

# TFT LCD를 사용한 박막형 ECG Monitor 설계

이건기, 강창훈, 조원래, 이상민\*, 장두봉\*, 김남현\*\*,  
경상대학교 전자공학과, 남해전문대학 전자통신과\*,연세대학교 의용공학교실\*\*

## Thin ECG Monitor Design using the TFT LCD

G. K. Lee, C. H. Kang, W. R. Jo, S. M. Lee\*, D. B. Jang\*, N. H. Kim\*\*  
Dept. of Electronics, Gyeongsang National University,  
Dept. of Electronic Communication, Namhae College\*  
College of Medicine, Yonsei University\*\*

### ABSTRACT

This paper describes a new ECG monitor that has a TFT LCD panel as its display unit. The monitor is thinner, smaller and lighter than most commonly used CRT-based monitors. In addition to portability, the system can be expanded to measure blood pressure and oxygen saturation through its flexible design

한 반도체 기술로 인하여 시야각 및 응답특성 및 다양한 색상을 나타낼 수 있는 고성능 TFT LCD가 출현되어 위에서 언급한 문제를 해결할 수 있게되고, 경제성 문제도 note book PC의 대중화에 따른 대량생산으로 인하여 해결할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 첨단 평판 표시장치인 TFT LCD를 이용한 ECG monitor를 설계하여 장치의 경박단소화를 실현하고, 기존의 CRT를 채택한 ECG monitor가 안고 있는 전자파, 고압 발생 등의 문제를 해결하고자 하였다. 또한 앞으로 ECG 뿐만 아니라 BP 및 산소포화도등을 동시에 나타낼 수 있는 다기능 patient monitor를 위하여 I/O 및 controller board를 설계하였다.

### 서론

심전도는 심장 근육의 이완과 수축에 따라 발생하는 전기현상으로, 대부분의 의사들은 환자의 심장 상태를 심전도 신호 패턴으로 진단을 하고 있다. 이러한 심전도를 측정하는 장비는 2종류로 구별할 수 있는데, 하나는 단순 진단 목적인 paper ECG recorder이고 다른 하나는 응급실, 수술실은 물론 중환자실등에서 필수적으로 사용되고 있는 환자의 심장상태를 감시하는 ECG monitor이다. ECG recorder는 진단이 필요한 경우에만 심전도를 기록지에 측정하여 분석하는데 비하여, ECG monitor는 장시간 동안 환자의 심장상태를 감시하는데 사용되기 때문에 넓은 시야각과 빠른 응답성을 요구하고 있다. 따라서 이런 필요성 때문에 현재 대부분의 ECG monitor는 표시장치로 CRT를 채택하고 있다. CRT를 채택한 ECG monitor의 문제점은 현재 인체 유해 여부가 논란이 되고 있는 전자파의 방출, 고압 발생에 따른 먼지, 많은 설치공간의 요구 및 이동성의 불편을 들 수 있다. 물론 EL이나 LCD가 ECG monitor의 표시장치로 채택될 수 있지만 시야 각이나 응답성에 있어서 CRT에 비하여 성능이 떨어지고 가격이 비싸기 때문에 거의 채택되지 못했다. 그러나 최근 급격하게 발전

### 본론

#### I 시스템 구성

본 연구에서 구현한 ECG monitor의 전체적인 시스템의 구성은 ECG 신호를 화면에 display 하는 장치로 TFT LCD를 사용하였고 이를 구동하는 Graphic 구동부, ECG 신호를 받아서 잡음성분을 제거하는 아날로그 필터부, 적절한 레벨의 신호로 변환 하여주는 증폭부,

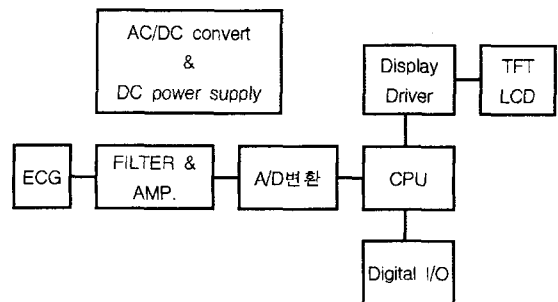


그림 1. SYSTEM DIAGRAM

이 신호를 디지털 시스템에서 처리할 수 있는 데이터 형태로 변환 시켜주는 A/D 변환부, 외부

의 스위치 입력과 경보음 등을 위한 Digital I/O 부, 그리고 각각의 기능을 제어하고 데이터를 처리하는 CPU(main controller)로 구성되었다(그림 1).

1. CPU( Main Microprocessor )

본 시스템은 시스템의 전체적인 제어장치로서 AMD사의 SC310 Micro controller(Table 1)를 사용하여 설계하였는데, 이는 i386 호환의 Am386 CPU와 Memory controller, Bus controller, 기타 특별한 주변장치들이 모두 하나의 칩안에 내장되어 내장형 제어기(Embaded Controller)의 응용에 적합하게 설계된 OneChip Microcontroller이다. Digital base의 ECG Monitor System의 구성을 위하여 개별소자들을 사용하는 것보다 비용적인 측면과 시스템의 소형화에 유리하다. 또한 Core CPU가 범용PC의 CPU인 i386과 호환되어 프로그램의 개발 및 유지 보수가 용이하다. 본 연구에서 시스템의 시제작을 위해서는 SC310 micro-controller 시스템과 기능과 사양면에서 호환되는 intel 386 base의 oneboard 시스템을 사용하였다.

Table 1. Microcontroller의 주요 사양

Core CPU	Am386SXLV	External Bus Width	8,16 Bit
Bus Speed	25/33 MHz	Internal Bus Width	32 bit
Packaging	PQFT 208	General Propose I/O	9
Address Space	16Mbyte	ISA Interface	8,16 Bit
Interrupt Controllers	Built In (8259-2)	DMA Controller	Built In
Parallel Port	EPP Mode	Memory Controller	Built In
Serial Port	16450-compatible	Keyboard Interface	XT

2. ECG 신호처리

ECG 신호는 환자로부터 심전도 감지기(Electrode)를 통하여 취득되는 아날로그 신호인데 이를 적절히 필터링하고, 증폭하여 디지털 장비에서 처리하기 위한 디지털신호로 바꾸어주어야 하는데 아날로그 신호의 처리과정은 그림 2와 같다.

전 처리된 ECG 신호는 Controller에서 처리할 수 있도록 Digital신호로 변환 되어야하는데, 사용된 A/D 변환기는 ADC0809이다. ADC0809 A/D Converter는 8채널의 아날로그입력과 최대 샘플링속도가 20kHz이며 각채널당 8bit의 해상도를 가진 범용의 A/D 변환기이다.

A/D 변환과정은 증폭부에서 전 처리된 ECG 신호를 채널의 입력으로 하여 그림 3에서와 같이

controller의 제어를 통하여 채널을 선택 A/D 변환을 수행한다. 입력되는 아날로그 신호는 증폭부에서 A/D 변환기로 입력되기 전에 입력제한 레벨인 +10V로 적절히 증폭되어 입력된다. 따라서 입력부의 해상도는  $1/256 \times 10V = 39mV$ 이며, Electrode로부터 감지되는 QRS 신호는 일반적으로 전압레벨이 1mV이므로 약  $3.9 \mu V$ 의 해상도가 된다.

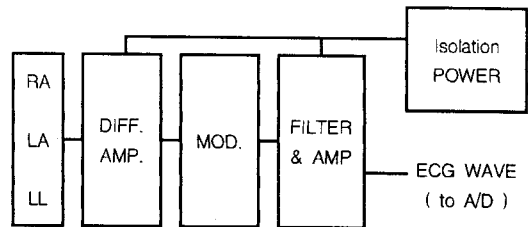


그림 2. 심전도감시장치의 증폭부

ECG신호의 Sampling 주파수는 QRS Wave의 주파수와 LCD Panel 의 해상도를 고려하여 384Hz로 설정하였다.

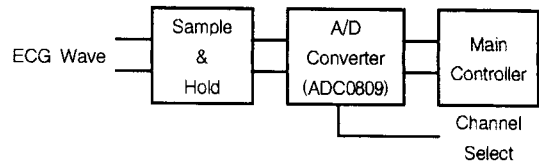


그림 3. A/D Converting

3. Display

TFT LCD panel의 제어는 내부적으로 VGA controller, ROM BIOS, video memory로 기능 분류를 할 수 있다(그림 4). display control부는 전체 시스템 면적의 감소를 위하여 on-board상에서 구현된다.

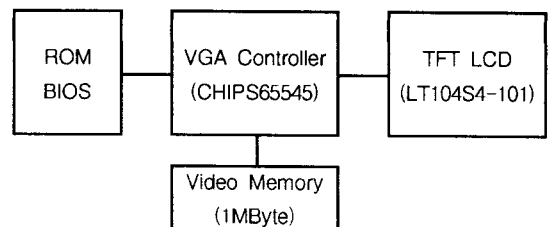


그림 4. Display Controller Block Diagram

Table 2. 65545 flat panel VGA controller 사양

Max. Resolution	1280×1024
Max. Memory	1MByte
Max. Colors	True-color(24bit)
Power Supply	+5V / +12V
Bus Interface	ISA/PCI/VL Bus
Data Interface	8/9/12/15/16/24-bit
Packaging	EIAJ-Standard 208pin

Table 3. LT104S4-101 TFTLCD panel의 사양

Display area	211.2(H) × 158.4(V) 10.4"
Number of Dot	800 × 600
Pixel Pitch	0.264(H) × 0.264(W)
Display Color	262,144
Pixel arrangement	RGB vertical strip

VGA Controller는 CHIPS 사의 65545(Table 2)를 사용하였으며 TFT LCD Panel은 삼성전자의 LT104S4-101 (Table 3)을 사용하여 구현하였다. 시스템에서는 VGA 표준인 640×480의 해상도와, 16 색상으로 하여 사용하여 이후 성능 및 사양의 Upgrade시 소프트웨어적인 수정만으로도 성능의 향상이 가능하도록 하였다.

## II 시스템 구현

시스템은 Main control module, LCD module, Power supply module, A/D convert module, Key/Signal Input module로 구성되었다. Main control module은 시스템의 제어 및 신호의 소프트웨어적인 처리와 Display 화면제어 기능을 수행한다. LCD module은 처리결과와 Display 기능을 담당하며, Power supply module은 AC전원을 입력받아 각 레벨의 DC전원으로 변환하여 전체시스템에 전원 공급을 수행한다. A/D convert module은 ECG신호의 증폭, 필터링 및 디지털 신호로의 변환기능을 수행한다. Key/Signal Input module은 monitor의 기능선택 switch와 ECG Signal의 입력단자로 구성되었다.

시스템의 전체적인 제어는 main module이 담당하는데 주로 소프트웨어적인 처리기능을 가진다.

### 1. Display 설계

출력화면은 640×480으로 구성되어 있으며 전체화면 중 ECG 신호의 표시를 위하여 600×440의 화면영역을 할당하였다. 화면의 나머지부분은 기타정보의 표시를 위한 공간으로 이용된다. 표시 화면은 그림 5와 같다. 사용한 LCD panel은 pixel pitch가 약 0.26mm인데, 구현된 ECG monitor system에서는 2.5cm/sec 와 5.0cm/sec의 속도 모드로 display 한다. 따라서 한 화면의 출력시간은 각각 6.24sec와 3.12sec가 된다. 이를 다시 2단으로 나누어 화면 출력을 수행하므로 한 화면에 표시되는 전체시간은 12.48sec와 6.24sec이다. 각단이 연속 독립적으로 display되므로 필요시에 한 단의 display를 halt 시키고 다른 한 단의 display만 계속적으로 수행하도록 하여 의사 이상 파형 발견시 이상 파형을 정지 또는 저장시켜 정확한 판단 및 분석을 수행할 수 있도록 하였다.

### 2. ECG signal Data Processing

ECG 파형을 display시 하나의 Sampling 데이터에 한 pixel을 할당할 때 한 화면을 위해서는 1200개의 데이터가 필요하다. 따라서 매초 요구되는 ECG data 는  $1200 / 6.24 = 192.3(\text{data/sec})$ 이므로 192.3Hz의 샘플링 속도만 가지면 된다.

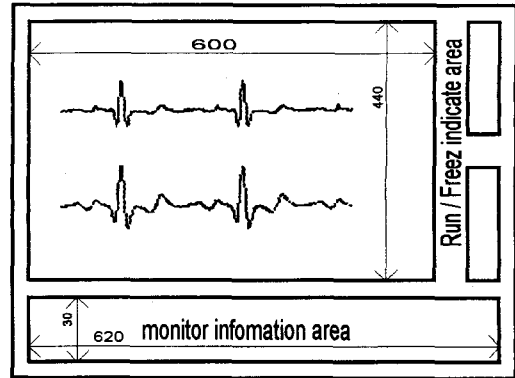


그림 5. LCD Monitor display 구성

본 시스템에서는 샘플링 데이터의 신뢰성 제고를 위하여 384.6Hz의 Sampling rate로 데이터를 취득하여 데이터 decimation 알고리즘을 이용하여 QRS의 R-Wave Peak value를 유지하면서 display mode에 맞도록 데이터를 재처리하였다. 또한 HR(heart rate) 검출을 위한 Peak 치 검출을 소프트웨어적으로 처리하였는데 최소 HR과 최대 HR의 limit를 두어 최소 HR 이전에 검출되는 R-Wave는 오입력 데이터로 판단하여 무시하고 또한 최대 HR limit를 벗어나도록 R-Wave를 검출하지 못하면 경보음과 함께 electrode와 환자상태의 이상여부를 확인하도록 하였다.

### 3. Analog to Digital Converting

아날로그형태의 전기적 레벨로 검출되는 ECG 신호를 Digital 시스템에서 처리하기 위해서는 대응되는 디지털 형태의 신호로 변환되어야 한다. 시스템에서는 8bit의 해상도와 384.6Hz의 샘플링 속도, 그리고 10V의 아날로그 입력레벨을 가지도록 설계되었다. 일반적으로 electrode를 통하여 입력되는 전기적신호의 레벨은 약 1mV정도 되는데 이를 A/D converter의 입력에 적용시키기 위해서는 신호의 필터링과 증폭이 필요하다. 입력을 위하여 이론적으로는 10000배의 증폭이 필요한데, 입력신호의 overhead를 고려하여 electrode의 출력에서부터 A/D converter의 입력단까지 전체 증폭율이 7000이 되도록 설계하였다. 또한 직류 성분과 잡음을 제거하기 위하여 Highpass filter 와 Low pass filter를 거치도록 설계하여 Band pass filter의 기능을 수행하도록 하였다. 데이터 샘플링은 hardware Interrupt를 이용하였는데, 정확한 샘플링 주파수를 위하여 1MHz OSC 와 Timer/Counter를 이용하여 2600분주를 수행하여 A/D converter의 Sampling

Rate와 CPU로의 데이터 전송을 제어하였다.

#### 4. Power Supply

시스템은 전체적으로 DC전원으로 구동되는데, 일반적인 전원사양인 AC 220V(60Hz)를 입력받아 정류를 수행하여 DC 전원으로 변환한 후 정전압 및 Ground 분리 등을 수행하며, 휴대성을 고려하여 Rechargeable Battery를 채용하여 필요에 따라 AC/DC 전원입력을 절환하여 사용할 수 있도록 하였다.

#### 5. Switch 및 Signal 입력

시스템의 기능이 사용자의 요구에 의해 여러 선택모드로의 절환이 가능하도록 기능 선택 Switch를 두었다. Display Hold, Display speed, Input channel select, 기타 기능 선택을 가능하도록 하였다. 신호입력단은 A/D converter가 8 channel의 입력이 가능하므로, 최대 8개까지의 Signal input terminal을 두었다.

### 결 론

기존의 CRT Display를 채용한 Analog ECG Monitor의 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서 설계한 TFT LCD panel을 사용한 박막형 digital ECG Monitor는 CRT의 단점인 무게와 부피를 현저히 줄여 설치장소와 휴대성의 관점에서 유용한 대안이 될 수 있었다. 또한 신호의 처리 및 제어의 수행을 microcontroller를 사용하여 시스템을 디지털화 함으로서 디지털시스템의 장점인 정보의 처리, 저장, 분석기능을 활용할 수 있었다. 또한 전체 제어의 대부분을 microcontroller에서 소프트웨어적으로 처리함으로서 미래의 성능 향상 및 기능개선시 프로그램의 수정만으로 가능하게 함으로서 하드웨어적인 추가비용없이 시스템의 Upgrade가 가능하게 하였다.

그러나 TFT LCD panel 단점인 시야 각의 제약과 비용의 문제는 해결하여야 할 과제이다. 이러한 해결 과제에도 불구하고 TFT LCD를 사용한 박막형 digital ECG monitor의 여러 특장점 때문에 기존의 CRT Type ECG monitor의 대안으로서 의미 있는 가치를 가진다.

### 참 고 문 헌

1. CHIPS, "High Performance Flat panel /CRT VGA Controller Data sheet", Rev. 1.2 1995
2. Jhon G. Proakis, "Digital Signal Processing", Maxwell Macmillan, 1992.
3. Michael Tischer, "PC INTERN system programming", Abacus, Vol I, II. 1992
4. Willis J. Tompkins, "BIOMEDICAL DIGITAL SIGNAL PROCESSING", Prentice Hall, 1993.
5. Metin Akay, "Biomedical Signal Processing", ACADEMIC PRESS, 1994.
6. Joseph J. Carr, "Introduction to Biomedical Equipment Technology 2nd Edition", Prentice Hall, 1993.
7. Tompkins WJ & Pan J, "A real time QRS detection algorithm", IEEE Transactions on Biomedical Engg. BME-32, No.3 pp. 203-235, 1985
8. R.Weitkunat, "DIGITAL BIOSIGNAL PROCESSING", ELSEVIER, 1991
9. Intel, "Microprocessor and Peripheral Handbook", Vol. I, II, 1989