

Automatic Gamma 보정으로 인한 중소형 TFT-LCD의 최적화 연구

민병찬, 이준신, 객진오, 이근호  
 성균관대학교, 성균관대학교, 삼성전자, 삼성전자

A Study on the Optimization of Small Size TFT-LCD through Automatic Gamma Correction

Byung Chan Min, Jun Shin Yi, Jin Oh KWAG And Kon Ho LEE  
 Sungkyunkwan Univ, Sungkyunkwan Univ, Samsung Electronic Co, Samsung Electronic Co.

**Abstract** - 본 연구는 HHP,PDA,PMP,CNS 등등에 사용되는 중소형 A-Si:H TFT LCD 에서의 Automatic Gamma Correction 적용으로 화질 최적화 구현에 좀 더 쉽고 빠르게 접근하게 되었다. Analog Gamma String 대신 1chip Drive IC에 집적된 Gamma resistor Ladder 를 A-Si:H TFT-LCD Panel 특성에 보다 정확하게 적용시키기 위해 새로운 알고리즘을 개발 했으며 이를 적용시킨 회로를 Test Board로 실제 구현해서 최종결과를 도출하였다. Kick-Back 전압을 고려한 Asymmetry-Gamma Correction 구현까지 Automatic으로 1chip Drive IC의 Register 를 산출 할 수 있도록 알고리즘을 구성했다.

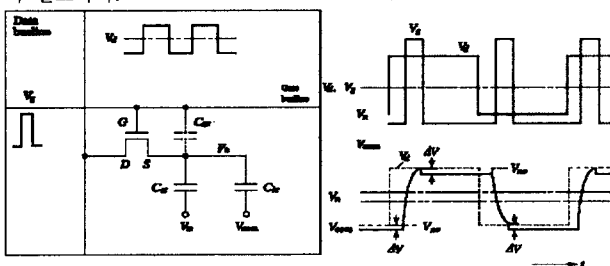
1. 서 론

액정표시장치의 화소 하나하나의 액정을 유전체로 가지는 Capacitor 로 모델링을 할 수가 있다. 그런데, 액정은 유전 이방성을 가지고 있어서 액정의 방향에 따라 유전율이 다른 특성이 있다. 즉, 전압이 인가됨에 따라 액정의 방향자가 변하면 유전율도 따라서 변하고 화소의 Capacitance 값도 변하게 되며, 이는 Kick Back 전압이 0 ~ 63Gray 까지 다를 수 의미하며 이를 최적화하기는 쉽지는 않다. 이러한 액정표시장치의 품질을 개선시키기 위한 노력의 일환으로서 액정표시장치의 Display Quality를 마지막으로 결정 해 주는 Gamma-Correction 을 Automatic으로 좀 더 정확하게 구현함으로써 액정의 data 전압과 TFT-LCD Panel 사이의 Matching을 쉽게 이끌어 내고자 함이 이 논문의 취지이다. 본 논문에서는 TFT-LCD 에서의 Kick Back 전압이 반영된 Reference 액정의 data 전압을 구한 다음 Gamma Correction 구현시 실제 액정의 data 전압과의 차이를 적용해 Automatic 으로 Gamma Correction 구현이 가능하게 되는 Algorithm을 제안하며 이 방법을 구현한 회로 적용을 통해 최적화된 중소형 TFT-LCD를 연구한다.

2. 본 론

2.1 Kick Back 전압

TFT-LCD의 스위치 소자로 사용되는 TFT는 공정마진과 동작 특성상 게이트 전극과 소스 및 드레인 전극의 중첩은 필연적으로 발생한다. TFT-array 공정 마진을 고려하면 완성된 TFT에서의 전극 사이의 중첩은 1~2 μm 이상이다. 이러한 전극 사이의 중첩은 기생용량을 형성하여 TFT-LCD의 동작에 많은 영향을 주 기 때문에 최소화 해야 하고 LCD 구동 설계에서도 이 영향을 고려해야 한다. Pixel의 동작회로도 및 Timing을 그림1과 같이 표현하면 TFT device에서의 drain 전극은 접지되어 있는 source전극보다 전위가 높은 전극이며, 교류를 인가하는 array에서의 TFT는 Drain 전극과 Source 전극이 바뀌지만, 편의상 Data 배선에 연결된 전극을 Drain 으로 pixel전극을 Source전극이라 부른다. gate 전극과 Source전극 간의 Overlap이 TFT 제작 시 필연적으로 존재하는 Cgs 기생 Cap 으로 인해 액정에 인가되는 pixel전압의 DC Voltage offset ΔV가 발생 하며, 따라서 C/F기판의 Vcom 전극의 전위를 ΔV만큼 하향 조정이 필요하다.<sup>(3)</sup>



<그림 1> Pixel의 동작회로도 및 Timing

그림1에서 전하량보존법칙에 의해 Kick Back전압을 유도하면 다음과 같다.

$$\Delta V_p = V_p - V_p' = \frac{C_{gs}}{C_{gs} + C_{st} + C_{lc}} (V_g^h - V_g^l) = \frac{C_{gs}}{C_{total}} \Delta V_g$$

실제 TFT-LCD에서 정확한 Data 전압의 구현을 위해서는 Kick Back 전압을 고려하지 않을 수가 없다. 하지만, Kick Back 전압 값은 두가지 Variables가 있으며 그것은 Clc 값과 Cgs 값이다. Clc 값은 액정 자체의 Capacitance 로써 봉상(奉狀) 분자로 구성된 액정의 비등방 모양에서 기인한 액정의 유전율 이방성이라고 하는 특이한 성질 때문에 각 Gray 별로 각각 다른 Clc 값을 가지게 된다. 또한 Cgs 값은 Gate 와 Data 사이의 기생 Capacitance 로써 Gate 전압의 변화(On,Off)에 따라 값이 달라지게 된다. 그래서, 실제 각 Gray 별로 정확한 Kick Back 값을 구하기 위해서 아래 식을 사용해야만 한다.<sup>(4)</sup>

$$\Delta V_p = \frac{C_{gs}(on)}{C_{gs}(off) + C_{lc} + C_{st}} \Delta V_g - \left( \frac{C_{gs}(on) - C_{gs}(off)}{C_{gs}(off) + C_{lc} + C_{st}} \right) (V_{gs} + V_{th})$$

위식을 사용하여 각 Gray별 Kick Back 전압을 simulation을 통해 구한 다음 많이 상용화되고 있는 액정 MAT-XXX 의 2.2 Gamma Level의 각 Gray 별로 해당되는 Data 전압의 Reference 전압을 구할 수 있다. <표1>은 Kick Back 전압을 고려한 각 gary 별 Reference data 전압이며 이는 액정의 종류가 달라지면 새로운 V-T Curv 를 통해서 위와 같은 식을 반복해서 새로운 Reference data 전

Gray	Positive 전압	Negative 전압	Gray	Positive 전압	Negative 전압
0	4.34	0.81			
1	4.22	0.96			
2	3.97	1.25	57	1.89	3.34
3	3.85	1.40	58	1.80	3.43
4	3.69	1.59	59	1.71	3.52
5	3.61	1.68	60	1.53	3.70
6	3.53	1.78	61	1.39	3.84
			62	1.11	4.12
			63	0.19	4.34

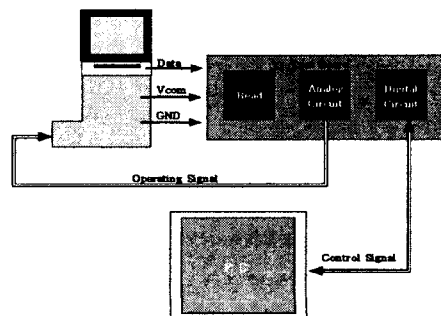
압을 구해야 한다.

unit : V(Volt)

<표 1> Kick Back 전압을 고려한 각 Gray 별 Reference 전압

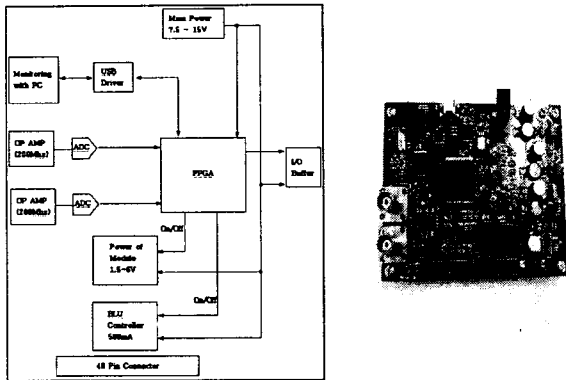
2.2 중소형 LCD에서의 Automatic Gamma 구현

먼저 TFT-LCD Panel에 인가 되고 있는 0-63 Gray 의 액정 data 전압을 읽어 들일 수 있게 ADC(Analog to Digital Converter)를 사용한 Read 부를 구성하며 읽어 들인 Data값을 제시된 Reference 값과의 차이를 Comparator 회로를 통해 구현한다. TFT-LCD를 구동하기 위한 Analog Power부는 따로 구성을 해야 한다. 그림2는 Automatic Gamma를 구현하기 위한 Test Board 를 모식적으로 그린 것이다.



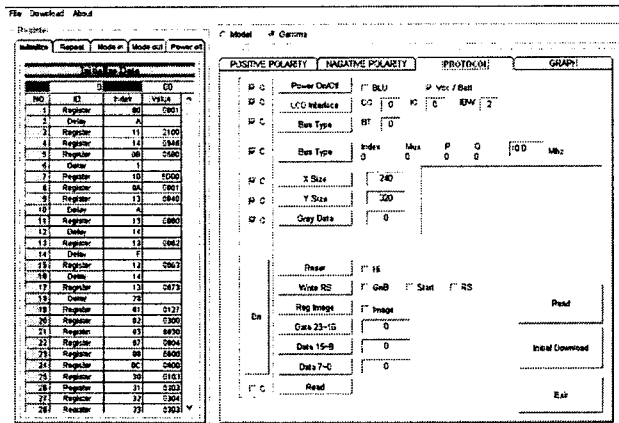
<그림 2> Automatic Gamma를 구현하기 위한 모식도

그림2의 모식도를 Concept 으로 하여 Test board 구현을 해보기로 하자. 먼저 Analog circuit을 구성해 보면, Main Power는 7.5V~15V 까지 가변이 가능하게 VR(Variable Resistor) 을 사용하여 구성하며, 이 Main 전원을 입력으로 한 PWM 회로를 사용하여 TFT-LCD 및 BLU(Back Light Unit)의 전압원을 On/Off 로 Switching 가능하게 FPGA 와 Logic화 할 수 있도록 구현을 한다. TFT-LCD 는 1.5~6V 까지 가변이 가능하게 VR(Variable Resistor) 을 사용하여 구성하며, BLU는 정전압 회로이므로 전류를 Control 해야 한다. 그래서 Max 500mA 까지 가변이 가능하게 VR(Variable Resistor) 을 사용하여 구성한다. 두번째로 Digital Circuit는 FPGA 를 설계하여 읽어 들인 Data값을 제시된 Reference 값과의 차이를 Comparator 할 수 있는 Logic과 그러한 Logic에 의한 결과를 바탕으로 Gamma-Register 를 찾을 수 있는 Logic을 구현한다. 또한, PC와 USB(Universal Serial bus)를 통해 양방향 통신(Duplex Transmission)을 할 있도록 Interface 설정을 해준다. 그리고, TFT-LCD의 및 BLU(Back Light Unit)의 전압원을 On/Off 로 Switching 가능하게 해주어야 한다. 마지막으로, Read 부를 구성한다. TFT-LCD Panel에 직접 Contact을 해야 하므로 좀더 정밀도를 구하기 위해 Oscilloscope에서 사용하고 있는 Coaxial Probe를 사용해서 Data 를 read 해서 좀 더 깨끗한 data를 얻도록 구성해야 한다. 그리고, Sampling 을 통해 검출 된 Analog 값을 ADC를 통해 Digital 값으로 변환 후 FPGA 로 전송한다. 그림3은 그림2의 모식도를 바탕으로 좀더 세분화된 Test Board의 Block Diagram이다.



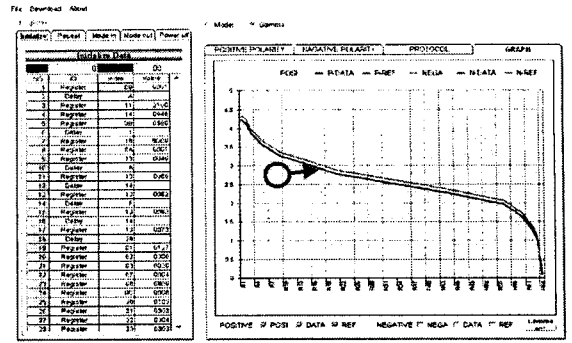
〈그림 3〉 Automatic Gamma 구현을 위한 test Board의 Block도와 이를 구현한 실제 Test Board

2.3 Simulation & Result

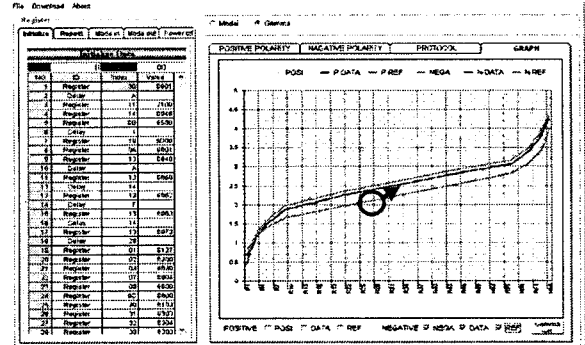


〈그림 4〉 Test Board를 PC와 연동하기 위한 Software [Initialized status]

그림4는 Test Board와 연동하기 위해 Visual Basic으로 구현된 Software이다. Test Board에 TFT-LCD Module을 연결하고 USB Port를 사용해서 PC와 연결하면 Test를 시작할 수 있게 된다. Test Board로부터 TFT-LCD의 실제 data 전압 값을 읽어 들여서 Reference 액정data 전압과의 차이 값을 비교한 후 그 차이를 보정해주는 Simulation을 통해 Positive Polarity Curve 와 Negative Polarity Curve를 software상에서 얻을 수 있다. 그림 5와 그림6을 보면 최초 측정 되어졌던 Polarity Curve가 Simulation 후에는 reference 데이터 전압과 근접한 Level로 이동했음을 알 수 있다.

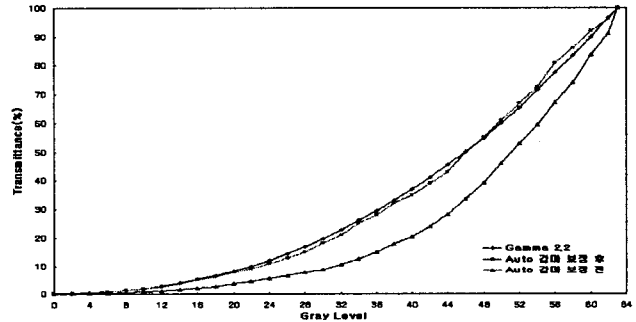


〈그림 5〉 Positive Polarity Curve



〈그림 6〉 Negative Polarity Curve

Simulation을 통해 추출된 액정 전압 보정 Data를 근거로 실제 Panel에 적용해서 Gamma Level을 측정 해 보면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.



〈그림 7〉 Simulation 적용 후 Gamma 측정 data

3. 결 론

TFT-LCD의 최초의 액정 전압 data를 실제 측정 하였으며, Kick Back 전압이 보상된 0~63 Gray 각각의 Reference 액정 data 전압 값을 수치를 통해서 구하였고, 이 두 값을 Test Board와 Software로 비교 및 Simulation을 통해 산출된 register 값을 다시 Panel에 적용해서 2.2 Gamma Level 과 동등한 수준의 data 값을 추출하였다.

[참 고 문 헌]

[1] Richard McCartney, "Advanced LCD Timing Controller IC with Memory-Assisted Response Time Compensation" Proceedings of the 17th International Conference on VLSI Design (VLSID 2004)  
 [2]H.W. Park, S.W. Lee, Y.G. Kim, J.S. Kim, J. Souk, B. Jeon, "A Novel Method for Image Contrast Enhancement in TFT-LCD DS" (SID, pp 1153~4, 2003.)  
 [3] Toshihisa Tsukada, "TFT/LCD : Liquid-crystal display addressed by thin-film transistors." Japanese Technology Reviews, Vol. 29, pp. 13-29, 1996  
 [4] 김상수 외, "디스플레이 공학", 청림 출판사, pp.243-256, Mar 20 00