치를 달아서 파형의 모드변환 및 주파수, 작동시간의 변화 등을 할 수 있게 하였다. 시스템 클럭은 16 MHz의 수정발진자를 사용하여 공급하였으며 C 언어로 작성된 프로그램을 Codevision으로 컴파일한 후 AVR ISP를 통해 플래쉬 메모리에 다운로드했다. 전원은 OP amp에 +15V, -15V를 공급하고 ATmega128 및 DAC에 +5V를 같이 공급할 수 있는 SMPS를 사용하였다.



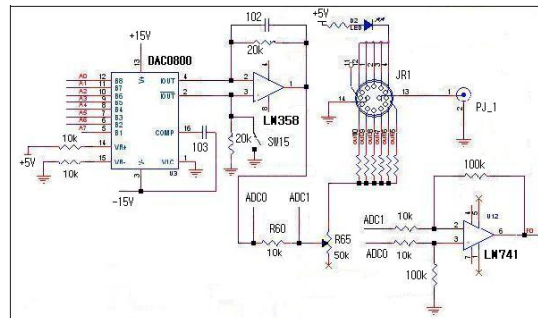
[그림 1] 미세전류 경혈자극기의 시스템블록도

2.2 미세전류치료기의 전체 회로도 및 구현 [6-7]

그림 2는 ORCAD로 그린 미세전류치료기의 전체 회로도 중 1개의 출력채널에 해당하는 일부회로이다. ATmega128의 A 포트를 통해서 나오는 디지털 출력은 8비트 D/A 변환기 DAC0800 및 OP amp LM358을 거쳐

서 아날로그 출력으로 바뀌고 이것은 다시 로타리셀렉터에 연결된 저항들에 의해서 출력전류가 변화될 수 있게 했다. 로타리셀렉터(JR1)에 연결된 저항들과 OP amp의 출력사이에 전류측정용 저항 R60과 전류보정용 가변저항 R65가 연결되어 있는데 이것은 인체의 피부저항에 따라서 인체에 흐르는 전류가 미세전류 치료기에 명시된 전류값과 달라지는 것을 보정하기 위함이다. 즉, 로타리셀렉터에 의해서 40 μ A가 인체에 흐르도록 선택하였다 하더라도 인체의 피부저항에 따라 약간 크거나 작은 전류가 흐를 수 있다. 그러면, R60 양단의 전압차를 LM741로 10배 증폭해서 이 출력값을 ATmega128의 ADC로 디지털화한 후 이것을 전류로 환산하여 LCD 창에 나타내고 40 μ A보다 크거나 작으면 가변저항 R65를 조정하여 정확하게 40 μ A가 되도록 한다. 이렇게 한번 가변저항으로 조정을 하면 로타리셀렉터로 60 μ A, 80 μ A, 100 μ A, 200 μ A로 전류를 바꾸더라도 더 이상의 조정은 필요하지 않았다.

이 회로는 SW15에 의해 단극성(unipolar)과 양극성(bipolar) 중 하나를 선택할 수 있으며 SW15가 on이면 출력전압의 범위는 약 0 ~ +10V이고 SW15가 off이면 출력전압의 범위는 약 -10 ~ +10V이다. 최종 출력전류는 출력잭 PJ_1을 통하여 경혈침에 연결되며 이 시스템은 이런 출력잭이 4개가 있으며 회로도에는 생략되어 있다.



[그림 2] 미세전류치료기의 회로도

그림 3은 전체 회로도에 따라 제작된 PCB 기판에 부품들을 장착한 회로기판의 사진이다. PCB 기판의 부품 및 부분회로에 대한 설명은 다음과 같다.

(1) ATmega128 MCU

- 전체 프로그램을 ISP 커넥터를 통해 플래쉬 메모리에 저장
- 시스템의 전체적인 제어 역할
- 시스템 reset 스위치

(2) DAC(8비트)

ATmega128 MCU에서 출력되는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환

(3) OP Amp

DAC의 출력 전류를 전압으로 변환

(4) LCD 커넥터

LCD 모듈과 연결되는 커넥터

(5) 전류 보정용 가변저항

개인의 피부저항에 따라 달라지는 전류의 보정

(6) 전원 커넥터

본 기기 전체 on/off 스위치를 외부로 연결할 수 있는 커넥터

SMPS를 연결할 수 있는 커넥터

(7) 설정 스위치

SW1 - SW4의 4개 스위치로 시스템 모드 설정을 위해 사용

(8) 셀렉터 극성 스위치

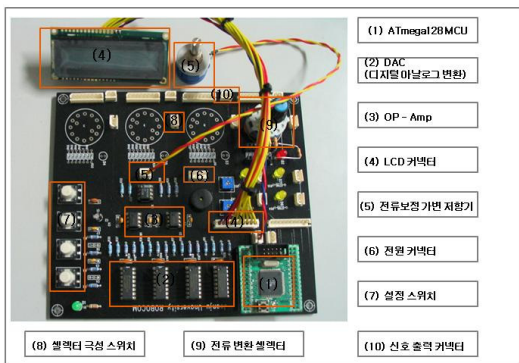
신호의 단극성 및 양극성의 선택 스위치

(9) 전류 변환 셀렉터

off, 40 μ A, 60 μ A, 80 μ A, 100 μ A, 200 μ A, 6단계 변환 가능

(10) 신호 출력 커넥터

출력 신호를 외부로 연결할 수 있는 커넥터



[그림 3] PCB 기판의 사진

본 미세전류 치료기의 PCB기판은 연결 커넥터를 통하여 외부케이스에 부착된 단자들과 쉽게 연결될 수 있도록 설계되었으며 4개의 신호 출력부를 가지고 있다. 4개의 신호 출력부는 각각 로타리 셀렉터가 연결되어 있어서 전류를 변화시킬 수 있다. 출력되는 파형의 형태 및 주파수 등이 LCD 창에 표시된다. 또, 출력파형의 모드는 LED로도 표시되게 하였다.

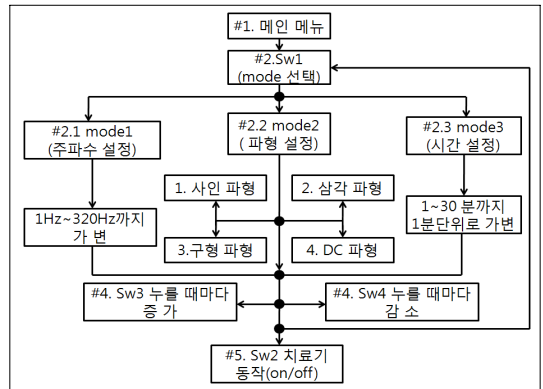
그림 4는 실제 제작된 제품의 사진이다.



[그림 4] 실제 제작된 제품의 사진

2.3 미세전류 치료기의 스위치 개념도

그림 5는 AVR의 port E에 연결되어 있는 4개의 스위치의 사용법을 나타내는 개념도이다. SW1을 누를 때마다 주파수 설정 모드인 모드 1, 파형설정 모드인 모드 2, 동작시간의 설정모드인 모드 3으로 모드가 변경된다. 모드 1인 상태에서 SW3을 누르면 주파수가 증가하고 SW4를 누르면 주파수가 감소한다. 모드 2인 상태에서 SW3을 누르면 정현파, 삼각파, 구형파, DC로 차례로 파형을 변화시킬 수 있다. 모드 3인 상태에서 SW3을 누르면 동작시간이 증가하고 SW4를 누르면 동작시간이 감소한다. SW2는 전체 시스템을 on/off 한다.



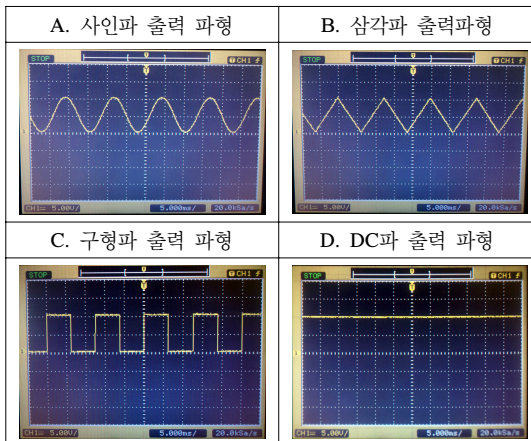
[그림 5] 스위치 개념도

- SW1 : mode 1 - 3 까지 변경
 - Mode 1 : 주파수 설정
1Hz, 2Hz, 4Hz, 6Hz, 10Hz, 20Hz,
40Hz, 80Hz, 160Hz, 320Hz
10단계로 변경 가능
 - Mode 2 : 파형 설정
Sin(정현파), Tri(삼각파),
Squ(구형파), DC(직류)
 - Mode 3 : 동작시간 설정
1분 - 30분 설정
- SW2 : 동작 on / off
- SW3 : 동작시간, 주파수, 파형모드 등을
증가시킴
- SW4 : 동작시간, 주파수, 파형모드 등을
감소시킴

3. 출력파형의 결과 및 평가

3.1 출력파형

그림 6은 여러 가지 모드의 출력파형이며 오실로스코프의 전압축인 y축은 Volts/Div = 5V, 시간축인 x축은 Time/Div = 5 ms이다. 따라서, 진폭은 약 $5 \times 2 = 10V$ 이고 주기는 $5 \times 2.5 = 12.5$ ms이고 진동수는 80 Hz이다. 이 진동수는 1 Hz에서 320 Hz 까지 변경할 수 있다.



[그림 6] 여러 가지 모드의 출력파형

3.2 전자의료기기에 대한 식품의약품안전청의 기준

식품의약품안전청(이하 식약청)은 의료기기법 제 18

조 규정에 따라 의료기기에 대하여 적용범위, 형상 또는 구조, 시험규격, 기재사항 등을 기준규격으로 정하여 고시하고 있다[8]. 미세전류 경혈치료기는 [별표] 품목별 전자의료기기 기준규격의 31. 저주파자극기의 기준을 따르며 다음과 같다.

(1) 최소 출력의 제한 및 조절범위

불연속 조절인 경우는 1 mA 또는 1 V 이하 단위로 증감시켜야 한다.

(2) 출력의 정확성

펄스 반복 주파수, 진폭 값은 $\pm 10\%$ 허용오차 이내의 부하저항을 사용하여 측정할 때 $\pm 30\%$ 이상 벗어나서는 안 된다.

(3) 공급 전압 변동에 대한 안정성

$\pm 10\%$ 범위의 공급 전압 변동시에도 출력 진폭, 펄스 폭 또는 주파수 등은 $\pm 10\%$ 이상 변동되지 않아야 한다.

(4) 출력 패러미터의 제한

500 Ω 부하저항에서의 출력전류는 아래 표의 한계치를 넘지 않아야 한다. 즉, 출력전류가 DC의 경우 80 mA 이하, 400 Hz 이하의 교류에서는 50 mA 이하 이어야 한다.

본 논문에서 제작한 미세전류 경혈 치료기는 출력전류가 최대 200 μA 정도이기 때문에 (1)과 (4)번 기준은 충족하고 있다. (2)번 기준의 경우 펄스 반복 주파수, 진폭 값이 $\pm 10\%$ 이하 범위에서 변한다. (3)번 기준의 경우 SMPS를 사용하기 때문에 공급전압이 $\pm 10\%$ 정도 변화여도 SMPS의 출력전압은 거의 변하지 않는다. 따라서, 진폭, 펄스폭, 주파수 등도 거의 변하지 않는다.

3.3 미세전류 경혈치료기의 특성

본 논문에서 제작한 미세전류 경혈 치료기의 특성을 요약하면 표 2와 같다.

[표 2] 미세전류 치료기의 특성

항목	범위 및 특성
전류의 크기	40 μA - 200 μA
전류의 변조	사인파, 삼각파, 구형파, DC파
주파수의 변경	1 Hz - 320 Hz

동작시간의 변경	1분 - 30분
현재 정보의 표시	LCD 창에 파형, 주파수, 동작시간 등을 표시
장점	피부저항에 따라서 인체에 흐르는 전류가 변하는 것을 보정하는 기능
	SW15에 의해 단극성과 양극성의 선택가능

4. 결론

본 논문은 AVR 마이크로 컨트롤러를 이용하여 인체에 안전한 40 - 200 μ A의 미세전류를 생성하는 미세전류 경혈치료를기 개발하였다. 이 미세전류는 정현파, 삼각파, 구형파, DC로 출력이 되며 정현파, 삼각파, 구형파의 경우 1 - 320 Hz 까지 주파수를 변경할 수 있고 출력시간을 1 - 30 분까지 변경할 수 있다. 또, 이 치료기는 개인에 따라 피부저항이 달라지더라도 치료기에 명시된 일정한 전류가 인체에 흐르도록 하는 전류보정 기능을 추가하였으며 전류가 단방향 혹은 양방향으로 흐르는 것을 스위치로 선택할 수 있다. 이 치료기는 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식이기 때문에 부피가 작고 가격이 싼 장점이 있다.

참고문헌

- [1] Picker RI, "Low-volt pulsed microamp stimulation" pp. 28-33, Sep., 1989.
- [2] Chan HK, Fung DT, "Effects of low voltage microampere stimulation on tendon healing in rats" J. Orthop. Sports Phys. Ther., 37(7), pp 399-403, 2007.
- [3] Lambert MI, Marcus P, Burgess T et al "Electro-membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscle damage." Med. Sci. Sports Exerc. 34(4), pp 602-607, 2002.
- [4] Cheng N, et al, "The effect of electronic current on ATP generation protein sythesis and membrane transport in rat skin" Clin. Ortho. 171 pp. 264 - 272, 1982.
- [5] Becker RO, Selden G, "The Body eletric : Electromagnetism and the foundation of life. " Morrow Co. 1985.
- [6] 신동욱, 오창현, 알기 쉽게 배우는 AVR ATmega128, Ohm사, 2006.

[7] 윤덕용, AVR ATmega128 마스터, Ohm사, 2004.

[8] <http://www.kfda.go.kr/>

정 원 기(Won Ki Jung)

[정회원]



- 1980년 2월 : 전북대학교 물리학과 (이학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 물리학과 (이학석사)
- 1994년 2월 : 고려대학교 물리학과 (이학박사)
- 1988년 9월 ~ 현재 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부 교수

<관심분야>

마이크로컨트롤러 응용, 정보통신

김 영 석(Young Suk Kim)

[준회원]



- 2009년 2월 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부(공학사)

<관심분야>

마이크로컨트롤러 응용, 정보통신