
Charge pump 기반 정전 센싱 회로를 이용한 터치스크린 패널 드라이버의 혼성모드 회로 분석

여협구* · 정승민*

*한신대학교

Mixed-Mode Simulations of Touch Screen Panel Driver with Capacitive Sensor using Modified Charge Pump Circuit

Hyeopgoo Yeo* · Seung-Min Jung*

*HanShin University

E-mail : hgyeo@hs.ac.kr

요 약

본 논문에서는 개선된 charge pump 회로를 이용하여 구성된 터치스크린 패널 드라이버를 소개한다. 터치 패널 드라이버는 크게 터치를 감지하는 아날로그 센싱 부분과 감지된 신호를 처리하는 디지털 신호 처리 부분으로 이루어진다. 제안된 터치스크린 드라이버의 동작을 확인하기 위하여 혼성 모드로 회로를 구성하고 Cadence Spectre를 이용하여 그 동작을 검증하였다. 디지털 회로 부분은 Verilog-A 모델링하여 아날로그 부분과의 인터페이스가 가능하게 하여, 그 동작을 검증함으로써 동작의 신뢰성을 확보하였고 시뮬레이션 시간을 줄일 수 있었다. 시뮬레이션 결과 ADC가 없는 간단한 구조의 디지털 신호 변환으로 터치 패널 드라이버의 안정적인 동작을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper introduces a touch screen panel driver using modified charge pump circuit. The touch screen panel driver is composed of an analog circuit part which senses a touch and a digital circuit which analyse the sensed signal. To verify the functions the touch screen panel driver, a mixed-mode circuit was built and simulated using Cadence Spectre. The digital circuits were modeled with Verilog-A in order to interface with the analog circuits and verify the functionalities of the driver with less simulation time. From the simulation results, we can verify the reliable operations of the simple structured touch screen panel driver which does not include an ADC.

키워드

Touch screen panel, capacitive sensing, Verilog-A, 혼성모드 시뮬레이션

1. 서 론

반도체 기술의 급속한 발전으로 고성능, 저소비전력의 프로세서 기술이 가능하게 되었고 수기가 바이트 이상의 고용량의 메모리 또한 하나의 칩으로 구현되었다. 이것은 바로 모바일 시스템의 혁명으로 이루어져 스마트폰과 같은 고성능의 모바일 시스템 구현을 가능하게 하였다. 하지만 키보드 키패드와 같은 입력장치들은 그 물리적인

특성 때문에 크기와 무게 등에서 모바일 시스템의 치명적인 제약이 될 수 있다. 이것을 효과적으로 해결해 준 입력 장치가 바로 터치스크린이다. 추가적인 공간이 거의 소요되지 않고도 입력 장치의 역할을 충분히 수행할 뿐 아니라 멀티터치와 같은 효과적이면서도 세련된 입력을 가능하게 만들어 모바일 시스템을 더욱 고급스럽게 만들기도 한다. 본 논문에서는 [1]에서 소개된 charge pump 회로를 기반으로 한 capacitive sensing 회

로를 이용하여 터치스크린 패널 드라이버를 구성하고 시뮬레이션을 통하여 그 기능을 검증한다.

터치스크린 패널 드라이버구동회로는 크게 아날로그 회로 부분과 그 신호를 받아서 처리하는 디지털 회로 부분으로 구분할 수 있다. 아날로그 회로와 디지털 회로가 혼재되어 있을 경우 아날로그 회로의 특성의 검증과 디지털 부분의 로직 검증이 각각 이루어지는 것이 일반적이나 본 논문에서는 소프트웨어적으로 처리하는 DSP파트를 제외한 나머지 디지털 회로 부분에 대해서 Spectre에서 시뮬레이션이 가능한 Verilog-A를 이용하여 모델링한다. 또한 이것을 아날로그 회로와 함께 구현하여 Spectre에서 시뮬레이션이 가능하도록 하고 그 기능을 시뮬레이션을 통하여 검증한다.

II. 터치스크린 패널 드라이버

그림 1은 제안된 멀티 터치용 터치스크린 패널 드라이버의 블록도이다.

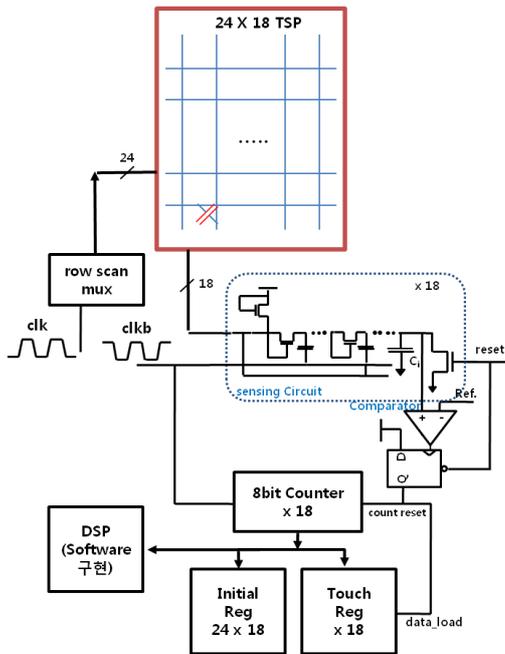


그림 1. 개선된 charge pump 회로를 이용한 멀티 터치용 터치스크린 패널 드라이버 구조

논문 [1]에서 제안된 드라이버 구조를 조금 변형하여 터치스크린 패널의 row, column 모두 mux를 설치한 2D 스캔 구조 대신에 10ms 안에 24x18의 많은 포인트를 가지는 터치스크린 패널을 한번 스캔할 수 있는 구조를 만들기 위해 column mux를 없애고 18개의 센싱 회로와 8bit counter를 가지는 구조로 변경하였다. 따라서 터치를 판별하는 Touch Reg 또한 18개 필요하며

최초 터치스크린의 레퍼런스 상태를 저장할 Initial Reg는 432(24x18)개가 필요하게 된다. 소프트웨어적으로 처리할 DSP 부분을 제외하고 Verilog-A를 이용하여 8bit 카운터와 8bit parallel register를 모델링하고 전체 회로에 그림 1과 같이 포함시켰다.

터치스크린 패널은 총 24x18 터치 포인트를 가지고 있고 시뮬레이션 편이를 위하여 패널 상하단 사이에 플레이트 캐패시터(Ctc) 기생 캐패시터(Cp) 가지는 모델을 적용하였다. 터치스크린 패널을 연결하는 Indium-Tin Oxide (ITO) 물질의 저항은 단위 스퀘어당 500Ω으로 모델링 하였다. 이것은 논문 [1]에서 모델링된 것과 동일한 구조이다. 터치시에는 캐패시터가 원래 가지고 있는 용량의 절반으로 감소하는 것으로 가정하였다.

시뮬레이션에 사용되는 Verilog-A는 Verilog HDL의 아날로그 시뮬레이션을 위한 동작 모델이다. 아날로그 회로 동작을 위하여 Verilog-A는 전기적인 입출력 특징을 갖도록 하며 8bit parallel register는 spectre에서 제공되는 adhl 라이브러리 안에 있는 모델을 사용하였다. 그림 2는 Verilog-A로 모델링 한 8bit 카운터이다.

```

module counter_8bit (vd7, vd6, vd5, vd4, vd3, vd2, vd1, vd0, vc1k, vclear);
    electrical vd7, vd6, vd5, vd4, vd3, vd2, vd1, vd0, vc1k, vclear;
    parameter real trise = 0 from [0:inf];
    parameter real tfall = 0 from [0:inf];
    parameter real tdel = 0 from [0:inf];
    parameter real vlogic_high = 3.5;
    parameter real vlogic_low = 0;
    parameter real vtrans = 1.65;

    define NUM_CNT_BITS 8

    real vd[0];
    integer cnt;
    integer cnt;

    analog begin
        @ ( initial_step ) begin
            i = 0;
            cnt = 256;
        end

        @ (cross(vvc1k) - vtrans, 1.0) begin
            i = i + 1;
            if (i > 256) begin
                i = 0;
            end else begin
                vd[0] = ((i >= 1) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[1] = ((i >= 2) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[2] = ((i >= 3) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[3] = ((i >= 4) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[4] = ((i >= 5) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[5] = ((i >= 6) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[6] = ((i >= 7) ? vlogic_high : vlogic_low);
                vd[7] = ((i >= 8) ? vlogic_high : vlogic_low);
            end
        end

        // clear counter
        @ (cross(vvclear) - vtrans, 1.0) begin
            i = 0;
            vd[0] = vlogic_low;
            vd[1] = vlogic_low;
            vd[2] = vlogic_low;
            vd[3] = vlogic_low;
            vd[4] = vlogic_low;
            vd[5] = vlogic_low;
            vd[6] = vlogic_low;
            vd[7] = vlogic_low;
        end

        // assign the outputs
        V(vd7) <= transition(vd[7], tdel, trise, tfall);
        V(vd6) <= transition(vd[6], tdel, trise, tfall);
        V(vd5) <= transition(vd[5], tdel, trise, tfall);
        V(vd4) <= transition(vd[4], tdel, trise, tfall);
        V(vd3) <= transition(vd[3], tdel, trise, tfall);
        V(vd2) <= transition(vd[2], tdel, trise, tfall);
        V(vd1) <= transition(vd[1], tdel, trise, tfall);
        V(vd0) <= transition(vd[0], tdel, trise, tfall);
    end

    undef NUM_CNT_BITS
end
endmodule
    
```

그림 2. Verilog-A로 모델링한 8bit 카운터

III. 시뮬레이션

전체적인 터치스크린 패널 드라이버의 동작은 다음과 같다. 터치스크린의 1열부터 625KHz의 클럭으로 신호가 가해지며 터치스크린 패널을 통과한 신호는 18개 행으로 전달되게 된다. 터치스크린 드라이버가 처음으로 동작할 때 최초 1회 모든 터치 포인트에 대해 스캔을 하게 된다. 똑같은 625KHz 주파수의 클럭이 카운터를 동작시키며 클럭이 가해짐에 따라 카운터 값이 증가하고 그

때의 디지털 값이 8bit로 출력되게 된다. 센싱 회로의 출력 값이 레퍼런스 전압보다 높아지게 되면 비교기에 의하여 플립플롭의 트리거 신호가 발생하게 되고 이때의 카운터 값이 Initial Reg에 저장되게 된다. 이렇게 432개의 모든 터치포인트에 대해서 같은 동작을 반복하게 된다. 432개의 모든 Initail Reg에 값이 저장되면 1열부터 다시 스캔을 하게 되고 이것은 한 열에 해당되는 18개의 Touch Reg에 저장 되는데 여기에 저장된 카운터 값은 Initial Reg에 저장된 값과 소프트웨어적으로 비교하여 터치여부를 판단하게 된다. 온도 등 외부 조건의 변화로 카운터 값의 변화가 생길 가능성이 있으므로 Initial Reg의 값을 주기적으로 바꾸어 주는 refresh가 터치 감도를 높일 수 있다. 시뮬레이션 편이를 위하여 터치패널 한 포인트에 대해서 수행하였다. 그림 3은 터치스크린에 터치가 되지 않았을 때 와 터치가 되었을 때에 대하여 Spectre를 이용한 시뮬레이션 결과이다. 논문 [1]에서는 1개의 포인트에 대한 터치 변화를 가정한 결과였으나 본 논문에서는 24개의 터치포인트가 모두 묶여있는 최악의 경우를 가정하였기 때문에 터치에 따른 전압 변화의 차이는 줄어들었지만 그래도 비교기 트리거 전압의 변화를 관찰하였고 그 결과가 그림 3에 나타나 있다. 시뮬레이션에서 사용된 비교기의 레퍼런스 전압은 1.5V로 센싱 회로 출력이 1.5V이상이 되면 비교기가 logical high를 출력하게 되며 이때 전압은 3.3V로 고정하였다. 터치 여부에 따른 비교기 출력의 변화는 대략 49 μ s 정도의 차이를 보이고 있다.

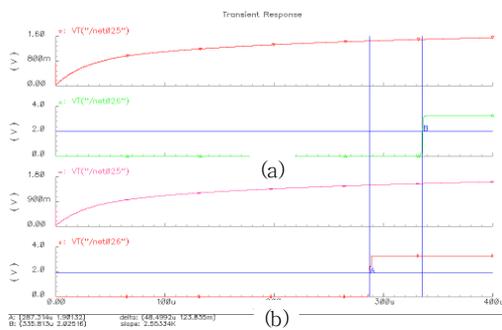


그림 3. 터치 여부에 따른 센싱 회로 출력의 변화와 비교기 출력 (a) 비터치, (b) 터치.

그림 3에서 확인하였듯이 터치 여부에 따라 49 μ s의 차이가 나며 register에 저장된 카운트 값을 비교함으로써 그 차이를 확실하게 비교할 수 있다. 터치가 되지 않았을 경우 즉, Initial Reg에 저장된 값과 터치가 된 경우 즉, Touch Reg에 저장된 값을 비교하였다. 그림 4에서 확인할 수 있듯이 Initial Reg에 저장된 카운트 값은 '11010001'으로 209였고 터치가 된 후에는 '10110011'으로 179로 30카운트의 차이를 보였다. 49 μ s를 625KHz로

계산하여 카운트한 값과 정확하게 일치한다.

Initial Reg에 저장된 초기 카운트 값에서 대략 15 카운트 정도의 차이를 보이면 터치로 간주하는 프로그램을 통하여 터치 여부를 판단할 수 있다.

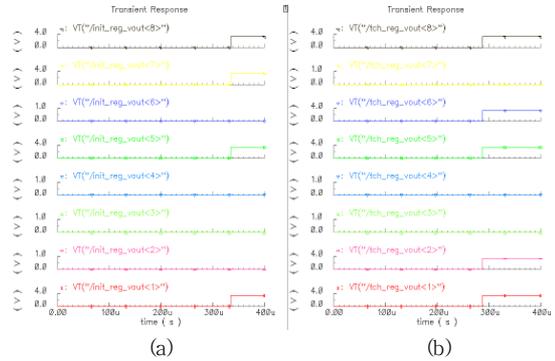


그림 4. 터치 여부에 따른 레지스터 값 (a) 비터치, (b) 터치

V. 결 론

본 논문에서는 charge pump 기반의 정전센싱 회로를 이용한 터치스크린 패널 드라이버를 제시하고 Verilog-A를 이용하여 디지털 블록을 모델링하여 정전 센싱 회로와 함께 Spectre를 이용하여 변형된 혼성모드 시뮬레이션을 수행하였다. Verilog-A를 아용한 혼성모드 시뮬레이션을 통하여 제안된 터치스크린 패널 드라이버의 기능을 검증할 수 있었고 그 결과 ADC를 이용하지 않는 간단한 구조로 구현된 터치스크린 패널 드라이버의 기능을 검증하고 그 신뢰성을 높였다. 또한 Verilog-A를 이용한 모델링을 통하여 기존에 설계된 혼성모드 회로의 시뮬레이션 검증을 간편하게 할 수 있는 방법을 제시하였다.

참고문헌

- [1] H. Yeo, "A New Capacitive Sensing Circuit using Modified Charge Transfer Scheme," International Journal of KMICS, vol. 9, no. 1, pp. 78-82, 2011.
- [2] Verilog-A Language Reference Manual, version 1.0, 1996.