

논문 2024-4-21 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2024.12.21>

소프트웨어에 의한 7-세그먼트 LED 표시 장치의 표시 특성 고급화에 관한 연구

권성열*, 이현창**†

A Study on the Enhancing Display characteristics of 7-Segment LED display devices using Software

Sung-Yeol Kwon*, Hyun-Chang Lee**†

요 약

본 논문에서는 매우 저렴한 가격과 구동회로의 간편한 특징을 지닌 LED 표시 장치, 그 중 7-세그먼트 LED의 메마른 느낌의 표시를 더 부드럽고 고급스러운 분위기를 연출할 수 있도록 제어하는 소프트웨어 제어 방법을 제시하였다. 이를 위해 LED 소자와 형광표시관과의 표시 차이점을 분석하였으며, 빛의 퍼짐 현상과 표시 내용 변화 시 반응 속도 등에서 차이가 있음을 확인하였다. 이에 따라 메마른 느낌의 7-세그먼트 LED 표시 변화에 잔상현상을 부여할 수 있는 방법과 소프트웨어 알고리즘을 제시하였다. 제시한 방법의 효과를 입증하기 위해 간단한 실험회로를 구성하고 어셈블리 언어를 이용해 소프트웨어를 구현한 결과 7-세그먼트 LED의 표시 숫자가 변화할 때 잔상현상이 성공적으로 발생함을 확인하였고, 이에 따라 메마르고 기계적인 표시상태를 지닌 7-세그먼트 LED가 표시 상태가 부드럽고 고급스러운 형태로 변화했음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, it presented an LED display device with a very low price and simple driving circuit, that a software control method to control the dry-looking display of the 7-segment LED to create a softer and more luxurious atmosphere. To do this, the differences in display between LED devices and vacuum fluorescent display tubes were analyzed, and it was confirmed that there were differences in the spread of light and reaction speed when display content changed. Accordingly, we presented a method and software algorithm that can provide an afterimage phenomenon to changes in the dry-looking 7-segment LED display. To prove the effectiveness of the proposed method, a simple experimental circuit was constructed and software was implemented using assembly language. As a result, it was confirmed that the afterimage phenomenon successfully occurred when the display number of the 7-segment LED changed, and as a result, the dry-looking and mechanical-feel It was confirmed that the 7-segment LED with an display state changed to a smooth and luxurious display state.

한글키워드 : 7-세그먼트, FND, 표시 잔상, 표시 특성 향상, 마이크로컨트롤러 응용

keywords : 7-segment, FND, display afterimage, enhancement display, micro-controller application

* 부경대학교 전기공학과

접수일자: 2024.12.03. 심사완료: 2024.12.14.

** 공주대학교 정보통신공학과

게재확정: 2024.12.20.

† 교신저자: 이현창(email: hlee@kongju.ac.kr)

1. 서론

현대의 전자기기는 물론 기계분야 등 다양한 분야에 적용되는 전자제어 기기에는 사용자에게 각종 정보를 제공하기 위한 다양한 표시장치가 사용된다. 표시장치에 사용되는 소자로는 과거에 CRT(Cathode-Ray Tube)[1]를 비롯해 가스방전관(Gas-Filled Discharge Tubes)[2], 형광표시관(VFD; Vacuum Fluorescence Display)[3] 등으로부터 현재는 LED(Light Emitting Diode), EL(Electro Luminescence)[4], LCD(Liquid Crystal Display), OLED(Organic LED)[5] 등으로 다양하게 발전해 왔으며, 현재도 지속적인 발전이 이루어지고 있다. 이 중 특히 LCD의 경우 TFT-LCD(Thin Film Transistor LCD)[6]의 개발로 인해 해상도 증가에 따른 휘도(contrast) 감소현상이 해소됨에 따라 고해상 및 컬러 LCD의 구성이 쉽게 이루어져 현재 디스플레이 기기의 대부분을 차지하고 있다.

TFT-LCD는 높은 해상도와 자유로운 크기 구성 등의 장점으로 인해 컴퓨터용 모니터, 가정용 TV는 물론 보일러 컨트롤러, 에어컨 컨트롤러, 자동차용 표시장치까지 그 사용영역이 크게 확대되고 있다. 그러나 TFT-LCD는 기본적으로 수광형(受光形) 소자이므로 자체에서 빛을 낼 수 없어 반드시 백-라이트(Back light)가 필요하고, 표시용으로 사용되는 유기물이 자외선에 매우 취약하며, 특히 구조적으로 견고하지 못해 약간의 충격에도 쉽게 파손되는 등의 문제점을 지니고 있어, 일부의 응용에서는 여전히 LED 표시장치를 사용한다. LED 표시장치는 발광형(發光形) 소자이므로 백-라이트가 필요 없고, 최근의 고휘도 LED의 등장에 의해 매우 높은 휘도를 얻을 수 있으며, 특히 드라이브 회로가 매우 간단해 간단한 표시장치만 구비하면 되는 장치들, 예를 들어 엘리베이터 층수 표시나 택시 요금 미터기

표시, 자동판매기 표시 등에서는 여전히 LED 표시장치를 이용하고 있다.

과거에는 가전제품, 예를 들어 VTR(Video Tape Recorder), 에어컨, 자동차용 디지털시계 등에서는 LED 표시장치보다는 형광표시관을 주로 사용했는데, 형광표시관의 경우 표시하는 문양이 가스의 퍼짐 현상과 유사해 훨씬 부드럽고 고급스러운 느낌이 강하기 때문에 제품의 품격을 더 높일 수 있는 표시 장치로 자주 사용되었다. 특히 숫자 표시가 변화할 때 LED 표시장치는 그 변화가 빨라 메마르고 기계적인 느낌이 드는 반면, 형광표시관의 경우 약간 느린 느낌, 소위 '아날로그적 감성'이 발생하는 관계로 고급 표시장치로는 형광표시관을 선호하였으나 현재는 고급스러운 이미지를 위해 EL과 같은 장치를 이용한다. 그러나 EL은 기기 전용으로만 제작될 수 있고 특히 가동을 위한 고압회로 등을 필요로 하는 등 제어가 복잡한 문제점이 따른다.

본 논문에서는 매우 저렴한 가격과 구동회로의 간편한 특징을 지닌 LED 표시 장치, 그 중 7-세그먼트 LED의 구동에 있어서 구동 소프트웨어 기법만으로 표시의 질을 더 고급화시킬 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 LED 표시장치와 형광표시관의 표시형태를 분석하고, LED 표시장치에서 개선할 사항을 도출해 이를 해결하고자 한다.

2. 디스플레이 장치의 비교

2.1 형광표시관

그림 1은 VTR에 장치된 형광표시관으로서, 그림 1(a)는 점등하기 전의 상태를, 그림 1(b)는 점등된 상태를 각각 나타낸 것이다.

그림 1(a)의 패널 앞부분에 설치된 히터에 (-)전압을 인가하고 히터를 가열하면 이곳에서

열전자가 발생하며, 각 글자 패턴이 새겨진 극에 강한 (+)전압을 인가하면 열전자가 패턴 면에 충돌하여 형광방전을 일으킨다.



(a) 점등 전의 내부 모습



(b) 점등 된 상태

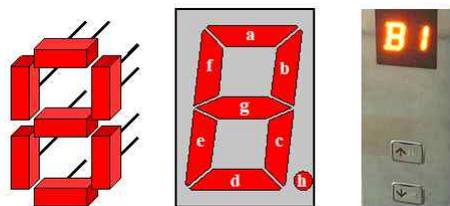
그림 1. 형광표시관의 예

Fig. 1. Example of Vacuum Fluorescence Display

형광표시관은 발생되는 빛이 은은해 고급스러운 분위기를 연출하고, 구조적으로도 견고해 가전제품용 표시장치로 자주 사용되던 기기이다. 그러나 구동용 고압이 필요하고, 제작비용이 비교적 고가이므로 최근의 전자기기의 저렴한 가격 추세에 맞지 않아 사용영역이 크게 줄어들었다.

2.2 7-세그먼트 LED

그림 2(a)에 7-세그먼트 LED 소자의 내부 구성을, 그림 2(b)에 각 세그먼트 명칭을, 그리고 그림 2(c)에 이 소자가 엘리베이터에 설치된 예를 나타내었다.



(a) 내부구성 (b) 세그먼트 (c) 설치 예

그림 2. 7-세그먼트 LED

Fig. 2. 7-Segment LED

7-세그먼트 LED는 기본적으로 발광형 소자인 LED의 응용이므로 별도의 조명이 필요치 않고, 소자의 구동방법이 매우 간단하며, 견고하고 경량이라는 특징으로 인해 그림 2(c)와 같은 엘리베이터, 자동판매기 표시 장치 등에 사용된다.

2.3 표시 고급화를 위한 요소 분석

7-세그먼트 소자는 여러 가지 측면에서 장점을 지니고 있지만, 어떤 이유에서인지 표시가 고급스럽지 못해 현재는 가전제품에서 거의 사용되지 않는다. 과거에 가전제품에 자주 사용되던 형광표시관과 표시 특성을 비교하면 다음과 같다.

2.3.1 표시 경계면

형광표시관의 경우 일종의 방전현상에 의한 발광 원리에 의해 빛이 발생할 때 발광부 주변에 안개와 같은 약간의 퍼짐 현상이 존재한다. 이 현상은 컴퓨터 모니터 등과 같은 선명한 화질을 요구하는 분야에는 적합하지 않지만, 가전제품 등에 응용할 경우 은은한 빛의 퍼짐에 의해 고급스러운 분위기를 연출한다.

이에 비해 7-세그먼트 LED의 경우 표시 경계면이 명확해 이를 이용한 표시장치의 경우 딱딱하고 기계적인 분위기가 발생한다. 그러나 이러한 문제점은 최근에 크게 발전한 고휘도 LED를 이용해 세그먼트를 구성하고, 세그먼트 전면에 반투명 필터 등을 장착해 빛을 부드럽게 퍼지도록 구성하면 상당부분 해소될 수 있다.

2.3.2 표시 변화 속도

형광표시관은 방전현상이 발생하고 사라지는 방법으로 표시 내용이 변화하기 때문에 약간의 지연이 발생하며, 이는 잔상과 같은 효과가 나타난다. 이러한 특성 또한 빠른 변화시간을 요구하는 모니터 등에서는 적합하지 않지만, 가전제품 등에 적용할 경우 클래식한(acoustic한) 고급 분위기

기가 연출되는 효과가 있다.

이에 비해 7-세그먼트 LED의 경우 LED 소자의 빠른 반응속도 특성에 의해, 표시 내용 변화시 매우 기계적이고 딱딱하며 메마른 느낌이 발생하므로, 이를 장치한 기기 전체의 품격이 크게 떨어지는 경향이 발생한다.

3. 표시 속도 변화 기법

3.1 표시 방법

이상에서 고찰한 바와 같이 7-세그먼트 LED 소자를 더 고급스러운 표시장치로 보이기 위해서는 표시 내용이 변화할 때 약간의 잔상효과가 발생해야 하는데, 이를 위해 마이크로컨트롤러의 PWM 기능을 활용해 그림 3과 같은 제어를 고려할 수 있다.

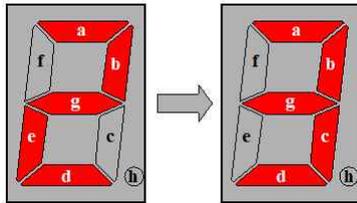


그림 3. 표시 변화의 예

Fig. 3 Example of display change

그림 3은 숫자 2에서 3으로 변화하는 순간을 나타낸 것으로서, 세그먼트 e는 점진적으로 사라지고 세그먼트 c는 점진적으로 나타나는 방법으로 잔상을 생성할 수 있다. 그러나 이와 같은 방법으로 제어하는 경우 각 세그먼트마다, 그리고 각 숫자 자리마다 이러한 제어를 진행해야 하므로 제어가 매우 복잡해진다. 한 자리 숫자를 제어할 때의 예를 표 1에 나타내었다.

잔상효과를 발생하기 위해서는 이상에서 고찰한 바와 같이 각 숫자가 변화할 때 각 세그먼트

에 대한 개별적인 제어가 이루어져야 하고, 또한 표시장치의 자릿수가 여러 개인 경우에는 각 자리마다 이러한 제어가 이루어져야 하므로 그 복잡성이 크게 증가한다.

표 1. 한 자리 제어 요소의 예
Table 1. Example of one-digit control element

<i>Change</i>	<i>Fade-out</i>	<i>Fade-in</i>
0 → 1	a, d, e, f	-
1 → 2	c	a, d, e, g
2 → 3	e	c
3 → 4	a, d	f
4 → 5	b	a, d
5 → 6	-	e
6 → 7	d, e, g	b
7 → 8	-	d, e, g
8 → 9	e	-
9 → 0	g	e

3.2 소프트웨어 알고리즘

본 논문에서 제시하는 잔상 생성 알고리즘은 그림 4(a)에 나타낸 바와 같이 표시할 내용을 저장하는 버퍼 변수를 2중으로 설치해 첫 번째 버퍼에는 현재의 표시내용을, 두 번째 버퍼에는 다음 표시될 내용을 저장한다.

그림 4(b)의 $T1$ 과 $T2$ 시점은 다이내믹 디스플레이(dynamic display) 자릿수 전환 시간이고, 이들 사이의 가변시간 T 에서 표시 버퍼를 전환한다. $T1$ 과 $T2$ 의 인터럽트 주기는 고정된 값이므로 자릿수 전환은 일정한 시간 간격으로 이루어진다. 이에 비해 T 는 가변시간이므로 T 의 위치에 따라 1번 버퍼의 내용과 2번 버퍼의 내용이 표시되는 비율이 변화해 PWM(Pulse Width Modulation)과 유사한 효과가 나타날 수 있다.

이 때, 그림 4(a)의 예에서와 같이 첫째 자릿수 및 둘째 자릿수와 같이 변화가 없는 경우에는 시간 T 의 위치에 관계없이 모두 동일한 데이터가 출력되므로 표시 상태에는 변화가 없지만, 셋째

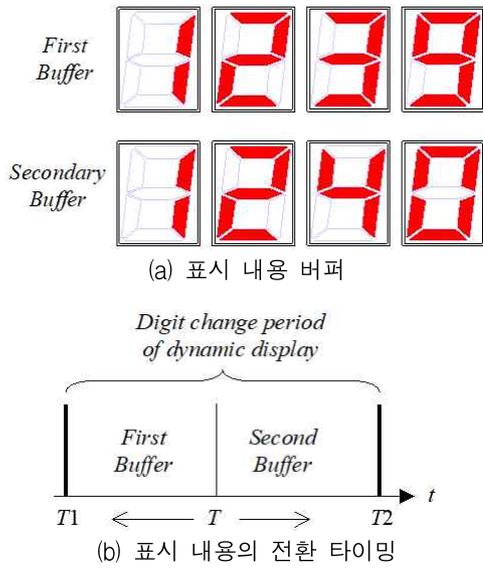


그림 4. 잔상효과 생성 알고리즘
Fig. 4 Algorithm for creating afterimage effects

자리와 넷째 자리는 T 의 위치에 따라, 예를 들어 시간이 경과하면서 T 가 T_2 로부터 T_1 쪽으로 이동하면 1번 버퍼의 내용은 점차 사라지고, 2번 버퍼의 내용은 점차 나타나는 결과를 얻을 수 있다. 이에 따라 소프트웨어에서는 각 세그먼트를 각각 제어하지 않고, 버퍼의 전환을 통해 사라질 세그먼트는 점진적으로 사라지고, 나타날 세그먼트는 점진적으로 나타나는 결과를 얻을 수 있다.

4. 실험 및 결과

제시한 방법의 효과를 확인하기 위해 4자리로 구성된 시계 형태의 다이내믹 디스플레이 회로를 구성하고, AVR 프로세서를 이용해 제어 프로그램을 작성해 실험을 진행하였다.

그림 4에 제시한 알고리즘을 구현하기 위해서는 2개의 타이머가 필요하지만, AVR 프로세서의 경우 증가형 카운터/타이머 회로를 사용하고 있으므로 그림 5와 같이 하나의 타이머에서 고정된

인터럽트와 그 사이의 가변 인터럽트를 생성할 수 있다. 그림 5에서, 히스토그램으로 나타낸 카운트 값이 OCRA값에 도달하면 카운터는 초기값으로 돌아오면서 인터럽트가 발생된다. 이에 비해 카운트 값이 OCRB값에 도달하면 일치했다는 인터럽트는 발생하지만 카운트는 계속 진행된다 [7]. 따라서 만약 OCRB값을 OCRA값보다 더 크게 설정하면 OCRB에 의한 인터럽트는 발생하지 않는다.

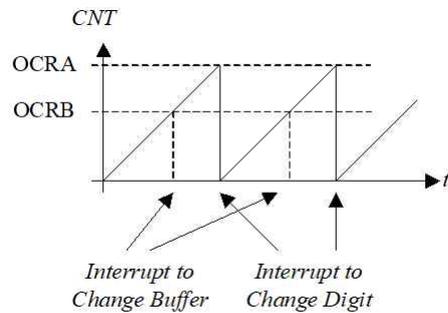


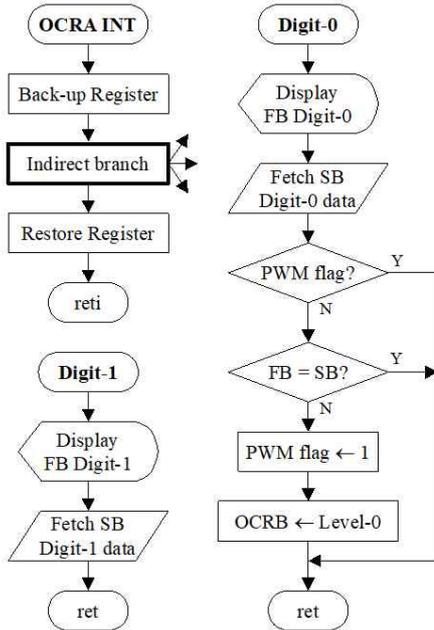
그림 5. 증가형 타이머 회로의 활용
Fig. 5 Utilization of incremental timer circuit

마이크로컨트롤러의 이러한 기능을 활용해 그림 6과 같은 플로차트로 진행하는 프로그램을 구성하였다.

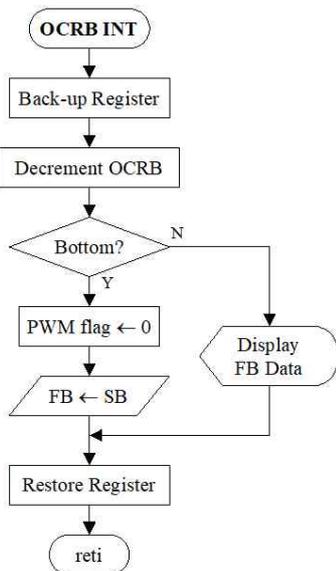
그림 6(a)는 다이내믹 디스플레이를 위한 정기적인 인터럽트에서의 처리를 나타낸 것으로서, 인터럽트가 접수되면 레지스터를 백업하고 이변에 처리할 순서의 자릿수 처리 루틴으로 간접 분기한다.

0번 자리 표시 부분에서는 첫 번째 버퍼(FB) 내용을 0번째 자리 데이터로 출력하고, 두 번째 버퍼 내용을 획득해 놓는다. 그 후 현재 잔상처리가 진행 중인지를 나타내는 PWM flag를 확인해 잔상 처리가 진행 중이라면 루틴을 종료하고, 진행 중이지 않을 때는 첫 번째 버퍼(FB)와 두 번째 버퍼(SB)의 내용이 다른지 확인해 동일하다면 루틴을 종료한다. 그러나 두 버퍼의 내용이

다르다면 이는 표시될 내용이 변화한 것이므로 잔상 처리를 개시한다.



(a) OCRA 인터럽트 처리



(b) OCRB 인터럽트 처리

그림 6. 제어 플로차트
Fig. 6 Control flow-chart

두 번째 자리를 비롯해 나머지 자리들은 각각 자신의 첫 번째 버퍼 데이터를 표시하고 두 번째 버퍼 데이터를 획득한 후 종료하는 처리만 진행한다.

그림 6(b)는 잔상 처리를 진행하는 인터럽트 처리 부분으로서, 그림 6(a) 처리 중 두 버퍼의 내용이 달라졌을 때 가동이 개시된다. 표시 주기를 결정하는 OCRB의 내용을 특정 량 감소시키고 OCRB의 내용이 하한선에 도달하지 않았다면 앞서 획득했던 두 번째 버퍼 내용을 표시하고 종료한다. OCRB가 하한선에 도달하였다면 잔상 처리를 종료하고 두 번째 버퍼 내용을 첫 번째 버퍼로 복사해 두 버퍼의 내용을 모두 최종 갱신된 내용으로 저장한 후 종료한다.

그림 7에 이러한 알고리즘의 제어프로그램을 어셈블리 언어로 구현해 얻은 결과를 나타내었다. 그림 7(a)는 숫자의 변화가 발생하지 않은 상태로서, 첫 번째 버퍼가 100% 표시된 것이다.

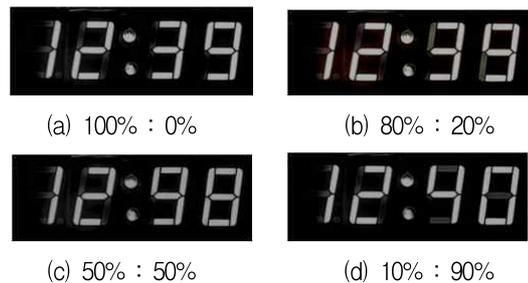


그림 7. 실험 결과
Fig. 7. Experimental results

그림 7(b)는 첫 번째 버퍼가 80%, 두 번째 버퍼가 20%의 비율로 표시된 상태로서, 다음 숫자인 '40'의 형태가 희미하게 발생한다.

그림 7(c)는 각각 50%씩 나타나고 있는 것으로서 두 숫자의 형태가 겹쳐 발생한다. 육안으로는 변화되는 각 세그먼트의 밝기가 다르게 관측되지만, 촬영된 그림에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있다.

그림 7(d)는 이전 숫자가 10% 남아있는 상태로, 사라진 세그먼트 부분이 희미하게 남아있음을 관측할 수 있다.

또한 변화가 발생하지 않는 좌측 2자리는 전혀 영향을 받지 않고 오직 현재 변화가 발생하는 세그먼트에서만 효과가 나타남을 알 수 있다.

이와 같은 잔상효과의 진행시간은 그림 6(b)의 잔상 처리 인터럽트의 카운터 감소 분량에 따라 조절할 수 있으며, 본 실험에서는 약 0.2초의 잔상 시간을 설정해 진행하였다.

위기를 연출할 수 있어 7-세그먼트 LED가 고급스러운 형태의 가전제품 표시 장치로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

이 논문은 국립 부경대학교
자율창의학술연구비(2023년)에
의하여 연구되었음.

This work was supported by a Research
Grant of Pukyong National University(2023)

5. 결론

본 논문에서는 표시 상태가 메마른 느낌을 가진 7-세그먼트 LED 표시장치를 과거의 고급 느낌의 형광표시관과 유사하게 표시하기 위한 소프트웨어 알고리즘을 제시하였다. 이를 위해 LED 표시화면과 형광표시관 화면의 차이를 분석하였으며, 그 결과 빛의 분산 차이와 더불어 잔상 현상에 차이가 있는 것으로 분석되었다.

7-세그먼트 LED에 잔상효과를 간단한 방법으로 부여하기 위한 알고리즘을 작성하고, 이의 효과를 확인하기 위해 AVR 마이크로컨트롤러를 이용한 간단한 시계 회로를 구성하고, 구동 소프트웨어를 어셈블리 언어로 구성해 실험한 결과 각 세그먼트의 내용이 다음 내용으로 변화할 때, 사라질 내용은 점진적으로 사라지고, 나타날 내용 또한 점진적으로 나타나는 결과를 확인하였다. 실험 결과는 정량적으로 측정되기 어려운 감각적인 사항이므로 정확히 결과를 표시할 방법이 없음이 아쉽지만, 시각적으로 훨씬 부드럽고 고급스러운 느낌을 주는 LED 표시장치로 변화했음을 확인하였다. 이에 따라 메마르고 기계적인 느낌의 7-세그먼트 LED를 과거의 고급 느낌의 형광표시관과 유사한 부드럽고 아날로그적인 분

참고 문헌

- [1] Roy S. Berns, "Methods for characterizing CRT displays", *Displays*, Vol.16, No.4, pp.173-182, May 1996.
DOI : 10.1016/0141-9382(96)01011-6
- [2] R. Rosen, W. Simendinger, C. Debbault, H. Shimoda, L. Fleming, B. Stoner, O. Zhou, "Application of carbon nanotubes as electrodes in gas discharge tubes", *American Institute of Physics*, Vol.76, No.13, pp.1668-1670, Mar. 27, 2000.
DOI : 10.1063/1.126130
- [3] Yukitoshi Yoshida, Akira Ishizuka, Hideo Makishima, "Present and future of vacuum fluorescent display and field emission display", *Materials Chemistry and Physics*, Vol.40, No.4, pp.267-272, May 1995.
DOI : 10.1016/0254-0584(95)01492-6
- [4] YoungJin Kwon, Signs structures of LED and EL combination, Republic of Korean Patents, KR20180047004A, May 5, 2018.
<https://patents.google.com/patent/KR20180047004A/en0>
- [5] Bernard Geffroy, Philippe le Roy, Christophe Prat, "Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies", *Polymer*

International, Vol.55, No.6, pp.572-582, June 2006.

DOI : 10.1002/pi.1974

- [6] M. Katayama, "TFT-LCD technology", Thin Solid Films, Vol. 341, No.1-2, pp.140-147, Mar. 12, 1999.

DOI : 10.1016/S0040-6090(98)01519-3

- [7] Atmel Corporation., "ATmega88/ATmega168 High Temperature Automotive Microcontroller DATASHEET", Microchip Automotive, pp.92-116, 2016.

https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-9365-Automotive-Microcontrollers-ATmega88-ATmega168_Datasheet.pdf

저 자 소 개



권성열(Sung-Yeol Kwon)

1990.2 수원대 전자재료공학과 학사
1993.2 경북대 전자재료전공 석사
2000.2 경북대 센서공학과 박사
1994.3~1998 안동과학대학 전자계산과
조교수.
2000.3~현재 국립 부경대학교 공과대학
전기과 교수.
<주관심분야> MEMS sensor, 전자재료,
전기제어계측, 신재생에너지



이현창(Hyun-Chang Lee)

1986.2 단국대 전자공학과 학사
1989.8 단국대 전자공학과 석사
1996.2 단국대 전자공학과 박사
1996.3~2004 국립 천안공업대학
정보통신과 부교수.
2005.3~현재 국립 공주대학교 공과대학
정보통신공학부 교수.
<주관심분야> 멀티미디어 회로, 전동기제
어회로, 마이크로프로세서, 임베디드 소프
트웨어