

블루레이 플레이어 Console용 Touch Pad의 전원 노이즈 해석에 관한 연구

김상인**, 김종민**, 김병기**, 나완수**
 삼성전자*, 성균관대학교 정보통신공학부**

Study of Power supply noise for Blu-Ray Player Console with Touch Pad

Sangin Kim*, Jongmin Kim**, Byungki Kim**, Wansoo Nah**
 Samsung Elelectronics*, Sungkyunkwan University**

Abstract - 전자기기에서 외부 Console로 사용되는 Touch Pad의 입력 오류를 줄이기 위해서는 안정된 전원의 공급이 필요하다. 전원에서 발생하는 노이즈는 PDN(Power Delivery Network)의 임피던스에 의해서 발생하며, 이들 노이즈를 줄이기 위해서는 decoupling capacitor의 적절한 수량과 위치를 선정하여, PDN의 임피던스를 최소화해야 한다. 본 논문에서는 임피던스의 최소화를 위해서 Full-wave 시뮬레이션을 이용해서 임피던스 특성을 분석하고, VNA(Vector Network Analyzer)를 이용하여 주파수에 대한 PDN 임피던스를 측정하고, Touch Pad 구동용 지그를 이용해서 Time Domain에서의 임피던스 저감에 따른 노이즈 특성을 분석 비교하였다.

이루어지는데, IC는 Key별로 ADC (Analog to Digital)가 할당되어 있으며, Key를 누를 때와 누르지 않았을 때의 ADC에 인가되는 DC 값 변화로 Key 인식한다. 이때, ADC의 1 Bit 당 변화율은 $5V/4096 = 1.22mV$ 의 값을 갖으며, Touch PAD에서 No touch 상태와 Touch 상태를 판단 할 수 있는 ADC 입력되는 DC Level 차이에 의해서 정보를 받아들이고 최종적으로 블루레이 플레이어 콘솔의 메인보드에 입력신호를 인가해서 Touch Pad의 동작을 결정한다.

1. 서 론

blu-Ray 플레이어에서 HD급 화질을 제공하기 위하여 내부의 동작 주파수는 높아지고 있으며, 심플한 디자인을 선호하는 소비자의 요구에 의해서 기존의 버튼 형식으로 동작을 조정하던 방식에서 <그림 1>과 같이 터치패드 형식으로 전환이 되고 있다. 하지만 메인 보드의 동작 주파수가 높아지고 터치 패드의 인식하는 레벨이 세밀해짐에 따라, PDN(Power Delivery Network)에서 유기되는 노이즈가 터치패드의 인식률은 저하하게 되고, 결국 blu-Ray 플레이어의 동작에 악영향을 끼치고 고장률을 높이고 있다. 이는 시스템 보드와 터치패드의 PCB에서 공급되는 전원에서 고속신호의 회귀(Return path)에 의해서 인덕턴스와 커패시턴스와 같은 주파수에 의한 기생성분들이 발생하게 되고, 특히, 인덕턴스에 의해서 수직 (1)과 같이 SSN(Simultaneous Switching Noise)가 발생하게 된다[1].



<그림 1> Touch Key 활용 예

$$V_{SSN} = L_{pdn} \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

여기서 L_{pdn} 은 PDN의 인덕턴스이며, $\frac{di(t)}{dt}$ 는 Touch Control

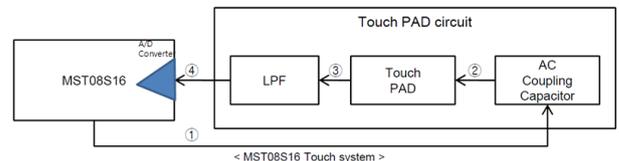
IC에서 스위칭 시 소모하는 전체 전류의 변화이다. <그림 2> (a)에서 보듯이 발생된 SSN은 600kHz 50:50 duty ratio를 갖는 Touch Control IC(MST08S16) Scan의 rectangle 신호에 노이즈가 유기되며, 유기된 노이즈는 Touch PAD회로에 AC 전원 공급 시 SCAN rectangle 신호의 Rising/Falling 시간에 노이즈를 발생시켜서 터치패드에서 인식하는 레벨의 변화를 발생시켜서 인식률을 저하하고 있다. 따라서 인식률을 높이기 위해서는 전원에서 발생하는 노이즈인 SSN을 줄이기 위한 노력이 필요하다.

이에 본 논문에서는 SSN을 저감하기 위해서는 PDN에서의 인덕턴스를 낮추는 것이 필요하며, 이를 확인하기 위해서 Full-wave 시뮬레이션인 Ansoft사의 SIwave를 이용해서 Touch Pad PCB의 주파수에 대한 임피던스를 분석하였고, 시뮬레이션 모델의 신뢰성 확보를 위해서 MST08S16의 Power pin에서 VNA(Vector Network Analyzer)를 이용하여 Z-parameter를 측정하여 Power pin의 임피던스에 대한 주파수 특성을 측정하고 비교하였으며, De-coupling capacitor의 위치에 따른 영향을 분석을 하였다. 끝으로 임피던스의 저감 대책 적용 후 실제 터치패드의 영향을 분석하기 위해서 Touch Pad 구동용 지그를 이용해서 터치패드 동작 시 발생하는 Voltage fluctuation과 SSN, 그리고 Touch Pad의 인식률에 대해서 분석을 하였다.

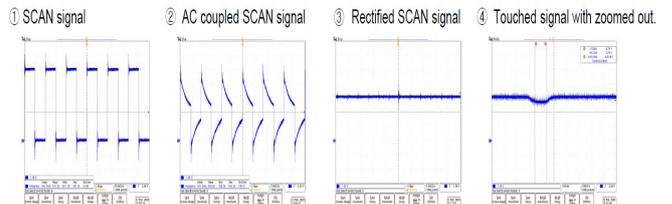
2. 본 론

2.1 Touch Pad 동작 원리

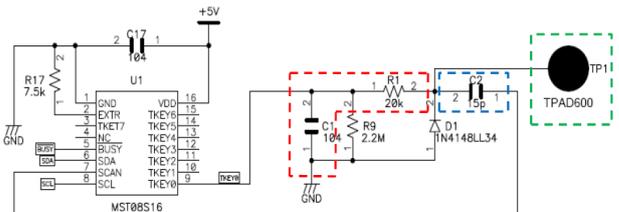
전자기기에 적용된 Touch Controller IC는 <그림 2>의 (a)의 Block Diagram에서 보듯이 MST08S16에서 발생한 신호는 AC coupling capacitor에 충전해 주고, 충전된 capacitor는 Touch Pad의 key에 손이나 도전체로 Touch 시 DC Level이 변한다. 변화된 DC Level 차이를 감지하여 Touch sensing 동작이



(a) Touch Pad Block Diagram



(b) 각각별 파형



< Detailed circuit of the MST08S16 Touch system : Only TKEY0 sensing >

(c) 적용 회로

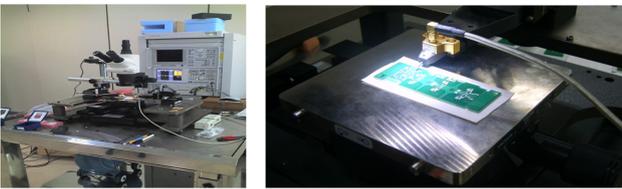
<그림 2> Touch Key 동작 Block 및 회로

2.2 Power Delivery Network 임피던스 측정 및 시뮬레이션

Touch pad PCB의 전원에서 유기되는 노이즈를 정량적으로 분석하기 위해서 <그림 3> (a)와 같이 VNA(Vector Network Analyzer)와 Cascade사의 500um 피치를 가지고 있는 Probe tip을 이용해서 S-parameter를 측정하고 측정된 결과를 Z-parameter로 변환을 해서 PDN의 주파수에 대한 임피던스를 측정하였다. 측정 시 임피던스에 대한 효과를 비교 분석하기 위해서 <표 1>과 같은 조건에서 <그림 3> (b)의 위치에 대해서 De-coupling capacitor를 연결해서 4가지 조건에 대한 특성을 분석하였다. 측정에 앞서 임피던스의 위치 및 용량의 효율적인 선정을 위해서 <그림 3>의 (c)와 같이 Ansoft사의 2.5D툴인 SIwave를 이용해서 시뮬레이션을 하였고, 측정 결과와 비교한 결과 <그림 4>와 같이 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있었다. <그림 4>의 (d)의 경우 사용된 capacitor의 ESR(Equivalent Series R)의 차이[1]에 의해서 크기의 차이는 보이고 있으나 발생하는 공진 지점인 7.8MHz에 대해서는 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

<표 1> Case별 조건

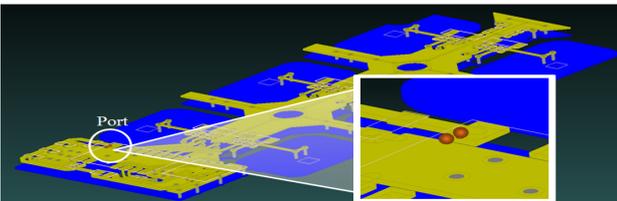
Case	Load Cap	Remark
Bare	PCB 단품	
Case 1	Bulk만 부착	10uF
Case 2	Bulk + 1번 Load Cap	10uF+100nF
Case 3	Bulk + 1~5번에 Load Cap	10uF+100nF*5



(a) Vector Network Analyzer with on probing system

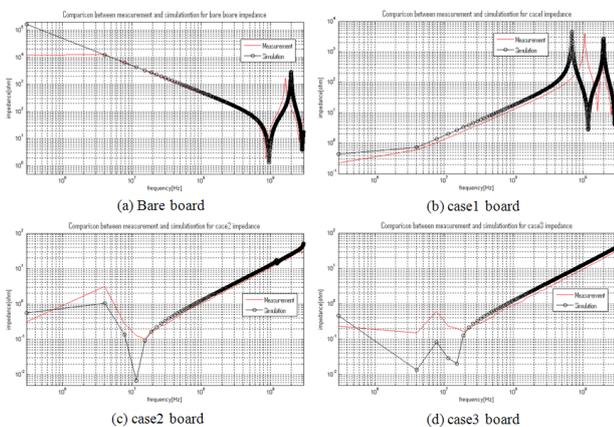


(b) 각 Case별 측정 포트 및 capacitor 위치

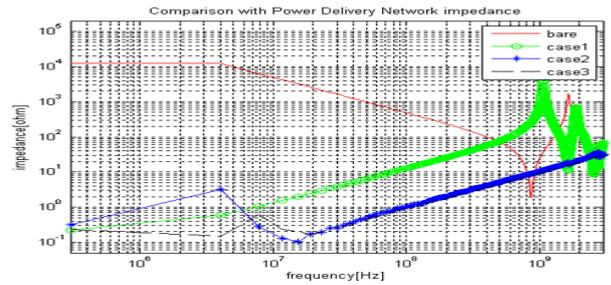


(c) 2.5D Full-wave simulation model using SIwave

<그림 3> 임피던스 측정 설비 및 시뮬레이션 모델



<그림 4> 각 Case 별 측정결과와 시뮬레이션 결과 비교



<그림 5> De-coupling capacitor에 따른 임피던스



<그림 6> 각 Case 별 시간영역에서 노이즈 측정 결과

<그림 5>는 De-coupling capacitor에 따른 임피던스 특성을 보여주고 있는데, Bare PCB에서는 860MHz에서 Resolution, Case 1은 1.1GHz와 1.9GHz에서 Anti-Resolution, 1.6GHz에서 Resolution이 발생한다. Load Capacitor를 5개 붙인 Case3의 경우 3 GHz 내에서는 Resolution이나 Anti-Resolution이 발생하지 않았으며, 100MHz에서 Impedance 값은 Case 1은 15 Ohm, Case 3은 1.0ohm으로 Case3가 가장 낮은 임피던스 특성을 보이고 있다. 그리고 20MHz이상 에서는 Load Capacitor 숫자 1개와 5개의 영향이 거의 없음을 알 수 있다.

2.3 시간영역에서의 노이즈 분석

Touch pad PCB의 전원에서 유기되는 노이즈를 정량적으로 분석하기 위해서 2.2에서 주파수에 대한 임피던스 특성을 4가지 Case에 맞추어서 분석을 하였다. bare 보드를 제외한 임피던스에 따른 노이즈의 특성을 TDS2024B 200MHz/2Gs/s 오실로스코프를 이용해서 측정을 하였고 그 결과가 <그림 6>과 같이 보여지고 있다. 각 Case 별 특성에 대해서 <표 2>와 같이 정리하였는데 Case3의 경우 Touch Control IC의 ADC의 Resolution 1 Bit 당 해당 전압 값이 1.22mV이고 VCC의 전압 변동폭이 52mVpp (52mVpp / 1.22mVpp=42.6)에서 17.6mVpp (17.6mVpp / 1.22 = 14.22)로, Digital Value적으로 28정도 차이가 나는데 이것은 28/4096으로 0.68%의 ADC Error 개선효과를 보여주며, 이는 결과적으로 임피던스 개선으로 오동작율을 줄일 수 있다.

<표 2> Case별 Noise level

Case	조건	Scan	VCC
Case 1	Bulk만 부착	124mVpp	52mVpp
Case 2	Bulk + 1번 Cap	104mVpp	36mVp
Case 3	Bulk +1~5번 Cap	80mVpp	17.6mVppp

3. 결론

Touch PCB에서 PDN개선을 위해 Decoupling Capacitor의 위치와 용량을 SIwave로 분석 결과와, VNA를 이용해서 측정된 결과가 거의 일치하여 시뮬레이션 모델에 대한 신뢰성을 확보하였다. 이들 데이터를 근거로 Capacitor의 위치와 용량을 선정하여, 임피던스를 저감할 수 있었고, PDN의 저감된 임피던스에 의해서 전원에서 유기되는 노이즈에 대한 특성이 개선되어 Touch pad의 성능을 향상 할 수 있다.

[참고 문헌]

- [1] Madhavan Swaminathan, A. Ege Engin "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems, PRENTICE HALL, 28page, 2007
- [2] Tanaka, Y. Takeuchi, M., "Relationship Between Permittivity of Piezoelectric Ceramic and Electrical Impedance Measurement in Proposed Touch Sensor" Ultrasonics Symposium, 2006. IEEE, 2-6 Oct. 2006 Page(s):1437 1440