

고효율 저전력 변환 IC 제품으로 웨어러블 설계 간소화 및 성능 향상



이제 더 이상 웨어러블 기기가 ‘제임스 본드 007’이나 ‘마이너리티 리포트’, ‘딕 트레이시’와 같은 첨단 공상 과학 영화에서만 보던 것이나 상상 속에서만 그리던 것이 아니게 됐다. 웨어러블 기기가 점점 자리를 잡고 있다. 초기에 웨어러블은 걷거나 달릴 때 걸음 수를 세기 위한 만보기 같이 단순한 형태였다. 하지만 이후로 급속도로 진화하고 지능화하고 있다. 기능성에 더해서 매력적인 디자인에도 역점을 둬으로써 소비자들의 구매 욕구를 높일 수 있게 됐다.

글 | 스티브 노스(Steve Knoth) 시니어 제품 마케팅 엔지니어, 파워 제품, 리니어 테크놀로지

스마트 의복에서 구글 글래스, 첨단 피트니스 액티비티 트랙커, 가상 현실(VR) 기어, 나이트 비전 장비, 그리고 헤드업 이미징 디스플레이까지, 웨어러블 디바이스가 메인스트림 컨슈머, 군용, 산업용 시장의 한 부분으로 자리 잡고 있다. ‘웨어러블(wearable)’이란 사용자가 꽤 긴 시간 동안 착용할 수 있으며 제품을 착용함으로써 사용자의 경험을 향상시킬 수 있는 제품이라고 정의할 수 있다. ‘스마트(smart)’ 웨어러블이란 여기에 커넥티비티와 자체적인 데이터 프로세싱 기능을 더한 것이다.

웨어러블은 다시 5개 애플리케이션 부문으로 구분할 수 있다. 피트니스/건강(액티비티 모니터링, 피트니스 밴드, 풋팟), 의료용(심박 모니터링), 인포테인먼트(스마트 글래스/고글, 스마트 워치, 이미징 디바이스), 군용(나이트 비전 장비, 헤드업 디스플레이, 엑소스켈레톤, 스마트 의복), 산업용(신체 착용 단말기)이다(출처: IHS Electronics and Media, 2013).

이들 각 부문마다 시장을 움직이는 동력이 다르다. 군용 부문에서는 상황에 대한 인지, 지도/경로, 전투 효율, 인명 구조를 향상시키는 것을 중요하게 요구한다. 산업용에서는 생산 라인 효율과 추적 능력을 향상시키는 것을 요구한다. 인포테인먼트는 갈수록 폭발적으로 성장하는 게임 시장을 지원하기 위해서 첨단 이미징 및 가상 현실을 요구하며 또한 IoT(사물 인터넷)를 구축할 수 있도록 스마트폰에 무선으로 더 많은 수의 장치를 연결할 수 있기를 원한다. 끝으로 건강 및 의료용 부문에서는 기대 수명을 늘리고 갈수록 높아지는 의료 및 보험 비용을 절감하며, 건강하게 살 수 있는 기간을 늘리고, 병원에 머무는 시간을 줄일 수 있기를 원한다.

의료용 분야의 생체 통계

생체 통계는 인체의 기본적 기능을 측정해서 생체 지표를 얻는 것이다. 이러한 지표들로는 체온, 맥박수/심박수, 호흡

수, 혈압 등을 포함한다. 이러한 지표들이 중요한 것은 이러한 지표들이 부정적으로 변하면 건강이 나빠졌다는 것을 의미하기 때문이다. 병원이나 의원 같은 의료 시설에서는 이러한 생체 지표들을 측정하기 위한 고가의 장비를 잘 구비하고 있다. 하지만 꼭 의료 기관이 아니더라도 이러한 생체 지표를 효율적이고 경제적으로 측정할 수 있다면 삶의 질을 훨씬 더 향상시킬 수 있지 않겠는가?

예를 들어 집이나 직장에서 실시간으로 곧바로 라이프스타일이나 행동을 수정할 수 있으므로 건강을 증진하고 더 나아가서는 생명을 연장하거나 생명을 구할 수도 있을 것이다. 기기 가격이 낮아지고 첨단 센서 기술을 사용할 수 있게 됨으로써 의료용 및 건강용 스마트 웨어러블 기기가 빠르게 늘어나고 있다. 이러한 기기는 인체에 착용할 수 있는 단순한 ‘단일 생체 지표’ 기기에서부터 센서가 가득 달린 정교한 전신 엑소스켈레톤에 이르기까지 다양한 형태를 포함한다. 그러므로 설계 관점에서 이러한 다양한 형태의 웨어러블

기기로 기능을 파티셔닝하고 효율적으로 구동한다는 것이 결코 쉽지 않은 작업이다. 그러면 이 점을 더 잘 이해하기 위해서 스마트 웨어러블 기기가 어떻게 이루어졌는지 살펴보자.

스마트 웨어러블의 기본 아키텍처

통상적인 스마트 웨어러블 기기는 어떻게 이뤄졌는가? 스마트 웨어러블 기기는 소형화된 임베디드 시스템이라 할 수 있다. 어떤 구성요소들로 이뤄졌느냐는 어떤 기기나에 따라서 달라질 것이다. 하지만 대체적으로 말해서 스마트 웨어러블의 기본적인 아키텍처는 다음과 같이 이루어졌다고 할 수 있다.

- 마이크로프로세서나 마이크로컨트롤러나 또는 유사한 IC
- 특정한 형태의 MEMS 센서
- 소형 기계식 액추에이터
- GPS IC
- 데이터를 수집/처리 및 동기화하기 위한 블루투스/셀룰러/와이파이 커넥티비티
- 이미징 장치, LED
- 컴퓨팅 자원
- 재충전가능 또는 일차전지(재충전 불가능) 배터리 또는 배터리 팩
- 지원 장치

웨어러블 기기의 주요한 설계 목표는 폼팩터를 소형화하고 무게를 낮춰 착용성/편의성을 높이고 에너지 소모를 극히 낮게 해서 배터리 사용 시간/수명을 연장하는 것이다. 하지만 최소한의 전류 소모만으로 이러한 기기를 효율적이고도 정확하게 구동한다는 것이 그렇게 간단

하지만은 않다. 스마트 웨어러블을 구동할 때는 다음과 같은 문제들을 해결해야 한다.

- 1) 배터리 사용 기기에서는 배터리 사용 시간을 늘리기 위해서 전원 관리 IC의 전류 소모가 낮아야 한다. 그러므로 마이크로전력 또는 나노전력 변환 IC가 필요하다.
- 2) MEMS 센서는 조용한 전원 소스로부터 공급되는 전력을 필요로 한다. 액추에이터 역시도 이러한 전원 소스를 사용하는 것이 유리하다. 이러한 레일에는 LDO 또는 저-리플 스위칭 레귤레이터를 사용하는 것이 적합하다. 출력 잡음이 낮기 때문이다.
- 3) 블루투스/Rf/와이파이/셀룰러 커넥티비티 시스템 레일 역시도 낮은 잡음을 필요로 한다. LDO 레귤레이터 또는 출력 전류가 높을 수 있다는 점에서 LDO 포스트 레귤레이트 스위칭 레귤레이터나 저-리플 스위칭 레귤레이터를 사용하는 것이 적합하다.
- 4) 프로세서 성능(웨어러블의 ‘두뇌’)이다. ARM Cortex MCU, DSP, GPS 칩, FPGA 등은 넓은 전류 범위로 다양한 저전압 레일을 필요로 한다. 이들 레일에는 LDO나 스위칭 레귤레이터를 사용할 수 있다.
- 5) 모든 웨어러블 기기가 재충전가능 배터리를 사용하는 것이 아니고 어떤 기기는 일차전지(재충전 불가능)를 사용할 수 있으므로 전지를 교체하기까지 사용 시간을 길게 해야 한다. 또한 배터리 사용 시간을 예측할

수 있는 조치가 필요하다.

- 6) 크기가 콤팩트하고 무게가 가벼우면 사용자가 웨어러블 기기를 좀 더 편리하게 착용할 수 있다. 콤팩트한 패키지로 된 IC를 사용하면 솔루션 풋프린트를 소형화할 수 있으므로 웨어러블 기기의 폼팩터를 소형화하고 무게를 줄이는 데 일조할 수 있다.

정지 전류가 극히 낮은 IC 솔루션

그렇다면 웨어러블 애플리케이션의 요구를 충족하고 위에서 언급한 문제들을 해결하는 IC 솔루션이 되려면 다음과 같은 특성을 갖춰야 할 것이다.

- 동작 모드와 셋다운 모드 둘 다에서 극히 낮은 정지 전류
- 다양한 전원 소스를 수용할 수 있도록 넓은 입력 전압 범위로 동작
- 전원 시스템 레일을 효율적으로 구동(일부 레일은 5V 이상의 높은 전압일 수 있음)
- IC 정지 전류에 심대하게 영향을 미치지 않으면서 쿨롱 카운팅을 정확하게 할 수 있어야 한다. 그래야 배터리 사용 시간을 연장할 수 있다.
- 소형이고, 무게가 가볍고, 두께가 얇은 솔루션 풋프린트
- 열 성능과 공간 효율을 향상시키는 첨단 패키징

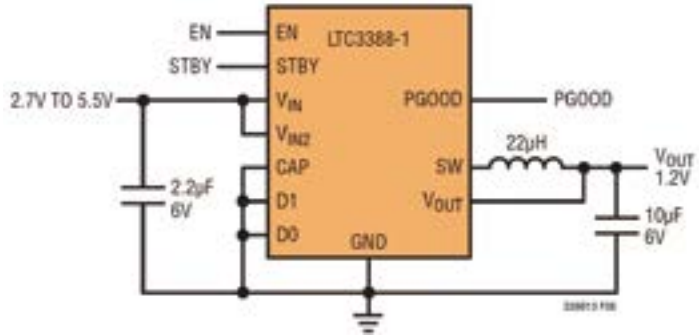
리니어 테크놀로지(Linear Technology)가 최근에 출시한 제품들 중 초저 IQ LTC3388/-x 벅 레귤레이터, 나노전력 LTC3331 에너지 하베스팅 레귤레이터, 쿨롱 카운터를 통합한 LTC3335 벅-부스트 컨버터가 바로 이러한 요구를 충족하는 제품들이다.

LTC3388은 초저 정지 전류 동기 벅 컨버터로서, 2.7V~20V 입력 전원에서 최대 50 mA의 연속 출력 전류를 공급할 수 있다. 또한 LTC3388은 무부하 동작 전류가 720 nA에 불과하므로, 'keep-alive' 전원이나 웨어러블 같이 배터리로 동작하고 정지 전력이 낮아야 하는 애플리케이션에 사용하기에 적합하다.

또한 히스터리시스 동기 정류는 넓은 부하 전류 범위에 걸쳐서 효율을 극대화한다. 15 μ A~50 mA 범위의 부하에서 90% 이상의 효율을 달성하며 레귤레이션을 유지하면서 720 nA의 무부하 정지 전류만을 필요로 하므로 배터리 수명을 연장한다. 또한 3 mm×3 mm DFN 패키지(또는 MSOP-10)이고 5개 외부 부품만을 필요로 하므로 다양한 저전력 애플리케이션에서 극히 간소화되고 컴팩트한 솔루션 풋프린트를 달성할 수 있다. <그림 1>은 LTC3388을 사용한 애플리케이션 예를 보여준다.

나노전력 정지 전류 IC

LTC3335는 정밀 쿨롱 카운터를 통합한 나노전력 고효율 동기 벅-부스트 컨버터로서, 최대 50 mA의 연속 출력 전류를 공급할 수 있다. 680 nA의 정지 전류만을 필요로 하고 피크 입력 전류를 5 mA부터 250 mA까지로 프로그램 할 수 있는 이 디바이스는 웨어러블과 IoT를 비롯한 다양한 저전력 배터리 애플리케이션에 사용하기에 적합하다. 1.8V~5.5V 입력 범위로 동작하고 1.8V부터 5V까지 8가지 출력을 선택할 수 있으므로 출력보다 높거나, 낮거나, 같은



[그림 1] LTC3388-1을 사용한 간단한 저전압 애플리케이션의 예

입력 전압을 사용해 레귤레이트 된 출력을 제공할 수 있다. 또한 이 디바이스는 정밀($\pm 5\%$ 배터리 방전 측정 정확도) 쿨롱 카운터를 통합함으로써 배터리 방전 곡선이 극히 평탄한 장기적 수명의 재충전 불가능 배터리 사용 애플리케이션에서 누적 배터리 방전량을 정확하게 모니터링할 수 있다.

적합한 애플리케이션으로는 무선 센서, 원격 모니터링, 리니어 테크놀로지의 Dust Networks® SmartMesh® 시스템을 들 수 있다. 또한 LTC3335는 내부에 4개의 저 RDS(on) MOSFET을 통합함으로써 최대 90%에 이르는 효율을 달성할 수 있다. 그 밖의 특징으로는 방전 경고 임계값 프로그램 가능, 쿨롱 카운터를 액세스하고 디바이스 프로그래밍에 사용하기 위한 I2C 인터페이스, Power Good 출력, 5 mA부터 250 mA까지 8가지 피크 입력 전류를 선택할 수 있으므로 다양한 배터리 타입 및 크기를 수용할 수 있다는 점을 들 수 있다. LTC3335는 -40°C ~ $+125^{\circ}\text{C}$ 의 접합부 온도 범위로 동작하며, 열 항상 20리드 3 mm×4 mm QFN 패키지로 제공된다. <그림 2>는 LTC3335를 사용한 애플리케이션 예를 보여준다.

LTC3331은 포괄적인 에너지 하베스팅 솔루션으로서 최대 50 mA의 연속 출력 전류를 공급할 수 있다. 그러므로 에너지 하베스팅 가능한 곳에 이 디바이스를 사용함으로써 배터리 수명을 연장할 수 있다. 또한 간단한 10 mA 셉트를 사용해서 하베스팅 에너지를 사용해서 재충전가능 배터리를 충전할 수 있으며, 배터리 부족 차단 기능은 배터리가 극심하게 방전되는 것을 방지한다. 또한 이 디바이스는 하베스팅 에너지를 사용해서 부하로 레귤레이트 전력을 공급할 때는 배터리로부터 200 nA의 전원 전류만을 필요로 하고 무부하 상태에서 배터리로 동작할 때는 950 nA만을 필요로 한다.

또한 LTC3331은 고전압 에너지 하베스팅 전원장치, 배터리 차저, 동기 벅-부스트 DC/DC 컨버터를 통합함으로써, 무선 센서 네트워크에 사용되는 것과 같은 에너지 하베스팅 애플리케이션에 단일의 연속적 레귤레이트 출력을 제공할 수 있다. 에너지 하베스팅 전원장치는 AC 또는 DC 입력을 수용할 수 있는 전파(full-wave) 브리지 정류기와 고효율 벅 컨버터로 이루어진 것으로서, 압전(AC), 태양광(DC), 자기(AC) 소스로부터 에너지를 하베스팅 할 수 있다.

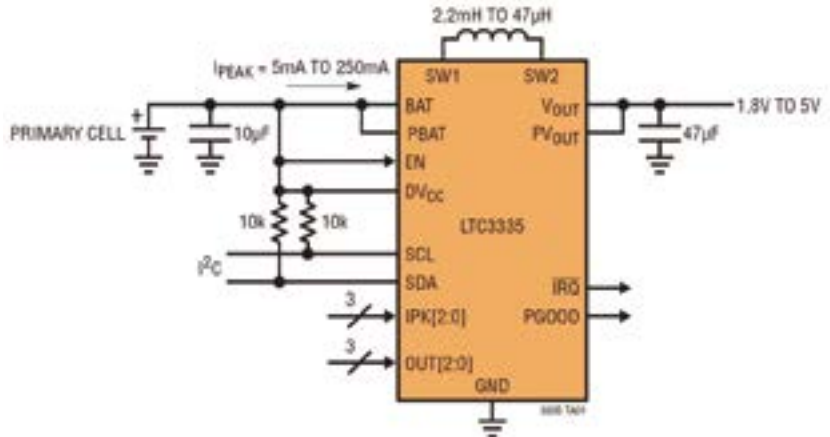
하베스트 에너지를 사용할 수 없을 때는 재충전가능 배터리 입력을 사용해서 벅-부스트 컨버터를 구동한다. 이 컨버터는 최대 4.2V에 이르는 전체 배터리 전압 범위로 동작하며 입력이 출력보다 높거나, 낮거나, 같거나 상관없이 레귤레이트 된 출력을 제공할 수 있다. 또한 LTC3331은 하베스팅 소스를 사용할 수 없게 됐을 때는 자동으로 배터리로 전환한다. LTC3331의 에너지 하베스팅 입력력은 3V~19V AC 또는 DC로 동작하므로 다양한 유형의 압전, 태양광, 자기 에너지 소스에 사용하기에 적합하다. 또한 입력 저전압 록아웃 임계값 설정을 3V부터 18V까지로 프로그램 할 수 있으므로 에너지 하베스팅 소스를 피크 전력 전달 지점으로 동작하게 할 수 있다. 그 밖의 특징으로는 핀 프로그램가능 출력 전압 및 벅-부스트 피크 전류 한계, 슈퍼커패시터 밸런서, 입력 보호 선트를 들 수 있다. LTC3331은 열 항상 5 mm×5 mm QFN 패키지로 제공된다. <그림 3>은 LTC3331을 사용한 애플리케이션 예를 보여준다.

맺음말

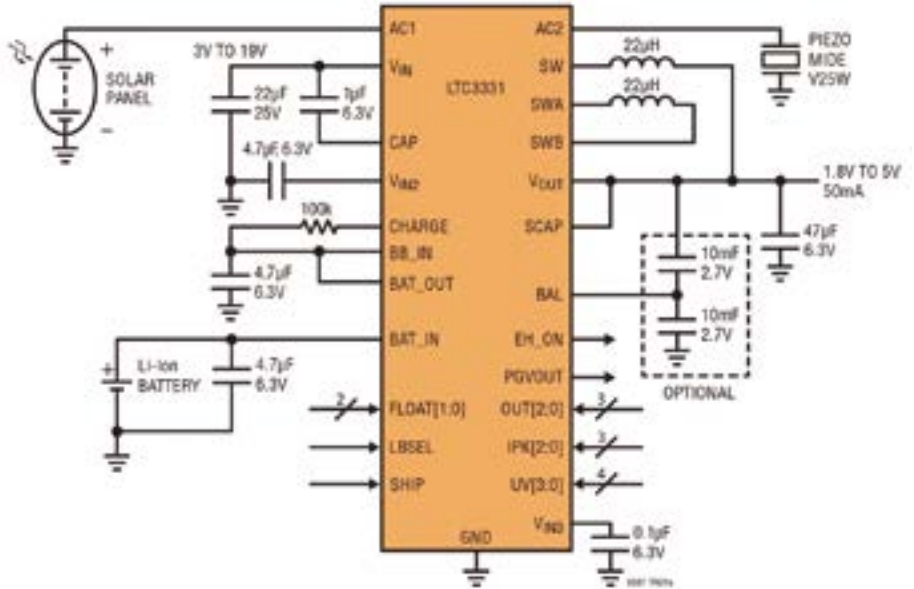
이제 더 이상 공상 과학 영화에서만 보던 것이 아니다. 스마트 웨어러블 시장이 계속해서 빠르게 성장하면서 건강 및 피트니스, 의료용, 인포테인먼트, 군용, 산업용으로 기능성뿐만 아니라 매력적인 디자인까지 갖춘 다양한 형태의 제품들이 등장하고 있다. 예를 들어서 의료용 웨어러블은 의료 시설 밖에서 심박수나 혈압 같은 주요 생체 지표를 모니터링할 수 있으므로 좀 더 예방적이면서도 건강

한 라이프스타일을 가능하게 한다. 스마트 웨어러블 기기는 다양한 형태일 수 있으나 핵심적 아키텍처는 기본적으로 마이크로컨트롤러, MEMS 센서, 무선 커넥티비티, 배터리, 지원 장치로 이뤄졌다. 저전력 웨어러블 기기를 효율적으로 구동한다는 것이 말처럼 쉽지만은 않다. 리니어 테크놀로지는 바로 이와 같은 웨어러블 시장의 요구를 충족하

도록 저전력으로 뛰어난 성능을 달성하는 최신 제품들을 내놓고 있다. 초저 IQ LTC3388 에너지 하베스팅 벅 레귤레이터, 나노전력 LTC3331 에너지 하베스팅 벅 레귤레이터, 쿨롱 카운터를 통합한 LTC3335 벅-부스트 레귤레이터 같은 제품을 사용함으로써 스마트 웨어러블 기기의 설계를 간소화하고 성능을 향상시킬 수 있다. ES



[그림 2] LTC3335를 사용한 애플리케이션 예



[그림 3] LTC3331을 사용한 애플리케이션 예