

스마트 스피커 기본 사항: 설계 장단점 따져 보기



Wenchau Albert Lo

시스템 엔지니어, 개인용 전자 제품
텍사스 인스트루먼트

Mike Gilbert

완제품 리드, 개인용 전자 제품
텍사스 인스트루먼트

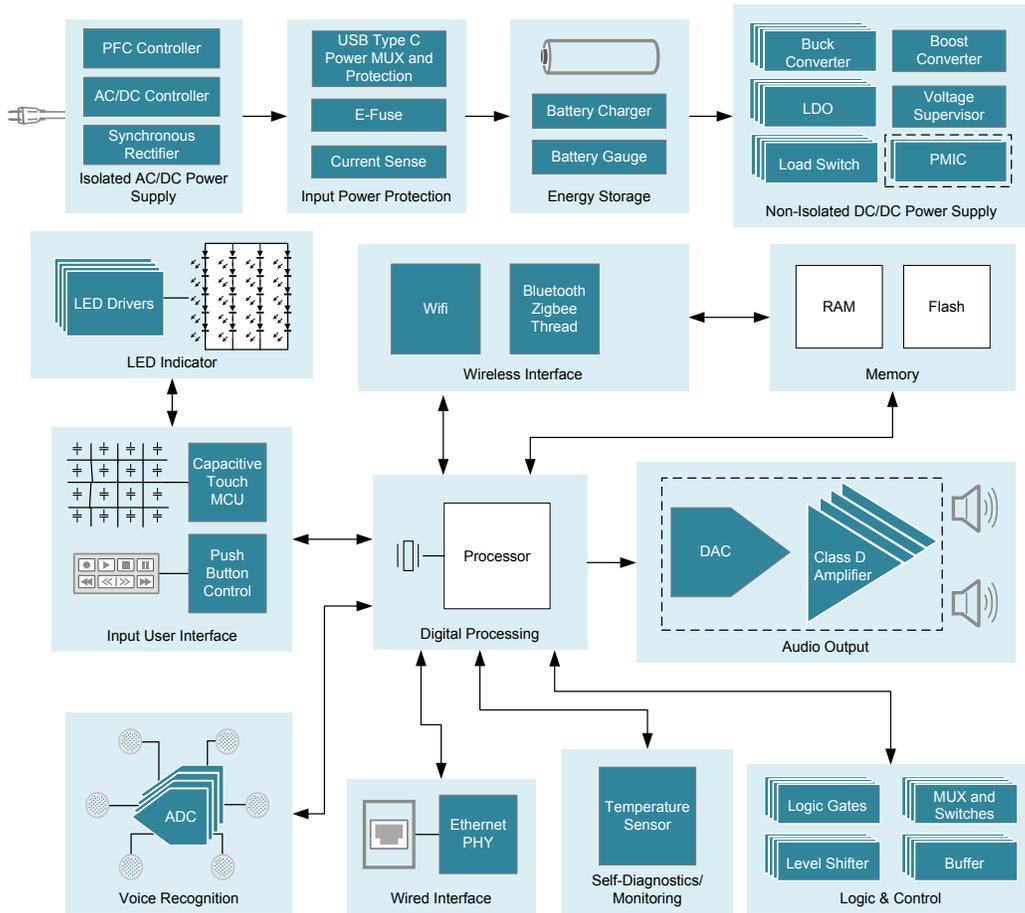


그림 2. TI의 스마트 스피커 시스템 블록 다이어그램.

마이크

마이크 기술을 선택할 때 장단점이 명확하지 않을 수 있습니다. 다음 옵션 간의 선택입니다.

- 통합 전치 증폭기를 지원하는 미세 전자 기계 시스템(MEMS) 기반 "아날로그" 마이크. 포맷된 디지털 코드를 SoC로 출력하는 외부 24비트 오디오 아날로그-디지털 컨버터(ADC)와 페어링됨.
- MEMS 기반 "디지털" 마이크. 포맷된 디지털 코드를 생성하기 위해 추가 필터링을 필요로 하는 펄스 기간 모듈레이션(PDM) 디지털 비트 스트림을 출력하는 통합 싱글 비트, 1차 델타 시그마 모듈레이터 ADC를 지원함. 음성 인식에 특화된 SoC 또는 디지털 신호 처리기(DSP)가 이 필터링을 다뤄야 합니다. 독립형 음성 DSP는 SoC에서 상당한 처리 부하를 덜지만, 비용이 추가됩니다.

디지털 마이크는 아날로그 마이크보다 비싸지만 아날로그 마이크는 SoC 앞에 추가 ADC가 있어야 합니다. 별도의 ADC가 있는 아날로그 마이크와

비교했을 때, 디지털 마이크는 주어진 마이크 내부의 ADC에 포함된 변환기 사이즈 제한과 통합 ADC 자체의 성능 제한에 대해 신호 대 잡음 비율(SNR)과 동적 범위가 낮습니다. 일반적인 디지털 마이크는 약 65dB의 SNR과 104dB의 동적 범위를 제공하며 ADC가 포함되어 있으므로 필터링과 오버샘플링을 통해 SNR과 동적 범위를 강화할 수 없습니다.

반면에 아날로그 마이크는 외부 ADC와 통합되어 있으므로 최대 120dB의 SNR 및 동적 범위(둘 모두 ADC에서 유사함)를 경험할 수 있습니다. 이 외부 ADC는 종종 높은 오버샘플링 기능과 함께 3차 또는 4차 델타 시그마 모듈레이터를 사용하는 멀티 채널 정밀 오디오, 24비트 ADC입니다. 또한 프로그래밍 가능한 복잡한 디지털 데시메이션 필터, 구성 가능한 자동 게인 제어 기능을 갖춘 PGA, 추가 잡음 필터링 및 이퀄라이제이션을 위한 미니 DSP를 통합합니다. 일반적인 혼잡한 방 또는 음악이 재생되고 있는 방의 주변 사운드 레벨이 쉽게 60dB이 된다는 점을 고려하면, 디지털 마이크의 동적 범위가 더 낮으면

음성 명령이 주변 사운드보다 훨씬 높지 않은 이상 음성 명령을 제대로 인식하지 못할 수 있습니다. 즉, 최종 사용자가 마이크에 더 가깝게 가야 하거나 스마트 스피커에 더 많은 마이크가 필요하게 됩니다.

넓은 관점으로 봤을 때 104dB~120dB의 동적 범위에는 놀라운 이점이 있습니다. 동적 범위가 6dB 향상되면 음성 인식 범위가 두 배로 늘어날 수 있습니다. 어느 시점에서는 범위를 늘려도 실용적이거나 유용하지 않지만, 사용할 수 있는 동적 범위가 많아집니다. 14dB의 동적 범위를 추가하면 필요한 마이크 개수를 줄여서 비용을 절감할 수 있습니다. 디지털 마이크를 추가하는 것은 비용이 더 들 뿐만 아니라, 각 마이크를 SoC에 페어링하기 위해 세 개의 신호 트레이스(데이터 및 클럭)를 라우팅하여 복잡성이 증가함으로써, 그리고 SoC 자체에서 사용 가능한 PDM 입력 개수에 의해 엄두도 못 낼 정도로 비쌀 수도 있습니다. 거기에 더해, 각 트레이스가 잡음을 내거나 방사할 수 있다는 사실로 인해 전자기 간섭이 큰 문제가 됩니다. 마지막으로, 각 디지털 마이크의 클럭 라인은 라우팅 및 지터와 관련된 문제를 가져올 수 있습니다. 오늘날의 아날로그 마이크에는 신호 추적 라우팅에 대한 공통 모드 제거를 지원하는 차동 출력이 있습니다. ADC는 또한 각 마이크에 대한 바이어스 전원을 제공하여 어레이의 파워 트리 복잡성을 줄입니다.

아날로그 마이크와 고정밀 ADC를 사용했을 때 증가하는 마이크 범위 및 민감도의 조합은 비용과 복잡도를 줄일 뿐 아니라 다양한 잡음 환경에 걸쳐 해결하기 어려운 명령 인식 오류를 크게 줄입니다. 2세대 스마트 스피커가 출시됨에 따라 이 오류율은 점점 더 중요한 시장 차별화 요소가 되고 있습니다.

멀티 마이크 설계와 음성 인식 도입에 관한 한 활을 재창조할 필요가 없습니다. **TI의 PCM1864 기반 원형 마이크 보드(CMB) 레퍼런스 디자인**(그림 3에 표시)은 2개의 4채널 오디오 ADC를 사용하여 최대 8개의 아날로그 마이크 어레이와 연결되며, 잡음이 있는 환경에서 명확한 사용자 음성 명령을 추출할 수 있습니다.

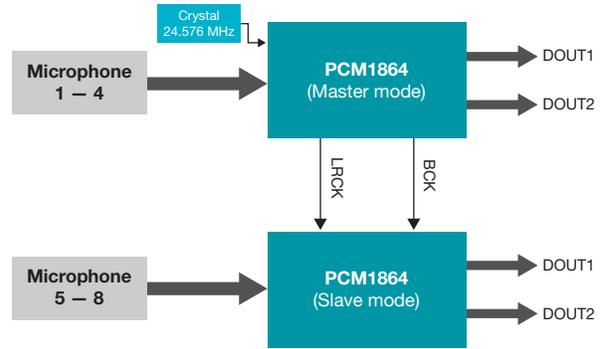


그림 3. 원형 마이크 보드 레퍼런스 설계.

스피커 증폭기 및 전원

스피커 증폭기의 경우 출력 전력(일반적으로 5W~25W), 전력 소모, 열, 크기, 스피커 보호 및 사운드 정확도가 균형을 이루고 있습니다.

하나의 중간 범위 스피커 및 우퍼가 있는 단순한 스피커는 좋은 사운드를 제공하지만, 최신 오디오 처리 기술이 결합된 다중 스피커는 360도 오디오 경험을 제공할 수 있습니다.

일회성 룬 보정을 구현하여 스피커의 스펙트럼 특징을 튜닝하고 최적으로 일치시키거나, 사운드 영역 내의 움직임을 보완하는 더 복잡한 적응형 튜닝 접근 방법을 택할 수도 있습니다. **TI PurePath™ 콘솔** 그래픽 개발 제품군은 간단한 일회성 튜닝으로 인상적인 결과를 제공합니다.

소비 전력 및 열 측면에서 지속적인 전력 드레인을 줄이기 위한 하나의 접근 방법은 증폭기 펄스폭 변조 방법을 어댑티브 전원 공급 장치를 결합하여 스피커의 전력 요구 사항을 줄이는 것입니다. 이 기술은 가변(고정되지 않음) 클래스 D 출력에 대해 스위칭 주파수를 사용하고, 오디오 콘텐츠에 기반하여 주파수를 변경합니다. 즉, 콘텐츠가 많아질수록 스위칭이 많아지고, 콘텐츠가 적어질수록 스위칭이 적어집니다.

효율성을 추가하기 위해 콘텐츠에 따라 증폭기의 출력 전원 공급 장치 전압을 동적으로 조정할 수도 있습니다. 이러한 기술을 엔빌로프 트래킹이라고 합니다. 이 기술은 음악에 전력 향상이 필요한 경우, 특히 베이스가 많은 부분(신호 콘텐츠에 피크가 많은 경우)에서만 오디오 콘텐츠를 추적하고 전압(출력 전력)을 높입니다.

디지털 입력, 클래스 D, IV 감지 오디오 증폭기
스테레오 평가 모듈 레퍼런스 디자인(그림 4에 표시)
 은 다중 포켓의 디지털 입력을 받아들이고 고품질 오디오를 제공할 뿐만 아니라 클래스 D 토폴로지에 정확도 및 성능의 저하 없이 다양한 출력 범위에 걸쳐 전력 소모를 최소화하는 추가 기능이 포함되어 있습니다.

전원 관리

대부분의 전자 시스템과 마찬가지로, 전력 관리는 시스템 설계에서 매우 중요한 역할을 합니다. 궁극적인 목표는 더 적은 열을 방출하는 전력 효율성을 제공하여 더 작고 비용이 낮은 시스템을 사용할 수 있도록 하고, 휴대용 시스템의 경우 배터리 작동 시간을 늘리는 것입니다. SoC 및 Wi-Fi 칩셋에 전용 PMIC가 번들로 포함되는 경우가 있지만, 여전히 DC/DC 컨버터, 저손실 레귤레이터 및 전압 통제기를 사용하여 시퀀싱과 같은 기능을 수정하고, 보드 레이아웃을 변경하고 잡음 및/또는 비용을 줄이는 개별 구현의 공급기 유연성 및 추가 보드 레이아웃을 선호할 수 있습니다.

또한 고정된 통합 솔루션이 제공하는 것을 넘어서 더 낮은 정동작 전류로 작동하는 것 또는 더 높은 스위칭 주파수(예: 1.4MHz~4MHz)를 사용하는 것과 같은 고정된 통합 솔루션이 제공하는 것 이상으로 설계를 최적화하여 소형 인덕터의 필요성에 따라 더 작은 풋프린트를 달성하고 싶어 할 수도 있습니다. 또는 펄스 스킵 또는 에코 모드를 사용하여 낮은 부하에서 전력을 절약하는 동시에 20kHz 미만에서 전환(가청 잡음이 생길 수 있음)하지 않음으로써 오디오 대역에 간섭하지 않으려고 할 수 있습니다. 더 나아가, 시스템 입력 전압 유연성을 원할 수도 있습니다. 이러한 증폭기에는 내부 전원 공급 장치 또는 외부 전원 어댑터에서 제공되는 12V~24V 전원 공급이 필요합니다.

내부 AC/DC 공급 장치는 주 전원을 제공할 수 있지만, 필요한 스피커 전력에 따라 12V 또는 5V의 AC/DC변환

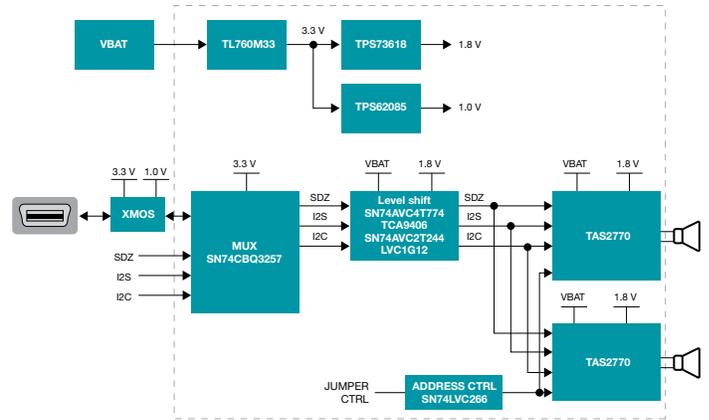


그림 4. 스테레오 평가 모듈 레퍼런스 디자인.

어댑터가 더 널리 사용됩니다. 이 주 전원은 저전력 스피커용 마이크로 USB 커넥터를 통해 공급되거나 고전력 스피커용의 더 간단한 최신 USB Type-C™를 통해 공급되어 기존의 대형 벽면 AC/DC 어댑터 및 원형 잭을 대체할 수 있습니다. 이러한 어댑터의 전력 수준은 서로 다를 수 있기 때문에 USB Type-C를 도입하려면 스피커에서 어댑터로의 일정 수준의 핸드셰이킹이 필요하거나 통합 과전류 및 과전압 보호 기능을 갖춘 배터리 충전기 또는 입력 USB 전류 제한 스위치를 사용해야 합니다.

휴대용 스피커의 경우 전원 경로 보호라고 불리는 기술을 통해 외부 AC/DC 벽면 어댑터로 배터리를 충전하는 동시에 통합 레귤레이터를 통해 스피커에 전원을 공급할 수 있습니다. 12V 또는 18V와 같이 더 높은 스피커 증폭기 전원 레일이 필요한 경우, 한 가지 옵션은 8V의 이중 셀 배터리를 사용한 다음 스피커 증폭기에 필요한 만큼 높이는 것입니다. 배터리 충전기는 입력을 더 높은 배터리 전압까지 늘려야 하며 (어댑터 출력이 5V인 경우), 피크 전력 상황에서 더 높은 전압을 달성하기 위해 스피커 증폭기 레일에 대한 추가 부스트 컨버터가 필요합니다. 또한, 휴대용 스마트 스피커 시스템에는 낮은 대기 전력 등급 및 배터리가 단일 전원일 때 충전 사이클 간에 더 긴 런타임을 제공하기 위한 효율적인 강압 컨버터가 있어야 합니다.

스피커가 전력 소모의 상당 부분을 차지하기 때문에 증폭기의 요구 사항과 밀접하게 통합된 전원 공급 장치는 전력 및 비용 효율적인 설계를 갖추게 됩니다. **오디오 전력 증폭기를 위한 엔벨로프 트래킹 전원 공급 장치 레퍼런스 디자인**(그림 5에 표시)은 이러한 솔루션의 좋은 예입니다. 이 디자인은 5.4V~8.4V의 입력 전압 레일에서 작동하며 8Ω 부하에 2×20W를 제공합니다(7.2V 레일 사용). 또한 오디오 신호의 피트 간 엔벨로프에 따라 출력 전압을 변경함으로써 출력 전압 범위에 걸쳐 높은 효율성을 유지합니다. 따라서 오디오 콘텐츠에 따라 전력 증폭기의 전원 공급을 동적으로 조정하여 전력 소비를 최적화합니다.

사용자 인터페이스

스마트 스피커의 시장 차별화에 있어 HMI(Human Machine Interface)가 주요 요소이기 때문에 원하는 최종 사용자 경험에 따라 어떤 유형의 사용자 인터페이스를 제공할지 결정해야 합니다. 인터페이스는 저비용의 단순한 버튼과 단일 표시기 LED부터 회전 LED, 소형 LCD 디스플레이, 터치 입력 및 햅틱 피드백을 제공하는 LCD 디스플레이에 이르기까지 다양할 수 있습니다.

LED는 상태를 알리는 데 사용되며, 최근에는 다양한 패턴으로 움직이는 색상을 생성하여 최종 사용자 경험을 향상합니다. 더 간단한 시스템은 단일 색상 LED를 사용하지만 대다수는 빨간색-녹색-파란색(RGB) LED를 사용합니다. 멀티컬러 옵션을 선택하는 경우 RGB LED를 얼마나 많이 포함할지, 시스템 프로세서, MCU 또는 통합 LED 엔진이 탑재된 최신 다중 LED 드라이버 중 무엇으로 이 LED를 제어할지를 결정해야 하며, 각 선택에는 비용, 전력, 시스템 부담 장단점이 따라옵니다. 통합 LED 패턴 엔진을 사용하면 이 엔진이 패턴 생성을 관리하고 RGB LED의 어레이를 구동하여 프로세서 또는 MCU가 저전력 유휴 모드로 전환됐을 때에도 프로세서의 부하가 줄어듭니다.

그림 6에서 볼 수 있듯이, **다양한 LED 링 조명 패턴 레퍼런스 디자인**은 통합 LED 엔진과 새로운 멀티채널 RGB LED를 사용하여 멀티컬러 RGB LED 링 패턴 서브시스템을 어떻게 설계해야 하는지를 보여줍니다. 주변광 센서 IC를 사용하면 LED 밝기를 자동으로 제어할 수 있습니다.

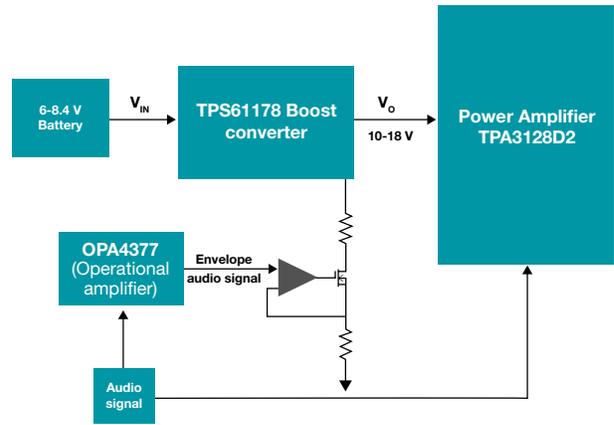


그림 5. 엔벨로프 트래킹 전원 공급 장치 레퍼런스 디자인.

해당 패널 푸시 버튼은 비싸지 않을 수도 있지만, 기계 고장이 발생하기 쉽고 단일 기능으로 제한됩니다. 최종 사용자는 동작(위로, 아래로, 스크롤)을 하기 위해 이 버튼을 '길게 눌러야' 하는데, 이는 스마트폰의 시대에

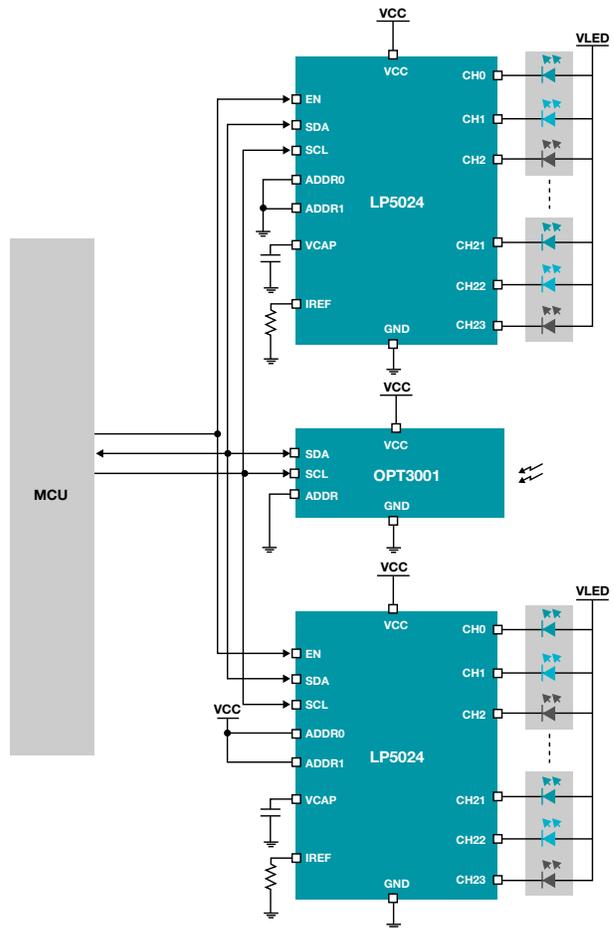


그림 6. 다양한 LED 링 조명 패턴 레퍼런스 디자인.

뒤떨어지고 반직관적인 작동입니다. 이와 대조적으로, 정전식 터치 인식 표면은 더 많은 상호 작용을 지원하고 사용자 인터페이스를 강화합니다. 물리적인 힘이 필요하지 않으며, 동일한 표면에서 최종 사용자의 근접도를 감지하고 어두운 곳에서도 쉽게 사용할 수 있도록 백라이트를 활성화합니다. 터치 인식 표면은 단순한 푸시 대신 "스вай프" 또는 "스핀"을 지원하여 더 친숙한 인터페이스를 구현할 수 있고, 스마트 스피커를 차별화하는 데 도움이 됩니다. 적절하게 설계된 정전식 터치 컨트롤러는 플라스틱, 유리, 금속 등 다양한 표면에서 작동하며, 스피커 케이스 표면과 동일한 높이로 설계될 수 있습니다.

스피커용 제스처 기반 정전식 터치 인터페이스

레퍼런스 디자인(그림 7에 표시)은 TI의 정전식 터치 MCU를 사용하여 스마트 스피커용 멀티 제스처 정전식 터치 인터페이스를 위한 사용하기 쉬운 평가 시스템을 제공합니다. 이 설계는 탭, 스와이프, 슬라이드 및 회전 제스처를 지원합니다.

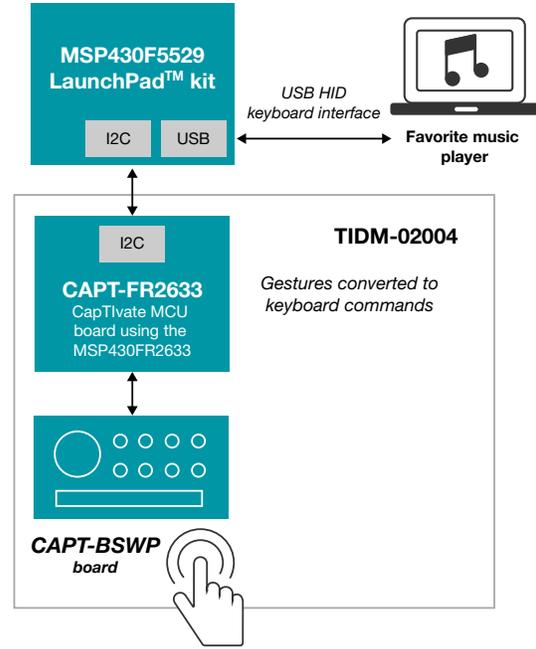


그림 7. 제스처 기반 정전식 터치 인터페이스 레퍼런스 설계.

무선 연결

마지막으로, 문자 그대로 박스 밖에서의 문제가 있습니다. 인터넷에 연결되지 않으면 스마트 스피커는 의도한 대로 작동하지 않습니다. 주어진 속도 요구 사항 및 전력 제약 조건에서 연결할 수 있는 가장 좋은 방법과 관련된 설계 결정이 있습니다.

스마트 스피커를 인터넷에 연결하는 가장 일반적인 형식은 Wi-Fi를 통해 직접 연결하는 것입니다. 여기에서 IEEE 802.11n의 대역폭은 충분하고도 남으며, 멀티룸 무선 스피커 메시 연결을 허용합니다. 그러나 Wi-Fi 전력 증폭기가 매우 많은 전력을 소모하며 배터리로 작동하는 스마트 스피커의 재생 시간을 제한할 수 있습니다. 이 이유로 인해 Wi-Fi 지원 스피커는 지속적으로 작동하기 위해 매립식 콘센트에 직접 꽂아 사용되거나 AC 어댑터와 함께 사용되기도 합니다.

더 많은 방에서 사용하거나 더 나은 스테레오 음질을 얻기 위해 여러 개의 스마트 스피커 제품을 사용하려고 하는 최종 사용자는 메시 네트워크를 구현하기 위한 IEEE 802.11n/s 지원이 필요합니다. 메시 네트워크에서는 하나의 스피커가 클라우드에 연결되어 나머지 스피커의 주인 역할을 할 수 있습니다. 주인 역할을 하는 스피커의 전원이 꺼져 있거나 이 스피커가

네트워크에 연결되지 않으면 메시가 자동으로 다른 스피커를 주인으로 지정합니다. 멀티 스피커 메시 네트워크에서 가장 큰 과제는 동기화입니다. 메시 네트워크의 Wi-Fi 컨트롤러에는 사용자가 불만을 가지지 않도록 하기 위한 강력한 동기화 체계가 있어야 합니다.

배터리로 구동되는 휴대용 스피커는 Wi-Fi 클라우드 연결을 근처 모바일 장치로 오프로드할 수 있습니다. 간접 클라우드 연결을 위해 모바일 장치에 연결하거나 모바일 장치에 저장된 콘텐츠를 들으려면 Bluetooth 저에너지의 대역폭 제한 및 전력 체계로 인해 오디오 콘텐츠를 스트리밍하기 위한 지속적인 연결에 Bluetooth 클래식(또는 Bluetooth BR)이 필요합니다. Bluetooth 클래식과 함께 사용될 때 Bluetooth 저에너지는 장치 간 통신을 제어할 수 있습니다.

홈 자동화는 현재 많은 가정에서 별도의 개체로 존재하는 또 다른 기능으로, Wi-Fi를 통해 인터넷에 연결되고 Zigbee®, Thread, Z-wave와 같은 표준에 의해 구현된 홈 자동화용으로 설정된 무선 메시 네트워크를 통해 특수 조명 및 서모스탯에 연결되는 독립형 서버입니다. 이 추가 독립형 서버가 구현된 한 스마트 스피커는 인터넷을 통해 홈 자동화를 제공하는 데 대한 권리를 법적으로 주장할 수 있습니다.

그러나 최종 사용자가 이 추가 무선 서브를 구입해야 하는 필요성을 없애기 위해 스마트 스피커는 통합 RF 전력 증폭기와 함께 멀티밴드 무선 MCU를 추가하는 단순한 방식으로 홈 자동화 허브가 될 수 있습니다. 무선 MCU는 프로토콜 스택의 처리를 다루고 라디오를 제어하여 주로 사용되는 장거리 홈 자동화 프로토콜(2.4GHz 및 Sub-1GHz 대역)을 통해 통신을 활성화하는 동안 기존 SoC 또는 Wi-Fi 네트워크 프로세서에 부담을 주지 않도록 합니다. Wi-Fi와 Bluetooth도 2.4GHz 대역을 사용하기 때문에 통합 무선 MCU에 내장된 하드웨어와 소프트웨어의 조합을 통해 공존성을 확인해야 합니다.

미래를 들여다보다

미래의 스마트 스피커는 더 독립적인 오디오 전용 제품이 될 것입니다. 평면 TV가 점점 더 얇아짐에 따라 TV의 스피커도 더 작아져야 하는데, 이는 TV의 사운드에 부정적인 영향을 미칩니다. 결과적으로 평면 TV의 사운드를 향상하는 사운드바가 점점 인기를 얻고 있습니다. 음성 인식을 추가하는 것은 사운드바 발전의 분명한 다음 단계입니다.

전체 그림을 완성하기 위해 스마트 사운드바는 TV에 연결된 하나의 HDMI 케이블로 무선 비디오 스트리밍을 위한 셋톱박스를 통합할 것입니다. 이렇게 하면 TV가 매우 큰 디스플레이 모니터 역할을 합니다. 평면 TV가 점점 더 얇아짐에 따라 TV 제어 회로 및 전원 공급 장치도 스마트 사운드바에 통합될 수 있습니다. 그러면 스마트 스피커와 스마트 사운드바가 종합 홈 엔터테인먼트 시스템의 허브 자리를 놓고 경쟁하게 됩니다. 홈 자동화를 위한 추가 연결과 함께, 이러한 장치들은 스마트 홈을 위한 자동화 허브가 되기 위한 경쟁 또한 펼치게 됩니다.

또 다른 추가 기능은 스마트 스피커 디스플레이입니다. 디스플레이를 추가하는 것은 스마트 스피커 기능의 자연스러운 확장입니다. 자동차에서 중앙 콘솔 디스플레이가 확산되고 있듯이, 소비자들은 홈

인포메이션/엔터테인먼트 장치에서도 추가적인 시각적 경험을 요구할 것입니다. 또한 콘텐츠가 요청되고 표시되는 방식은 개인적인 휴대용 스마트폰 또는 태블릿 경험과는 다를 것입니다. 음성 명령이 콘텐츠 및 제어를 요청하는 주요 모드이므로, 빠르고 정확한 결과를 얻기 위해서는 간소화된 검색 및 제어 애플리케이션이 필요합니다. 더 나아가, 터치 상호 작용의 필요성을 최소화하면서 표시된 이미지를 간소화하는 동시에 멀리서 보기에 적합한 충분히 큰 이미지를 제공할 수 있어야 합니다.

이를 통해 소비자는 스마트 스피커와 상호 작용할 때 더 즐거운 경험을 할 수 있고 더 생생한 시각 콘텐츠를 얻을 수 있습니다.

이 추가 디스플레이 기능으로 스마트 스피커는 거실의 스마트 사운드바에 일부 기능을 양보하면서 거실 외의 영역에 집중할 수 있습니다. 스마트 스피커는 모든 표면에 큰 디스플레이를 생성하는 TI DLP® 기술을 사용하여 통합 LCD 화면부터 더 큰 초단초점 고해상도 프로젝터에 이르기까지 더 작은 개인용 디스플레이 기능을 제공할 수 있습니다. 주방이나 거실과 같이 사람들이 많이 다니는 영역 근처에 위치한 스마트 장치는 미적으로 보기 좋아야 하며 방해가 되지 않아야 합니다. 태블릿 크기 또는 더 큰 평면 디스플레이의 추가는 일반적으로 이러한 기준을 늘 충족하지는 않습니다. 프로젝션 디스플레이 기술은 최종 사용자가 스마트 스피커에 정보(날씨, 레시피, 교통 상황 등)를 물을 때 더 뛰어난 대화형 환경을 제공하고, 익명의 음성으로 얼굴을 부여합니다. 이 방식으로 가정에서 스마트 스피커의 역할과 중요성은 계속 변화하고 커져서 설계자가 새로운 트렌드를 시작하고 설계를 차별화하는 기회를 가져다 줍니다.

자세한 정보

- [TI의 스마트 스피커용 솔루션 및 디자인 리소스](#)를 만나 보십시오.

알림: 텍사스 인스트루먼트 및 이 문서에 기술된 자회사의 제품 및 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매된다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문하면 된다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않는다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보의 출판물은 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않는다.

플랫폼 바, PurePath, LaunchPad 및 CapTivate는 텍사스 인스트루먼트의 상표이며 DLP는 텍사스 인스트루먼트의 등록 상표입니다. 모든 다른 상표는 각 소유주의 재산이다.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale (www.ti.com/legal/termsofsale.html) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated