

향상된 커패시티브-센싱 기술, 애플리케이션의

잠재 영역 확대

By Ryan Seguire, Product Engineer, PSoC CapSense, Cypress Semiconductor Corp.

PMP, 랩탑 PC, 모바일 휴대폰 시장에서의 커패시티브 센싱 (capacitive sensing)에 대한 관심과 함께, 그와 같은 인터페이스 기술들이 여러 해 동안 백색가전 애플리케이션용으로 활발하게 설계되어 왔다는 점은 잊기 쉽다. 센싱 알고리즘과 컨트롤 회로 분야에서의 놀랄만한 향상은 기술이 구현될 수 있는 애플리케이션의 개념을 확대시켰다. 설계자들은 터치 스크린 및 프록시미터 센서 등과 같은 새롭고 흥미로운 애플리케이션 뿐만 아니라 기계식 버튼과 멤브레인 스위치의 대체와 같이 커패시티브 센싱의 가치를 목격하고 있다.

Sensing Capacitance

커패시티브 센서는 전도성 패드와 둘러싸고 있는 지면, 그리고 컨트롤러 접속으로 만들어져 있다. 네거티브 (플라스틱) 커패시턴스인 C_p 는 전도성 패드와 둘러싸고 있는 지면 사이에 있다. 사람 손가락과 같은 제3의 전도성 물체가 센서에 가깝게 전달될 때 시스템 커패시턴스는 물체 (C_F)의 커패시턴스에 의해 증가한다,

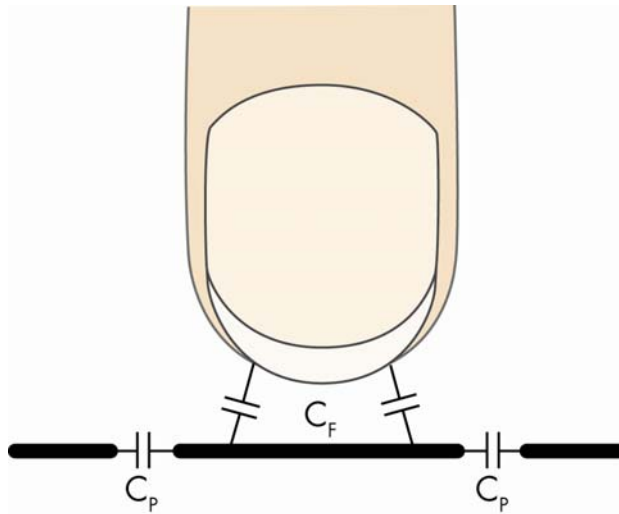


그림 1. 커패시티브 센싱 시스템

C_F 의 추가로 발생한 커패시턴스 증가를 탐지하기 위한 몇 가지 방법들이 있다. 그 중 *Field Effect* 측정은 센서 콘덴서와 로컬 레퍼런스 콘덴서 간의 AC 전압 디바이더를 이용한다. 손가락 탐지 방식은 디바이더 상의 전압 변화를 모니터링 함으로써 수용된다. *Charge transfer* 방식은 작은 센서 콘덴서에서 보다 큰 버스 콘덴서에 이르기까지 반복된 충전 전송 단계를 가진 커패시티브 회로와 레퍼런스 버스 커패시턴스를 이용한다. 버스 콘덴서 상의 전압은 센서 커패시턴스에 비례한다. 커패시턴스는 고정 단계 이후의 전압을 측정하거나 출발 전압 도달에 필요한 단계들을 카운트 함으로써 결정될 수 있다. *Relaxation oscillator*는 charging ramp가 현재의 소스와 (보통 고정된) 센서 커패시턴스 가치에 의해 결정되는 충전시간 측정을 의미한다. 보다 큰 센서 콘덴서는 보통 PWM과 타이머로 측정되면서 더 오랜 ramp 시간을 만든다. *Successive Approximation*은 출발 전압이 successive approximation에 의해 결정되는 커패시턴스 충전 시간 측정을 말한다.

PSoC 디바이스와 함께 구현된 successive approximation 방식 (싸이프레스에 의해 특허가 적용된)은 전압 컨버터와 싱글 슬로프ADC에 커패시턴스를 이용한다. 커패시턴스 측정은 전압으로 커패시턴스를 전환하고 이 전압을 콘덴서에 저장한 후 조절 가능한 현재의 소스를 이용하여 저장된 전압을 측정함으로써 달성된다.

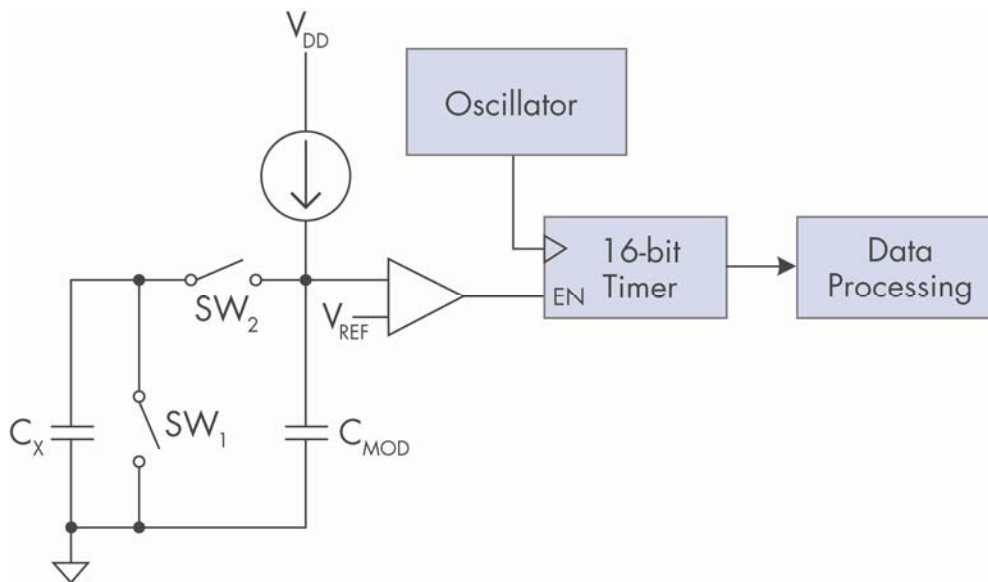


그림2. 커패시턴스 센싱 시스템도

전압 컨버터의 커패시턴스는 전환 콘덴서 기술로 구현되며, 회로는 센서의 커패시턴스에 관한 전압으로 센서 콘덴서를 가져온다. 전환 커패시터는 PSoC의 내부 메인 오실레이터에 의해 시간이 기록된다.

센서 콘덴서는 아날로그 mux bus에 연결되며 버스에 또한 연결된 프로그래머블 current output digital-to-analog 컨버터 (iDAC)를 통해 충전된다. 각각의 버스 충전은 $q=CV$ 로 주어진다. SW2는 오픈되며, SW₁은 0에 C_x에 따른 잠재적인 것들을 가져오고 버스 상의 충전을 줄이기 위해 닫힌다. 이러한 내용 (charge-discharge)은 반복되며 센서 콘덴서는 버스 상의 current load이다.

전환된 콘덴서 회로와 함께 iDAC는 버스 상의 전압을 지속적으로 유지하는 가치를 결정하기 위해 이원 검색방식을 이용한다. 전압은 전환 주파수, 센서 커패시턴스 및 iDAC 가치 (전류) 요소이다. 버스는 또한 결과로 초래되는 전압을 안정화 시키는 바이패스 콘덴서로서 기능한다. 추가적인 콘덴서는 버스에 더해질 수 있으며, 회로의 성능과 타이밍에 영향을 미친다.

$$V_X = \frac{1}{f_{OSC} C_X} I_{DAC}$$

$$V_{BUS} = V_{REF} - V_X$$

계산된 iDAC 가치는 이제 다시 버스를 충전시키기 위해 사용되며, 최초 전압에서 비교 측정기 출발까지의 버스를 가지는데 필요한 시간이 측정된다. 손가락을 대지 않은 최초 전압이 나타나며 그로 인해 충전 시간을 알 수 있다. 센서 위의 손가락은 최초 전압은 줄이고 충전 측정시간은 높여주면서 C_x의 가치를 높여준다.

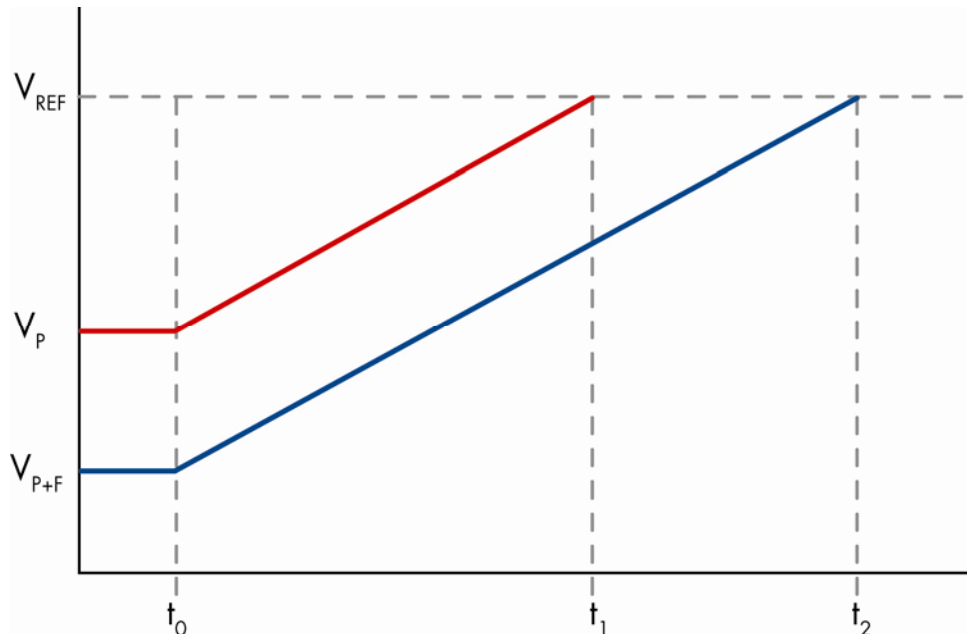


그림 3. 센서 위의 손가락은 충전측정시간을 높여준다

Building a Sensor

커패시티브 센서는 다양한 형태와 기능을 가지고 있으며, 광범위한 미디어에서 사용할 수 있다. 커패시티브 센서의 구현은 간단한 것에서부터 복잡한 것에 이르기 까지 다양하다. 애플리케이션의 요구조건이 자세한 센서 구성과 구현내용을 결정한다.

버튼과 슬라이더는 가장 일반적인 것들이다. 버튼은 컨트롤러에 연결된 큰 전도성 패드이다. 커패시턴스는 일련의 thresholds에 대해 측정되며 비교되며, 그 결정은 digital output 혹은 활성 압력이나 손가락 크기에 대한 더 많은 아날로그의 특성으로 이루어질 수 있다. 또한, 슬라이더는 전도성 패드의 linear 혹은 radial array이다. 매스 알고리즘의 중심은 센스에 사용된 핀 숫자 보다 훨씬 더 큰 화질로의 활성 부분을 결정한다. 버튼이나 슬라이더와 같은 대부분의 아주 간단한 커패시티브 센서는 구리를 사용하여 인쇄회로기판 (PCB)에 놓여진다. 그러나, 실버 잉크와 같은 다른 기질과 디포지션 미디어는 이용할 수 있다.

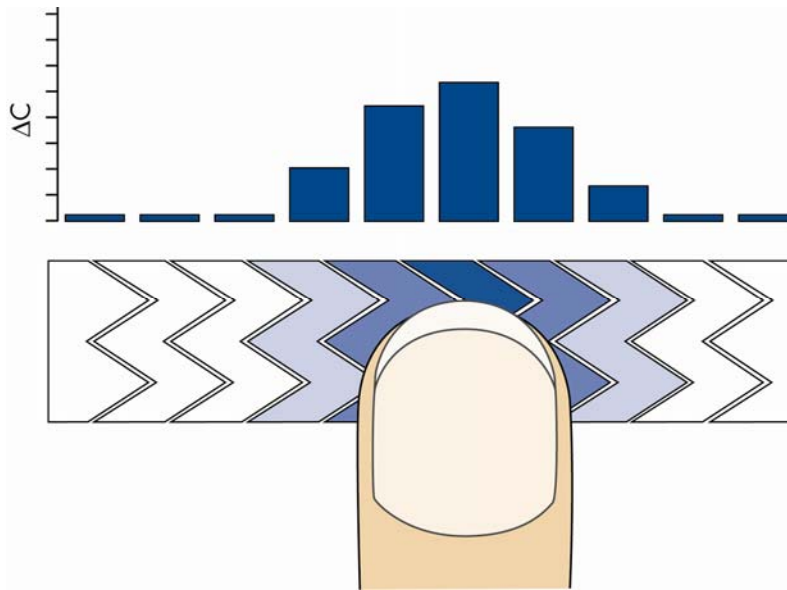


그림 4. 매스 알고리즘의 중심은 활성 포지션이 결정한다

다이나믹 유저 인터페이스는 디스플레이 자체에 반응하여 재구성하는 버튼이나 활성 구역을 이용 한다. 이들 디스플레이는 끊임 없이 직관적인 상호작용을 촉진함으로써 사용자 경험으로 이동한다. 이러한 시스템 구성은 간단한 버튼이나 슬라이더를 다소 더 복잡하게 한다. 커패시턴스 터치 스크린은 디스플레이상의 투명한 전도성 물질을 이용한다. 전도성 표면은 유리나 PET 필름 등과 같은 기질에 놓여지며 컨트롤 회로에 연결된다. 이러한 기질은 오버레이와 디스플레이 사이의 오버레이에 부착된다. 활성 지점은 슬라이더와 같은 방식으로 결정된다. 2개의 슬라이더는 디스플레이 구역의 완전한 커버리지를 제공하기 위해 각 축의 하나로 얹혀진다. 활성화는 양 축에서 발견되며 지점은 2개의 축을 제외하고 x와 y-데이터로 보내진다.

프록시미티 센서는 큰 버튼에는 필수적이다. 프록시미티 센서의 목적은 전도성 물질의 정확한 지점을 찾는 것이 아닌 그 자체의 존재성에 있다. 디바이스는 정확한 지점을 알 필요가 없기 때문에 반응 시간은 더 느려질지도 모른다. (3~4ms vs. 250us). 프록시미티 센서의 민감성은 훨씬 더 크다; 잘 구성된 디자인에서는 30cm가 달성될 수도 있다. 프록시미티 센서는 다른 어떤 디스플레이 그래픽과도 연계될 필요가 없음에 따라 디바이스 상의 그들의 위치는 보다 더 유연하게 할 수 있다.

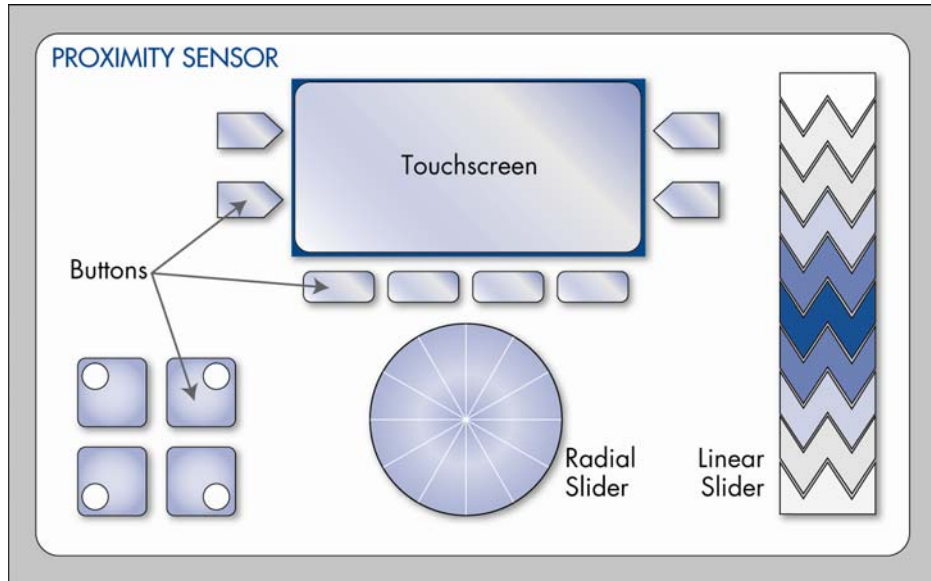


그림 5. 프록시미티 센서 배열

커패시티브 센서 이용하기

커패시티브 센서 이용은 보다 더 확대되고 있다. 묘사된 센서는 설계자들이 그와 같이 유연하고 내구성이 있으며 우수한 디자인 요소들로 작업할 수 있는 새로운 기회들을 만들어 주었다. 버튼은 여전히 기본적인 메뉴 네비게이션과 활성화를 위해 사용된다. 그러나, 값비싼 전위차계가 아닌 버튼의 아날로그적 성격은 향상된 기능과 안전한 특징들을 보다 쉽고 저렴하게 구현할 수 있도록 해 주고 있다.

LG의 LA-N131DR 공기 청정기는 전면 패널 디스플레이 메뉴 버튼을 위한 5가지 커패시티브 센서를 사용하고 있다. 이들 버튼은 설계자들이 중단 없는 새시 디자인을 구현할 수 있도록 해 주는 반면 유저 인터페이스를 실현하고 있다. 커패시티브 버튼은 4 밀리미터의 유리를 통해 사람의 손가락을 탐지한다. 컨트롤 회로는 two-layer 인쇄회로기판의 비-센서 쪽에 위치하며, LG는 이런 센서들을 조절하기 위해 PSoC 혼합-시그널 어레이를 사용하고 있다.



그림 6. LG 전자가 개발한 LG LA-N131DR 공기청정기는 전면 패널 디스플레이 메뉴 버튼을 위한 5가지 커패시티브 센서를 사용하고 있다 (사진 : LG 전자)

프록시미티 센서는 야간 작동이나 보다 더 큰 활성 요소를 필요로 하는 안전상의 특징들을 위한 리액티브 배후조명이 가능하다. 프록시미티 센서, 버튼, 슬라이더 및 터치스크린은 PSoC을 이용하여 단일 프로세서로 컨트롤 할 수 있다. 펌웨어 routines은 유저 인풋이나 호스트 커맨드를 기반으로 상태를 변경할 수 있게 해 준다.

커패시티브 센싱 애플리케이션 만들기

PSoC 혼합 시그널 어레이는 디지털 및 아날로그 리소스, 플래시 메모리 및 RAM, 8-bit 마이크로 컨트롤러, 그리고 몇몇 다른 특징들의 구성 가능한 어레이이다. 이러한 특징들은 PSoC이 캡센스 (CapSense) 포트폴리오에서 혁신적인 커패시티브 센싱 기술들을 구현할 수 있도록 해 준다. 디자인 사양과 사양 변경에 맞는 디바이스를 구성하거나 재구성하기 위해 PSoC의 직관적인 개발 환경을 이용할 수 있다. 새로운 센싱 기술들은 보다 향상된 sensitivity와 소음감소, 전력 절감 및 향상된 update rate를 보여주고 있다. PSoC과 PSoC 캡센스와 관련한 보다 자세한 내용은 싸이프레스 다음 웹사이트들을 참조할 수 있다. (www.cypress.com / www.cypress.com/capsense)



References

Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.