

전자 디스펜서용 단일 칩 제어기 설계

Design of an One-Chip Controller for an Electronic Dispenser

金台相*, 元永旭*, 金政範**

Tae-Sang Kim*, Young-Wook Won*, Jeong-Beom Kim**

요 약

본 논문에서는 전자 디스펜서(dispenser)용 제어기를 단일 칩으로 설계하였다. 전자 디스펜서는 전자부분과 기계 부분으로 구성되며, 전자부분은 입력 키패드, 제어기, 디스플레이 모듈과 펌프모듈로 구성된다. 본 논문에서 설계한 제어기는 LCD 소자와 모터 펌프를 제어하며 VHDL을 이용하여 설계하였다. LCD 소자로서 WX12864AP1을 사용하였으며, 스텝핑 모터로는 SPS20을 사용하였다. 이 제어기는 Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 후, Agent 2000 설계 키트와 APEX20K 소자를 사용하여 LCD 모듈과 모터모듈에 연결하여 동작 검증함으로써, 동작이 원활히 이루어짐을 확인하였다. 본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기 설계를 통해 전자 디스펜서의 전용 칩을 ASIC으로 구현하여 바이오기술 분야의 기기에 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

Abstract

This paper presents an one-chip controller for an electronic dispenser. The electronic dispenser is composed of electronic part and mechanical part. The electronic part is consisted of input keypad, micro-controller, display module, and pump module. In this paper we designed micro-controller for the 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 WX12864AP1 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 the biomedical device through the one-chip controller for the electronic dispenser.

Keywords : One-Chip Controller, Electronic Dispenser, ASIC

1. 서 론

피펫(pipet) 및 디스펜서(dispenser)는 채취한 일정량의 용액을 다른 기구 및 용기에 일정량 또는 소량으로 옮기거나 나누어 담는 역할을 하는 기기로 일반적인 생화학 등의 기초

적인 실험 분야로부터 의학, 바이오 및 면역학 등의 고급의 실험 분야에서 필수적인 기기라 할 수 있다. 기존의 수동 피펫 및 디스펜서는 사람의 인력에 의하여 기기를 동작시켰다. 따라서, 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 사용자 층을 확보하게 되었다. 특히 마이크로리터 (micro liter) 또는 나노리터 (nano liter) 단위의 정밀성을 갖는 전자 디스펜서는 랩온어칩(Lab On a Chip),

* 강원대학교 전기전자정보통신공학부
(Dept. of Electrical and Computer Eng., Kangwon National Univ.)

* 교신저자 (corresponding author)
接受日:2005年 6月 30日, 修正完了日:2005年 12月 16日

단백질칩 등과 같은 바이오칩 분야의 유전자 성분분석 실험에 있어서 유용하고 필수적인 기기가 되었다. 나노리터 단위의 단백질 추출 및 분석에 적용되므로 정밀함이 필요한 전자 디스펜서는 제작에 고도의 기술력이 필요하고, 나노리터 단위의 오차범위로 동작해야 하는 어려움이 있어 고가의 장비임에도 불구하고 대부분이 수입에 의존하고 있다.

본 논문에서는 ASIC 기반의 단일 칩 마이크로프로세서를 기반으로 하는 전자 디스펜서를 최종목표로 하여 전자 디스펜서용 제어기(micro-controller)를 설계하였다. LCD 모듈과 모터모듈을 하나의 제어기로 동작할 수 있도록 설계하였으며, LCD 모듈로는 그래픽 타입의 STN LCD인 WX12864AP1-YYH를 사용하고, 모터로는 정밀제어에 편리한 SPS20 스테핑 모터를 사용하여 전자 디스펜서를 구성하였다. 전자 디스펜서의 제어기는 Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 후, Agent 2000 설계 키트(design kit), APEX20K 소자를 사용하여 LCD 모듈, 모터모듈에 연결하여 동작을 검증하였다.

II. 전자 디스펜서 제어기 설계

1. 전자 디스펜서의 구성.

전자 디스펜서의 전체 구성은 전자장치와 기계장치로 구성된다. 전자장치는 입력 키패드와 디스플레이부, 제어기로 구성되고, 기계장치는 펌프부로 구성된다. 본 논문에서는 전자장치 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 동작버튼들로서, 전원버튼 및 모드 선택버튼, 실행버튼 등으로 구성된다. 디스플레이부는 LCD 모듈을 사용하여 흡입, 정량분배, 배출모드에서의 동작을 표시한다. 펌프부는 모터를 사용하여 흡입(pipetting), 분배(dispensing), 배출(blow-out) 동작을 수행한다.

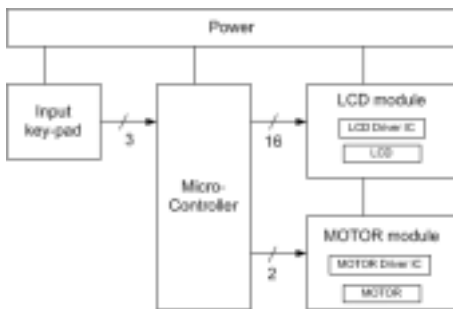


그림 1. 전자 디스펜서의 전자장치
Fig. 1. Electronic part of electronic dispenser.

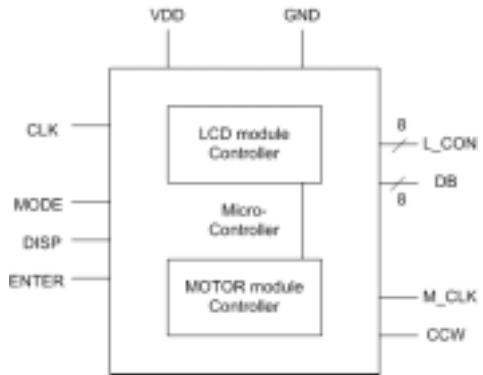


그림 2. 제어기의 기능 블럭도
Fig. 2. Functional blockdiagram of the controller.

그림 1은 전자 디스펜서의 전자장치의 블록도이다. 디스플레이부는 LCD 모듈로 구성되고, 펌프부는 모터모듈로 구성된다. 디스플레이부의 LCD 모듈은 LDI(LCD Driver IC)와 LCD로 구성된다. 또한, 펌프부의 모터모듈은 모터구동 IC와 모터로 구성된다.

그림 2는 제어기의 블록도이다. 제어기는 LCD 모듈 제어블록과 모터모듈 제어블록의 두 부분으로 나누어진다. 두 기능블록은 동일한 입력으로 각각의 모듈을 동시에 동작시킨다. 제어기는 전원(VDD, GND), clock(CLK), 모드선택(MODE), 분배량 선택(DISP), 실행(ENTER)의 입력과 16-bit의 LCD 모듈 제어신호(L_con bus, DB bus)와 2-bit의 모터모듈 제어신호(M_clk, CCW)의 출력을 갖는다. 전자 디스펜서의 기본기능인 흡입, 분배, 배출의 세 가지 기본동작을 하도록 구현하였다. 입력 키패드의 구성과 LCD 모듈 부분에서는 LCD 화면에 표시되어지는 내용, 모터모듈 부분에서는 모터의 흡입과 배출의 동작을 결정하여 설계하였다. 입력 키패드의 구성과 그에 따른 동작의 구성은 그림 3과 그림 4와 같이 정하였다. M키는 모드(Mode)를 선택하여 주는 키패드이다. 초기에 전원이 인가되면, 화면에는 단위량만이 표시되는 준비모드 상태가 된다. 이때, M키를 1회 누르면 흡입모드 상태가 선택되어진다. 이 상태에서 1회 더 누르면(총 2회) 분배모드 상태가 된다. 1회 더 누르면(총 3회) 배출모드 상태, 1회 더 누르면(총 4회) 다시 흡입모드 상태가 된다.



그림 3. 입력 키 패드

Fig. 3. Input keypad.

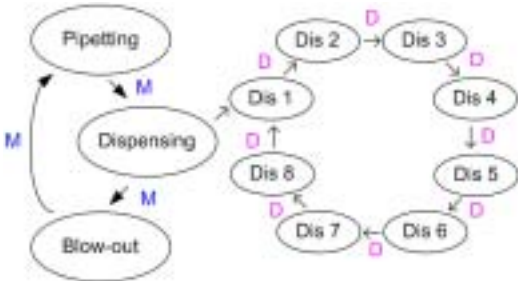


그림 4. 제어기의 동작

Fig. 4. Operation of the controller.

3가지의 모드와 준비모드를 표현하기 위하여 상태도(state diagram)를 사용하여 설계하였다. D키는 분배량(Dispensing amount)을 선택하여 주는 키패드이다. M키를 2회 눌러서 분배모드 상태에서 D키를 눌러주는 횟수에 따라 순차적으로 분배량이 결정된다. 본 논문에서는 8가지 레벨로 설정하여 선택할 수 있도록 하였다. E키는 실행(Enter) 동작을 선택하여 주는 키패드이다. M키와 D키를 사용하여 모드선택 및 동작 설정 후, E키를 눌러서 최종 펌프의 동작을 실행시킨다. 또한, 분배모드에서는 분배량 결정 후, E키를 1회씩 누를 때마다 최대 분배 가능 횟수까지 1회씩 실행된다. 본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기를 VHDL을 사용하여 설계하였다[1-5].

2. 디스플레이부 제어기 설계

디스플레이부의 제어기는 LCD 모듈을 제어하는 역할을 한다. LCD 모듈은 그래픽 형식의 STN LCD인 WX12864AP1-Y YH를 사용하였다. LCD 창의 표시는 128×64 dots로 구성된다. 사용 가능한 듀티사이클(duty cycle)은 1/65가 되고, 동작전원은 3.3V이다. LDI 로는 S6B1713칩이 사용되었다[6].

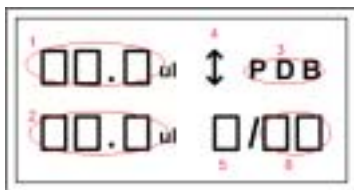


그림 5. LCD 표시 내용

Fig. 5. LCD display.

LCD에 표시되는 내용은 그림 5와 같다. 흡입모드에서는 1, 3, 4항이 표시되고, 분배모드에서는 1, 2, 3, 4, 5, 6항이 모두 표시되며, 배출모드에서는 3, 4항만이 표시된다. 1항은 흡입동작 후 팁(tip)에 존재하게 되는 총량 및 분배모드 동작 후 팁에 남아

있는 총량을 알려준다. 2항은 분배모드에서 한 번의 실행으로 분배되는 양을 표시한다. 5항은 분배모드에서 E키를 눌러 분배 동작을 실행한 횟수를 나타낸다. 6항은 분배모드에서 설정된 분배량에 따라 최대 실행 가능한 분배 실행 수를 알려준다. 3항은 현재 선택된 모드를 표시하여 준다. P는 흡입모드, D는 분배모드, B는 배출모드를 나타내준다. 4항은 실제 펌프부가 동작 시 흡입동작인지 배출동작인지를 화살표로 나타낸다. 화살표 방향이 위쪽(↑)으로 향할 경우는 흡입동작, 화살표 방향이 아래쪽(↓)일 때는 배출동작을 의미한다.

그림 3과 그림 5의 입력 키패드 구성과 LCD 표시 내용을 기반으로 설계한 LCD 모듈 제어기의 기능 블록은 그림 6과 같다. 기능 블록은 크게 LCD 초기화 설정회로(Initialization circuit), P/D/B 모드별 표시회로(P/D/B mode circuits), 문자 데이터 회로(Character set data)의 3부분으로 구성된다. LCD 초기화 설정회로는 LCD에 전원 인가 후, 데이터가 표시될 수 있도록 초기화 해주는 회로이다. P/D/B 모드별 표시회로는 각 모드 선택 시에 LCD에 해당되는 데이터 값을 표시하여 주는 역할을 한다. 문자 데이터 회로는 LCD에 도트(dot)로 표시되는 숫자 및 문자에 대한 데이터 값을 갖고 있는 메모리 회로 역할을 한다. LCD에 원하는 데이터를 표시하기 위해서는 전원 인가 후 초기화(Initialization) 과정과 디스플레이(Display) 과정이 순서대로 이루어져야 한다. 그림 7의 LCD 표시 과정대로 그에 해당하는 각각의 명령어를 입력하게 되면 LCD에 임의의 값을 표시할 수 있게 된다.

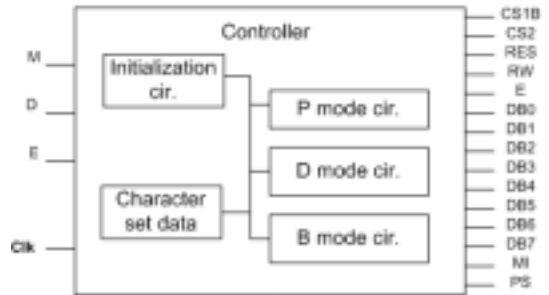


그림 6. LCD 모듈 제어기의 기능 블록도

Fig. 6. Blockdiagram of LCD controller.

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, 리셋(RESET) 과정에서 RES핀을 통하여 "High" 신호를 내보낸다. 다음 과정으로는 ADC, SHL, LCD bias 선택을 통해 LDI 내부에서의 세그먼트(segment) 표

시 방향, com 출력 표시 방향, LCD 구동 전압의 저항률의 사용자 환경을 결정한다. 다음으로는 VC, VR, VF 제어를 통해 Power 제어의 동작을 행한다. 이후, 레귤레이터(regulator) 저항 선택, 기준전압 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 도트가 배열된다. 1개의 세그먼트 구동회로와 2개의 공통 구동회로는 132개의 가로 줄과 33x2 개의 세로 줄의 위치 주소 지정과 각 도트의 제어를 지정한다. 이러한 방식으로 LCD 화면이 구성됨을 그림 8에 나타내었다.

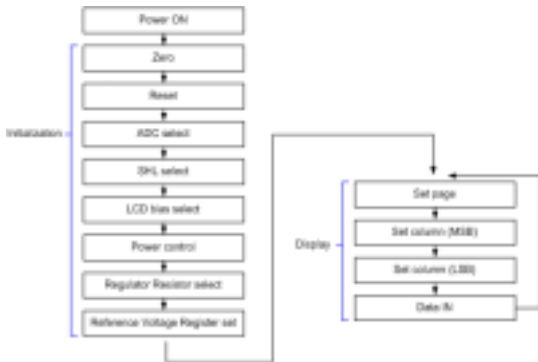


그림 7. LCD 표시과정
Fig. 7. LCD display procedure.

컬럼 지정은 MSB와 LSB를 구분하여 두 번에 나누어 지정한다. 데이터 표시 위치 지정 후, 데이터를 입력하여 문자를 표시하게 된다. LCD의 한 화면을 만들어내기 위해서는 상위 1 페이지의 1번지부터 132번지까지의 세그먼트가 점멸 후, 다음 2 페이지의 132개의 세그먼트가 점멸되어, 최종 9 페이지까지 진행되어야 전체의 한 LCD 화면을 구성하게 된다. 실제 설계에서는 메모리 사용률을 감소시키기 위하여, 사용되지 않는 도트를 제외한 가변 도트만을 점멸하도록 하였다. 또한, 데이터 값을 표시하기 위해서 그림 9와 같이 문자표를 만들어 사용하였다. 필요한 문자들은 0~9까지의 숫자와 단위, 화살표, P/D/B 등의 문자표 만을 만들어 사용하였다. 각 문자 데이터 값은 필요시에만 호출하여 사용한다.

| Page Address | | | | Data | Page | Use Address |
|--------------|-----|-----|-----|----------|-------|-------------|
| Page | Col | Row | Bit | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 00000000 | Page0 | 00000000 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 00000000 | Page1 | 00000000 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 00000000 | Page2 | 00000000 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 00000000 | Page3 | 00000000 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 00000000 | Page4 | 00000000 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 00000000 | Page5 | 00000000 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 00000000 | Page6 | 00000000 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 00000000 | Page7 | 00000000 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 00000000 | Page8 | 00000000 |

| Column Address | ADC1 | ADC2 | AD1 | AD2 | AD3 | AD4 | AD5 | AD6 | AD7 | AD8 | AD9 | AD10 | AD11 | AD12 | AD13 | AD14 | AD15 | AD16 | AD17 | AD18 | AD19 | AD20 | AD21 | AD22 | AD23 | AD24 | AD25 | AD26 | AD27 | AD28 | AD29 | AD30 | AD31 | AD32 | AD33 | AD34 | AD35 | AD36 | AD37 | AD38 | AD39 | AD40 | AD41 | AD42 | AD43 | AD44 | AD45 | AD46 | AD47 | AD48 | AD49 | AD50 | AD51 | AD52 | AD53 | AD54 | AD55 | AD56 | AD57 | AD58 | AD59 | AD60 | AD61 | AD62 | AD63 | AD64 | AD65 | AD66 | AD67 | AD68 | AD69 | AD70 | AD71 | AD72 | AD73 | AD74 | AD75 | AD76 | AD77 | AD78 | AD79 | AD80 | AD81 | AD82 | AD83 | AD84 | AD85 | AD86 | AD87 | AD88 | AD89 | AD90 | AD91 | AD92 | AD93 | AD94 | AD95 | AD96 | AD97 | AD98 | AD99 | AD100 | AD101 | AD102 | AD103 | AD104 | AD105 | AD106 | AD107 | AD108 | AD109 | AD110 | AD111 | AD112 | AD113 | AD114 | AD115 | AD116 | AD117 | AD118 | AD119 | AD120 | AD121 | AD122 | AD123 | AD124 | AD125 | AD126 | AD127 | AD128 | AD129 | AD130 | AD131 | AD132 |
|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

그림 8. 표현 데이터의 RAM 맵
Fig. 8. RAM map of display data.

그림 10에는 제어기와 LCD 모듈의 동작 가능 인터페이스를 나타낸다. 설계 시 쓰기동작(write)에 있어서, 명령 및 데이터 입력이 유효하게 인식되기 위해, E(Enable) 신호가 한 명령어의 중간 부분에서 "High"에서 "Low"값으로 변경되어야 한다.

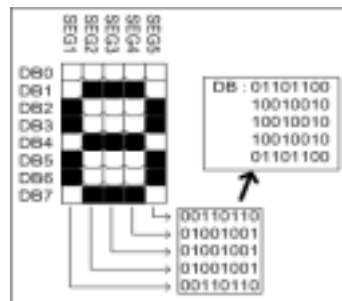


그림 9. LCD 문자 표현
Fig. 9. LCD character set.

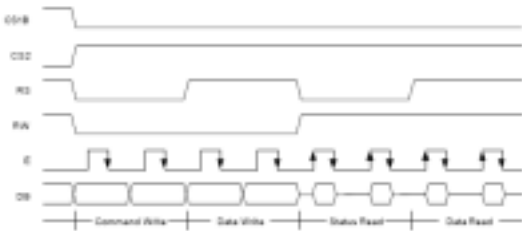
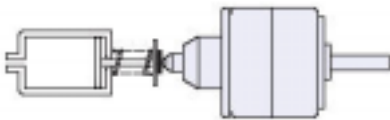


그림 10. 제어기와 LCD 모듈의 인터페이스 타이밍도
Fig. 10. Interface timing diagram of the controller and LCD module.

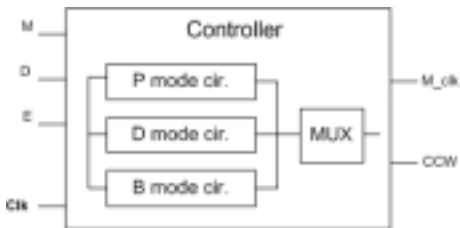
3. 펌프부 제어기 설계

펌프부의 제어기는 모터모듈의 구동을 주 동작으로 하며, 정밀제어에 우수한 스텝핑 모터를 사용한다. 기본동작은 LCD 모듈의 제어기와 동일하게 세 가지 모드인 흡입, 분배, 배출로 설정하였다. 스텝핑 모터를 그림 11과 같은 구조로 연결하여 펌프를 구성하고, 모터의 스텝과 회전 방향을 가지고 기능동작을 한다.



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

그림 11. 스텝핑 모터를 이용한 펌프
Fig. 11. Pump using stepping motor.



- 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 신호출력
- CCW : L297의 CCW로 들어가는 신호출력(회전방향)

그림 12. 모터모듈의 제어기
Fig. 12. Controller of motor module.

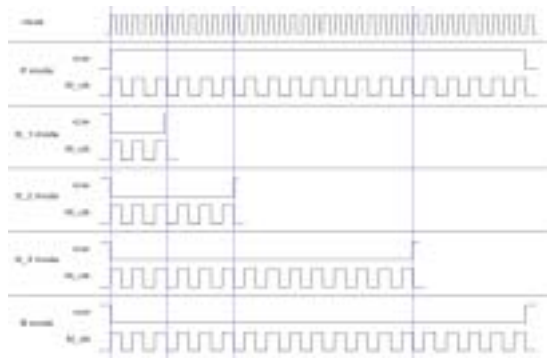


그림 13. 모드별 출력신호
Fig. 13. Output signals in case of each mode.

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

모터모듈의 제어기는 입력으로는 전원, clk, M/D/E 핀을 사용하고, 출력으로는 CCW, M_clk의 핀을 사용하였으며, 모터 모듈 제어기의 블록도는 그림 12와 같다. 각 모드별 ccw와 M_clk의 출력신호와와의 관계를 그림 13에 보였다. 흡입모드와 배출모드에서의 신호는 ccw를 통한 회전방향만 다르게 하여, M_clk 신호의 펄스출력으로 최대 스텝의 회전동작을 하도록 설계하였으며, 여러 가지의 분배모드에서는 M_clk의 펄스 출력을 각 분배량에 따른 스텝만큼 회전동작을 하도록 설계하였다.

III. 제어기 구현과 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기를 Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 및 합성, 시뮬레이션 한 후, FPGA 소자로 배치하여 동작을 검증하였다. 사용한 소자로는 Altera APEX20K를 사용하였다. 그림 14는 전원이 인가된 후, 제어기의 시뮬레이션 결과이다. 그림 7의 순서도에서 나타난 초기화 과정이 진행되고 있음을 알 수 있다. 그림 15은 흡입모드에서의 LCD의 디스플레이 과정과 모터의 흡입동작을 할 수 있는 제어기의 출력파형을 나타낸다. M_clk의 펄스가 최대 스텝 수만큼 출력되어, 모터가 최대 흡입 동작함을 알 수 있다. 그림 16은 분배모드에서, 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 17은 배출 모드에서 E키를 눌러서 완전 배출동작을 실행함을 나타낸다. M_clk의 펄스출력은 최대 배출동작을 위해 최대 스텝 수만큼 출력된다.

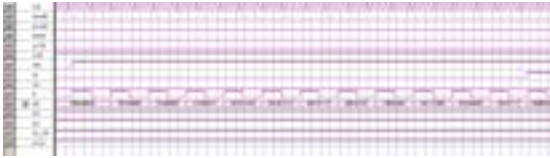


그림 14. 제어기의 전원인가 후 시뮬레이션 결과
Fig. 14. Simulation results in case of power-on.



그림 15. 흡입모드에서 시뮬레이션 결과
Fig. 15. Simulation results of the pipetting mode.



그림 16. 분배모드에서 시뮬레이션 결과
Fig. 16. Simulation results of the dispensing mode.

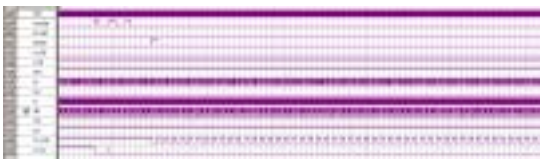


그림 17. 배출모드에서 시뮬레이션 결과
Fig. 17. Simulation results of the blow-out mode.

IV. 결론

본 논문에서는 전자 디스펜서의 LCD 모듈과 모터모듈을 제어하는 전자 디스펜서용 제어기를 설계하였다. WX12864API-YYH LCD 모듈과 SPS20 스테핑 모터를 사용하여 전자 디스펜서를 구성하였다. 또한, Altera사의 Quartus 툴을 사용하여 설계 후, Agent 2000 설계 키트, APEX20K 소자를 사용하여 LCD 모듈과 모터모듈에 연결하여 동작을 검증함으로써, 동작이 원활히 이루어짐을 확인하였다.

추후에는 사용자의 환경에 따라 흡입모드에서의 흡입량

설정, 분배모드에서의 다양한 분배량 설정, 팁의 용량에 따른 다양한 용량 표시, 자체 보정기능 등을 추가하여 사용자의 편리성을 증대시킬 수 있을 것이다. 본 논문에서는 전자 디스펜서의 제어기 설계를 통해 전자 디스펜서의 전용 칩을 ASIC으로 구현하여 바이오기술 분야의 기기에 적용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

감사의 글

이 논문은 강원대학교 두뇌한국21(BK21)사업에 의해 지원되었으며, 본 연구에 사용한 설계용 CAD S/W는 IDEC(반도체 설계교육센터) 지원에 의한 것임.

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 논리회로 설계의 기초와 활용, 북두출판사, 1999
- [4] 정 슬, (MAX+PLUS II를 이용한)VHDL 기반의 디지털 회로 설계, 충남대학교 출판부, 2003
- [5] 이 강, VHDL과 FPGA를 이용한 디지털 시스템 설계 및 응용, 아진출판사, 2002
- [6] (주)삼성전자, Graphic LCD Driver IC 2001/2002 Data Book, 2001

저 자 소 개

김 태 상 (학생회원)



2004년 2월 강원대학교 전자공학과 학사
2004년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 전자공학과 석사과정 재학 중
<주관심분야> VLSI 설계, Mixed-Signal Systems >

원 영 욱 (정회원)



2003년 2월 강원대학교
전자공학과 학사
2005년 2월 강원대학교
전자공학과 석사
2005년 1월 ~ 현재 : 매그나칩(주)
<주관심분야> VLSI 설계, DDI 설
계>

김 정 범 (정회원)



1985년 2월 인하대학교 전자공학과
학사
1987년 2월 인하대학교 대학원 전자
공학과 석사
1997년 2월 포항공과대학교 대학원
전자전기공학과 박사
1987년 1월~1992년 5월 금성반도체
중앙연구소 선임연구원

1994년 8월~1997년 9월 현대전자 시스템IC연구소 책임
연구원
1997년 9월~1999년 2월 충북대학 전기전자공학부
1999년 3월~ 현재 강원대학교 전기전자정보통신 공학
부 부교수
<주관심분야> VLSI 설계, CAD, Multi-Valued
Logic>