

전자 디스펜서용 단일칩 제어기 설계

Design of an One-Chip Controller for an Electronic Dispenser

원영욱*, 김정범**
Young-Uk Won*, Jeong-Beom Kim**

Abstract - The electronic dispenser is composed of electronic part and mechanical part. Electronic part is consisted of input keypad, micro-controller, display module, and pump module. In this paper we designed micro-controller for electronic part. The micro-controller controls display module and pump module. The display module is composed by LCD device, and the pump module is composed by motor device. The micro-controller for an electronic dispenser is designed by VHDL. We used WX12864API for the LCD device and SPS20 for the stepping motor. Also, the micro-controller is designed by Altera Quartus tool and verified with Agent 2000 Design-kit using APEX20K Device. In this paper, we present possibility to adopt of biotechnology field through designing of one-chip controller for an electronic dispenser.

Key Words : 전자 디스펜서, 단일칩 제어기, LCD 제어, 모터 제어

I. 서론

피펫 및 디스펜서는 채취한 일정량의 용액을 다른 기구 및 용기에 일정량 또는 소량으로 옮기거나 나누어 담는 역할을 하는 기기로 일반적인 생화학 등의 기초적인 실험 분야로부터 의학, 바이오 및 면역학 등의 고급의 실험 분야에서 필수적인 기기라 할 수 있다. 기존의 수동 피펫 및 디스펜서는 사람의 인력에 의하여 기구를 동작시켰기에, 반복된 많은 양의 작업으로 인한 사용자의 피로감과 사용자의 컨디션에 따른 오동작의 우려가 있기에, 기존 기기의 장점을 유지하면서 사용이 편리하고 사용자의 피로감을 감소시킬 수 있는 전자 피펫 및 디스펜서가 사용되고 개발되기에 이르렀다. 그 중에서도 정확도를 높인 마이크로 피펫 및 디스펜서는 많은 사용자층을 확보하게 되었다. 특히 마이크로리터 또는 나노리터 단위의 정밀성을 갖는 전자 디스펜서는 DNA 유전정보의 분석을 가져온 DNA칩과 칩 하나로 유전자 증폭 및 분석 실험을 끝낼 수 있는 '랩온어칩(Lab On a Chip)', 단백질칩 등과 같은 바이오칩 분야의 유전자 성분 분석 실험에 있어서 유용하고 필수적인 기기가 되었다. 나노리터 단위의 단백질 추출 및 분석에 적용되므로 정밀함이 필요한 전자 디스펜서는 제작이 용이하지 않고, 나노리터 단위의 오차범위로 동작해야 하는 어려움이 있어 고가의 장비임에도 불구하고 대부분이 수입에 의존하고 있다.

본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기를 HDL(하드웨어

기술언어:Hardware Description Language)을 사용한 Behavioral 방법 설계와 회로도를 사용한 고조적 설계방법을 위주로 하여, LCD 모듈과 모터 모듈을 하나의 제어기로 동작할 수 있도록 설계한다. LCD 모듈로는 Graphic 타입의 STN LCD인 WX12864API-YYH를 사용하고, 모터로는 정밀 제어에 편리한 SPS20 스텝핑 모터를 사용하여 전자 디스펜서의 동작을 구성한다. 전자 디스펜서 제어기 설계를 위해, Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 후, Agent 2000 Design-kit, APEX20K 소자를 사용하여 LCD 모듈, 모터 모듈에 연결하여 동작 검증하도록 한다.

본 논문에서는 ASIC 기반의 단일 칩 마이크로프로세서를 기반으로 하는 전자 디스펜서를 최종 목표로 하여 설계한다.

II. 전자 디스펜서 제어기의 설계

2.1. 전자 디스펜서의 구성

전자 디스펜서의 전체 구성은 전자 장치와 기계 장치로 구성된다. 전자 장치는 입력 키패드와 디스플레이부, 제어기(Micro-Controller)로 구성되고, 기계 장치는 펌프부로 구성된다. 본 논문에서는 전자 장치 부분을 구현하였으며, 제어기를 설계하여 전체적인 전자 디스펜서의 동작을 제어한다. 제어기는 입력 키패드에서의 신호에 따라 디스플레이부와 펌프부의 동작 내용을 결정, 실행하도록 한다. 입력 키패드는 전자 디스펜서의 동작 버튼들로서, 전원 버튼 및 모드 선택 버튼, 실행 버튼 등으로 구성된다. 디스플레이부는 LCD 모듈을 사용하여 흡입, 정량 분배, 배출 모드에서의 동작을 표시한다. 펌프부는 모터를 사용하여 흡입, 배출의 펌핑(pumping) 동작을 할 수 있도록 구성한다.

그림 1에서 디스플레이부는 LCD 모듈로 구성되고, 펌프부는 모터 모듈로 구성된다. 디스플레이부의 LCD 모듈은

* 元 永 旭 : 江原大學校 電子工學科 碩士

** 金 政 範 : 江原大學校 電子工學科 副教授

※ 본 논문에 사용한 CAD S/W는 반도체설계교육센터(IDECC)의 지원에 의해 이루어 졌음

LDI(LCD Driver IC)와 LCD로 구성된다. 또한, 펌프부의 모터 모듈은 크게 모터 구동 IC와 모터로 구성된다.

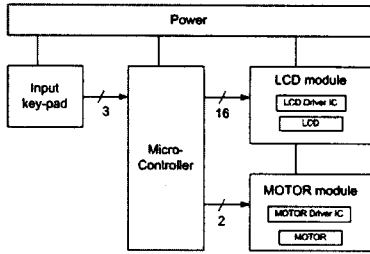


그림 1. 전자 디스펜서의 전자 장치의 구성

제어기는 LCD 모듈 제어 블록과 모터 모듈 제어 블록의 두 부분으로 나누어진다. 두 기능 블록은 동일한 입력으로 각각의 모듈을 동시에 동작시키도록 한다. 제어기는 전원(VDD, GND), clock(CLK), 모드 선택(MODE), 분배량 선택(DISP), 실행(ENTER)의 입력과 16-bit의 LCD 모듈 제어 신호(L_con bus, DB bus)와 2-bit의 모터 모듈 제어 신호(M_clk, CCW)의 출력을 갖는다.

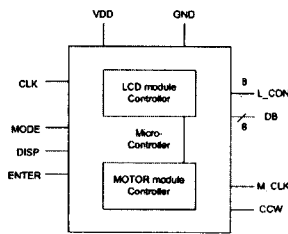


그림 2. 제어기의 기능 블록

전자 디스펜서의 기능은 일반적으로 많이 사용되어지는 흡입(Pipetting), 분배(Dispensing), 배출(Blow-out)의 세 가지 기본 동작 위주로 구성하여 설계하였다. 물론 설계자의 필요성에 따라 기능을 달리 할 수도 있다. 이에 따라, 입력 키패드의 구성과 LCD 모듈 부분에서는 LCD 화면에 표시되어지는 내용, 모터 모듈 부분에서는 모터의 흡입과 배출의 동작을 결정하여 설계하였다. 입력 키패드의 구성과 그에 따른 동작은 그림 3과 같다. M키는 모드(mode)를 선택하여 주는 키패드이다. 초기에 전원이 인가되면, 화면에는 단위량만이 표시되는 준비 모드 상태가 된다. 이때, M키를 1회 누르면 흡입 모드 상태가 선택되어진다. 이 상태에서 1회 더 누르면(총 2회) 분배 모드 상태가 된다. 1회 더 누르면(총 3회) 배출 모드 상태, 1회 더 누르면(총 4회) 다시 흡입 모드 상태가 된다. 3가지의 모드와 준비 모드를 표현하기 위하여 스테이트 머신을 사용하여 설계하였다. D키는 분배량(Dispensing amount)을 선택하여 주는 키패드이다. M키를 2회 눌러서 분배 모드 상태에서 D키를 눌러주는 횟수에 따라 순차적으로 분배량이 결정된다. 본 논문에서는 8가지 레벨로 설정하여 선택할 수 있다. E키는 실행(Enter) 동작을 선택하여 주는 키패드이다. M키와 D키를 사용하여 모드 선택 및 동작 설정

후, E키를 눌러서 최종 펌프의 동작을 실행시켜 주도록 한다. 또한, 분배 모드에서는 분배량 결정 후, E키를 1회씩 누를 때마다 최대 분배 가능 횟수까지 1회씩 실행된다.

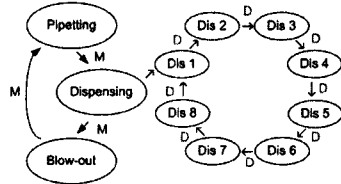


그림 3. 제어기의 동작 구성

2.2. 디스플레이부의 제어기 설계

LCD 모듈은 Graphic Type의 STN LCD인 WX12864AP1-YYH를 사용하였다. LCD 창의 표시는 128×64 dots로 구성된다. 사용 가능 duty cycle은 1/65가 되고, 3.3V를 동작전원으로 결정하였다. LDI로는 S6B1713칩이 사용되어진다. LCD에 표시되는 내용은 그림 5와 같이 정하였다. 흡입 모드에서는 1,3,4항이 표시되고, 분배 모드에서는 1,2,3,4,5,6항이 모두 표시되며, 배출 모드에서는 3,4항만이 표시된다. 1항은 흡입 동작 후 tip에 존재하게 되는 총량 및 분배 모드 동작 후 tip에 남아있는 총량을 알려준다. 2항은 분배 모드에서 한 번의 실행으로 분배되는 량을 표시한다. 5항은 분배 모드에서 E키를 눌러 분배 동작을 실행한 횟수를 나타낸다. 6항은 분배 모드에서 설정된 분배량에 따라 최대 실행 가능한 분배 실행 수를 알려준다. 3항은 현재 선택된 모드를 표시하여 준다. P는 흡입 모드, D는 분배 모드, B는 배출 모드를 나타내준다. 4항은 실제 펌프부가 동작 시 흡입 동작인지 배출 동작인지를 화살표로 알려준다. 화살표 방향이 위쪽으로 향할 경우는 흡입 동작, 화살표 방향이 아래쪽일 때는 배출 동작을 의미한다.

LCD 모듈 제어기의 기능 블록은 그림 4와 같다. 기능 블록은 크게 LCD 초기화 설정 회로(Initialization circuit), P/D/B 모드별 표시 회로(P/D/B mode circuits), 문자 데이터 회로(Character set data)의 3부분으로 구성된다. LCD 초기화 설정 회로는 LCD에 전원 인가 후, 데이터가 표시될 수 있도록 동작하는 회로이다. P/D/B 모드별 표시 회로는 각 모드 선택 시에 LCD에 해당되는 데이터 값을 표시하여 주는 역할을 한다. 문자 데이터 회로는 LCD에 dot로 표시되는 숫자 및 문자에 대한 데이터 값을 갖고 있는 메모리 회로 역할을 한다.

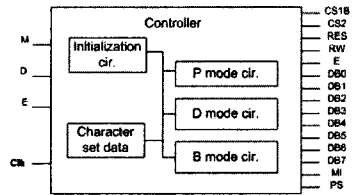


그림 4. LCD 모듈 제어기의 기능 블록도

LCD에 원하는 데이터를 표시하기 위해서는 전원 인가 후

초기화(Initialization) 과정과 디스플레이(Display) 과정이 순서대로 이루어져야 한다. 그림 5의 LCD 표시 과정대로 그에 해당하는 각각의 명령어를 입력하게 되면 LCD에 임의의 값을 표시할 수 있게 된다.

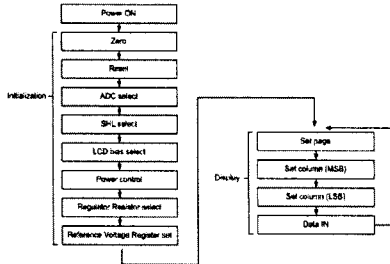


그림 5. LCD 표시 과정

전원이 인가되면 초기화 과정이 진행되고, M/D/E 입력 값에 따라 디스플레이 과정이 진행되게 된다. 초기화 과정은 전원 인가 시 처음에만 시도되고, 데이터 갱신 시에는 디스플레이 과정만이 재 실시된다. 초기화 과정은 다음과 같이 진행된다. 전원이 인가되기 시작하면, RESET 과정에서 RES핀을 통하여 "High" 신호를 내보낸다. 다음 과정으로는 ADC, SHL, LCD bias 선택을 통해 LDI 내부에서의 segment 표시 방향, com 출력 표시 방향, LCD 구동 전압의 저항률의 사용자 환경을 결정한다. 다음으로는 VC, VR, VF 제어를 통해 Power 제어의 동작을 행한다. 이후, Regulator 저항 선택, Reference 전압 레지스터 설정을 통해 LCD 동작 전압을 결정한다. 지금까지의 초기화 과정을 통해서, LCD에의 표시가 준비된다. 초기화 과정 후 디스플레이 과정을 진행한다. 먼저, 표시하고자 하는 데이터의 화면에 표시될 위치인 페이지와 컬럼을 지정해주어야 한다. 65개의 공통주소는 9개의 페이지로 구성되고, 각 공통주소에 대해서는 132개의 도트(dot)가 배열된다. 1개의 segment 구동 회로와 2개의 공통 구동회로는 132개의 가로 줄과 33 × 2 개의 세로 줄의 위치 주소 지정과 각 도트의 제어를 지정하여 준다. 컬럼 지정은 MSB와 LSB를 구분하여 두 번에 나누어 지정하여 준다. 데이터 표시 위치 지정 후, 데이터를 입력하여 문자를 표시하게 된다. LCD의 한 화면을 만들어내기 위해서는 상위 1 페이지의 1번 지부터 132번지까지의 segment가 점멸 후, 다음 2 페이지의 132개의 segment가 점멸되어, 최종 9 페이지까지 진행되어야 전체의 한 LCD 화면을 구성하게 된다. 실제 설계에서는 메모리 사용률을 줄이기 위하여, 사용되지 않는 도트를 제외한 가변 도트만을 점멸하도록 하였다. 또한, 데이터 값을 표시하기 위해서 그림 8과 같이 문자표를 만들어 사용하였다. 필요한 문자들은 0~9까지의 숫자와 단위, 화살표, P/D/B 등의 문자표만을 만들어 사용하였다. 각 문자 데이터 값은 필요시에만 호출하여 사용하도록 하였다.

2.3. 펌프부의 제어기 설계

펌프부의 제어기는 모터 모듈의 구동을 주 동작으로 하며, 정밀 제어에 우수한 스테핑 모터를 사용한다. 기본 동작은 LCD 모듈의 제어기와 마찬가지로 세 가지 모드인 흡입(Pipetting), 분배(Dispensing), 배출(Blow-out)로 설정하였다.

스테핑 모터를 그림 9와 같은 구조로 연결하여 펌프를 구성하고, 모터의 스텝과 회전 방향을 가지고 기능 동작을 한다.

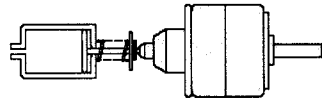


그림 6. 스테핑 모터를 이용한 펌프의 구성

흡입 모드 : 흡입(800 스텝 시계방향으로 동작)
 분배 모드 : 정량 분배(8단계: 1~200스텝 반시계방향으로 동작)
 배출 모드 : 잔량 혹은 전량 배출(800스텝 반시계방향으로 동작)

스테핑 모터의 동작에서 1스텝이 18°의 회전을 함으로, 1회전은 20스텝의 동작으로 이루어진다. 흡입 또는 배출에 있어서 최대 동작 회전은 40회전(800스텝)을 기본으로 한다. 스테핑 모터에 연결된 펌프부나 전자 디스펜서의 끝부분에 사용되어질 팁의 용량에 따라서 실제 전자 디스펜서가 흡입 또는 배출하게 될 용액의 양이 결정된다.

모터 모듈의 제어기는 입력으로는 전원, clk, M/D/E 핀을 사용하고, 출력으로는 CCW, M_clk의 핀을 사용하여 구성한다. 실제 설계는 HDL과 Schematic 설계를 병행하여 설계하였다. 모터 모듈 제어기의 블록도는 그림 7와 같다. 입력 신호에 따라 각 모드별 동작 회로가 동작, 선택되는 기능을 보여준다.

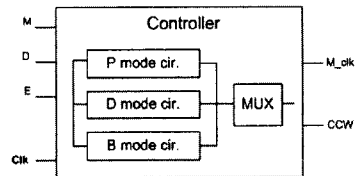


그림 7. 모터 모듈 제어기

CLK : clock 이나 clock 분배기를 거쳐 들어오는 신호
 MODE : P, D, B 선택하는 신호
 DISP : 분배 모드에서 분배량을 설정하는 신호
 ENTER : 동작 실행을 하는 신호
 M_clk : L297의 CLK로 들어가는 신호 출력
 CCW : L297의 CCW로 들어가는 신호 출력(회전 방향)

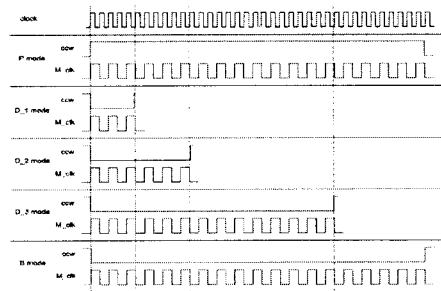


그림 8. 모드별 출력 신호

각 모드별 ccw와 M_clk의 출력 신호와의 관계를 그림 8에 보였다. 흡입 모드와 배출 모드에서의 신호는 ccw를 통한 회전 방향만 다르게 하여, M_clk 신호의 펄스 출력으로 최대

스텝의 회전 동작을 하도록 설계한다. 여러 가지의 분배 모드에서는 M_clk의 펄스 출력을 각 분배량에 따른 스텝만큼 회전 동작하도록 설계한다.

III. 제어기의 동작 검증(시뮬레이션 결과)

본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기를 Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계, 합성, 시뮬레이션 한 후, FPGA 소자로 배치하여 동작을 검증하였다. 사용한 소자로는 Altera APEX20k를 사용하였다.

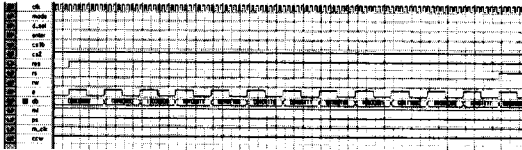


그림 9. 제어기의 전원 인가 후 시뮬레이션 결과

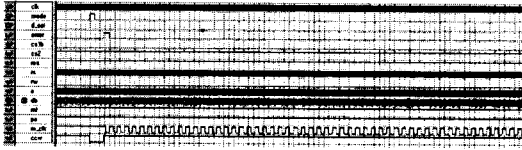


그림 10. 흡입 모드에서의 시뮬레이션 결과

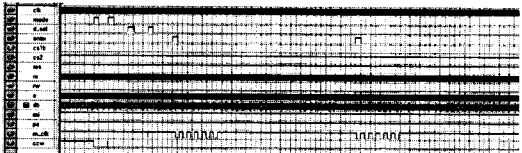


그림 11. 분배 모드에서의 시뮬레이션 결과

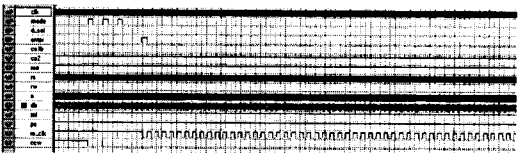


그림 12. 배출 모드에서의 시뮬레이션 결과

그림 9는 전원이 인가된 후, 제어기의 시뮬레이션 결과이다. 그림 10은 흡입 모드에서의 LCD의 디스플레이 과정과 모터의 흡입 동작을 할 수 있는 제어기의 출력 파형을 보여주고 있다. M_clk의 펄스가 최대 스텝 수만큼 출력되어, 모터가 최대 흡입 동작함을 알 수 있다. 그림 11은 분배 모드에서, D키를 2회 눌러 분배량 설정 후, E키로 2회 실행하였을 때의 제어기의 출력 파형 결과이다. M_clk의 펄스가 분배량만큼 출력됨으로서, 모터의 분배 동작이 행해짐을 알 수 있다. 그림 12는 배출 모드에서 E키를 눌러서 완전 배출 동작을 실행함을 보여준다. M_clk의 펄스 출력은 최대 배출 동작을 위해 최대 스텝 수 만큼 출력된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구에 사용한 CAD S/W는 반도체설계교육센터(IDEC)의 지원에 의해 이루어졌음.

IV. 결론

본 논문에서는 HDL를 사용한 행위적 설계방법과 회로도 툴을 사용한 구조적 설계방법을 위주로 하여, LCD 모듈과 모터 모듈을 단일 제어기로 동시에 동작 할 수 있도록 설계하였다. LCD 모듈로는 WX12864AP1-YYH를 사용하였고, 모터로는 SPS20 스텝핑 모터를 사용하여 전자 디스펜서의 동작을 구성하였다. 또한, Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 후, Agent 2000 Design-kit, APEX20K 소자를 사용하여 LCD 모듈, 모터 모듈에 연결하여 동작 검증함으로써, 동작이 원활히 이루어짐을 확인하였다.

추후에는 사용자의 환경에 따라 흡입 모드에서의 흡입량 설정, 분배 모드에서의 다양한 분배량 설정, 팁의 용량에 따른 다양한 용량 표시, 자체 보정 기능 등을 추가하여 사용자의 편리성을 증대시킬 수 있을 것이다. 본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기 설계를 통해 추후 전자 디스펜서의 전용 칩을 ASIC으로 구현하여 바이오기술 분야의 기기에 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] 차영배, 기초부터 응용까지 VerilogHDL, 다다미디어, 2001
- [2] 이강현, 조태원, 송상섭, 컴퓨터 구조 설계(VHDL 코딩을 중심으로), 대영사, 2002
- [3] 이승호, 박용수, 박근중, 이주현, ALTERA MAX+PLUS II를 사용한 디지털 논리 회로 설계의 기초와 활용, 북두출판사, 1999
- [4] 정승, (MAX+PLUS II를 이용한)VHDL 기반의 디지털 회로 설계, 충남대학교 출판부, 2003
- [5] Graphic LCD Driver IC 2001/2002 Data Book, Samsung Electronics Co., 2001
- [6] 이만형 외 9, 80C196KC를 이용한 마이크로프로세서, (주)사이텍미디어, 2000
- [7] Coelho, David R, The VHDL handbook, Kluwer Academic Publishers, 1989
- [8] 이강, (VHDL과 FPGA를 이용한)디지털 시스템 설계 및 응용, 아진출판사, 2002
- [9] Actel HDL Coding Style Guide, Actel Co., 2000