점차 자리잡고 있는 에너지 하베스팅

Energy Harvesting Continues to Gain Momentum

다양한 유형의 새로운 또는 기존의 일차전지 사용 애플리케이션으로 주변 에너지 하베스팅을 손쉽게 도입할 수 있도록 Linear Technology는 다양한 배터리 전압을 지원하는 에너지 하베스팅 IC 제품들을 제공하고 있다.

글/Tony Armstrong, Director of Product Marketing Power Products, LTC

머리말

전통적으로는 다양한 유형의 센서들을 선을 이용해서 연결했다. 그런데 오늘날 들어서는 건물이나 산업용 설비 구석구석으로 케이블을 깔기 위해서 수고스러우면서도 많은 비용을 들일 필요 없이 신뢰할 수 있는 산업용급 무선 센서들을 설치할 수 있게 되었으며 소형 배터리를 사용하거나 빛, 진동, 온도 차이 같은 하베스트 에너지를 사용해서 다년간 작동할 수 있게 되었다. 또한 더 나아가서 재충전가능 배터리와 다중의 주변 에너지 소스를 결합적으로 사용하는 것도 가능하게 되었다. 또한 어떤 재충전가능 배터리들은 고유의 안전성 문제 때문에 유선으로는 충전을 할 수 없고 무선 전력 전송 기법으로 충전해야 하기도 한다.

압전 트랜스듀서나 실내 광전지 셀 같은 첨단의 규격화된 에너지 하베스팅 기술을 사용함으로써 통상적인 동작 조건으로 수 밀리와트 대의 전력을 발생시킬 수 있게 되었다. 이러한 전력 수준이라고 하면 언뜻 보기에는 적은 것 같아도 이러한 하베스팅 장치를 수년 간 작동했을 때는 에너지 공급량에 있어서나 에너지 단위당 비용 면에서나 장기적 수명의 일차전지와 맞먹을 수 있다. 더욱이 에너지 하베스팅을 사용한 시스템은 배터리가 고갈된 후에 재충전이 가능한데, 이것은 일차전지를 사용하는

Background

Looking from a historical perspective, various types of sensors were routinely connected by wires to their power sources. Today; however, rather than the challenge and expense of running cables all around a building or an industrial facility, it is now possible to install reliable, industrial-strength wireless sensors that can operate for years on a small battery, or even harvest energy from sources such as light, vibration or temperature gradients. Furthermore, it is also possible to use a combination of a rechargeable battery and multiple ambient energy sources too. Moreover, due to intrinsic safety concerns, some rechargeable batteries cannot be charged by wires but require being charged via wireless power transfer techniques.

State-of-the-art and off-the-shelf energy harvesting technologies, for example in vibration energy harvesting from piezo transducers and indoor photovoltaic cells, can yield power levels in the order of milliwatts under typical operating conditions. While such power levels might initially appear restrictive, the operation of harvesting elements over a number of years can mean that the

시스템에서는 할 수 없는 것이다. 그러므로 일차전지를 매 7년이나 혹은 10년마다 교체해야 함에 따른 유지보수 비용을 절감할 수 있으므로 센서를 구동하기 위해서 에너지 하베스팅을 추가함으로 인한 추가적인 비용을 상쇄할 수 있다.

넘어야 할 과제

무선 및 유선 센서 시스템은 흔히 주변 에너지가 풍부한 환경에 설치되므로 이러한 주변 에너지를 센서에 구동하기 적합하다. 오늘날에는 에너지 하베스팅을 사용함으로써 배터리 수명을 크게 연장할 수 있다는 것에 대해서 많은 이들에게 널리 인식되어 있다. 특히나 전력 요구 수준이 낮을 때는 더더욱 배터리 수명을 연장할 수 있으며, 그럼으로써 시스템 중단 시간을 단축하고 장기적으로 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 그런데 이러한 이점에도 불구하고 아직 넘어야 할 과제들이 여전히 존재한다. 이 중에서도 가장 중요한 문제는 주변 에너지 소스는 단속적이거나 충분하지가 않아서 센서 시스템을 연속적으로 구동하지 못할 수 있다는 점이다. 이에 반해서 일차전지 전원은 정격 수명 동안까지는 지극히 신뢰할 수 있게 동작한다. 이 점 때문에 일부 시스템 디자이너들은 자신의 시스템을 주변 에너지를 하베스트 하기 위해 업그레이드하는 것을 달가워하지 않는다. 특히나 매끄럽게 통합할 수 있느냐가 중요한 문제일 때는 더더욱 그럴 수 있다.

그럼에도 불구하고 대다수의 시스템은 주변 에너지 소스를 일차적인 전원으로 사용하면서 보완적으로 배터리를 사용할 수 있게 구현할 것이다. 그럼으로써 주변 에너지 소스를 사용할 수 없게 되었을 때 배터리로 전환할 수 있다. 이 배터리는 재충전 가능한 것이거나 가능하지 않은 것일 수 있는데, 이 선택은 최종 애플리케이션에 따라서 할 수 있다. 그러므로 최종적인 애플리케이션이 재충전 불가능 배터리를 손쉽게 접근할 수 있고 유지보수 직원이 적은 비용으로 신속하게 교체할 수 있는 경우라면 재충전 불가능 배터리를 사용하는 것이 경제성 면에서 타당할 것이다. 하지만 배터리를 교체하기가 까다롭고 높은 비용이 들어갈 때는 재충전 가능 배터리를 사용

technologies are broadly comparable to long-life primary batteries, both in terms of energy provision and the cost per energy unit provided. Furthermore, systems incorporating energy harvesting will typically be capable of recharging after depletion, something that systems powered by primary batteries cannot do. Thus, the additional cost of adding energy harvesting to power a sensor can be offset by the maintenance cost of having to change primary batteries every 7 to 10 years, or so.

Overcoming Barriers

Wireless and wired sensor systems are often found in environments rife with ambient energy, ideal for powering the sensors themselves. Today it is generally accepted that energy harvesting can significantly extend the lifetime of installed batteries, especially when power requirements are low, reducing down time in addition to long-term maintenance costs. In spite of these benefits, a number of adoption roadblocks still persist. The most significant is that ambient energy sources are often intermittent, or insufficient to power the sensor system continuously, where primary battery power sources are extremely reliable over the course of their rated life. As a consequence, some system designers may be reluctant to upgrade their systems to harvest ambient energy, especially when seamless integration is paramount.

Nevertheless, most implementations will use an ambient energy source as the primary power source, but will supplement it with a battery that can be switched in if the ambient energy source goes away or is disrupted. This battery can either be rechargeable or not and this choice is usually driven by the end application itself. So it follows that if the end deployment allows for easy access to change a non-rechargeable battery, where maintenance personnel can readily swap it out in a cost effective manner, then this makes economic sense. However, if changing the battery is cumbersome and expensive, then the utilization of a

하는 것이 더 타당할 수 있다.

재충전 가능 배터리를 사용하기로 선택했다면 그 다음으로는 이를 충전하기 위한 가장 적합한 방법이 무엇이냐를 결정해야 한다. 이 결정을 위해서 고려해야 할 요인들로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다:

1) 배터리를 충전하기 위해서 유선 전원을 사용할 수 있는가?
2) 주변 에너지 소스로부터 무선 센서 네트워크(WSN)를 구동하고 또한 배터리를 충전할 수 있을 만큼 충분한 전력을 사용할 수 있는가?
3) 위험성을 내포하는 고유의 안전성 문제 때문에 배터리를 충전하기 위해서 무선 전력 전송을 필요로 하는가?

특정한 에너지 하베스팅 구현에 따라서 다양한 솔루션들이 필요하겠으나, 시스템 디자이너들이 필요한 성능 특성을 달성하고 자신의 시스템 요구를 쉽고 간편하게 달성할 수 있도록 다양한 IC 솔루션들이 등장하고 있다.

간편하면서 효과적인 솔루션

Linear Technology의 LTC3107은 고도로 통합적인 DC/DC 컨버터 제품으로서, TEG(thermoelectric generator)나 서모파일(thermopile) 같은 지극히 입력 전압이 낮은 소스로부터 에너지를 하베스팅 하고 여분의 에너지를 관리함으로써 저전력 무선 시스템에서 일차전지의 수명을 연장하는 데 사용할 수 있도록 설계되었다.

LTC3107을 사용하면 POL(point-of-load) 에너지 하베스터를 구현하기 위해서 LTC3107의 3mm x 3mm DFN 패키지와 소수의 외부 소자만 들어가면 되는 적은 공간을 필요로 한다. 기존 일차전지에 맞추어 출력 전압을 발생시킬 수 있으므로 LTC3107은 새로운 또는 기존의 배터리 구동 디자인으로 매끄럽게 통합하고 공짜 열 에너지 하베스팅의 비용 절감 이점을 달성할 수 있다. 뿐만 아니라 LTC3107은 소형의 열 에너지 소스를 사용해서 경우에 따라서는 배터리의 보존 한계 수명으로까지 배터리 수명을 연장할 수 있으므로 배터리 교체에 따른

rechargeable battery makes more economic sense.

Even if a rechargeable battery is selected, the question of the optimum method to charge it remains open. Some of the factors that will affect this decision are:

1) Is there a wired power source to charge the battery
2) Is there sufficient power available from the ambient energy sources to have sufficient power available to power the wireless sensor network (WSN), and also charge the battery
3) Is wireless power transfer required to charge the battery due to intrinsic safety requirements due to the hazardous nature of its deployment

Regardless of the solution required by the specific energy harvesting implementation, there are many IC solutions which can provide the system designer the necessary performance characteristics to simply and easily resolve his system' s needs.

Simple and Effective Solutions

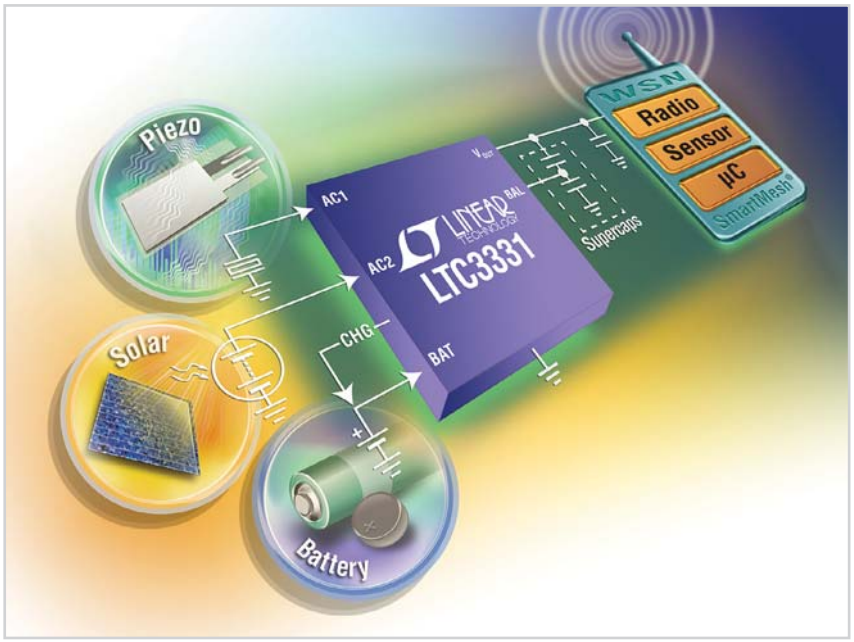
The LTC3107, from Linear Technology is a highly integrated DC/DC converter designed to extend the life of a primary battery in low power wireless systems by harvesting and managing surplus energy from extremely low input voltage sources such as TEGs (Thermoelectric Generators) and thermopiles.

With the LTC3107, a point-of-load energy harvester requires little space, just enough room for the LTC3107' s 3mm × 3mm DFN package and a few external components. By generating an output voltage that tracks that of the existing primary battery, the LTC3107 can be seamlessly adopted to bring the cost-savings of free thermal energy harvesting to new and existing battery-powered designs. Furthermore, the LTC3107, along with a small source of thermal energy, can extend battery life, in some cases up to the shelf life of the battery, thereby reducing

반복적인 유지보수 비용을 절감할 수 있다. LTC3107은 부하 조건과 사용할 수 있는 하베스트 에너지 양에 따라서 배터리를 보완하거나 또는 부하 전부를 공급할 수 있도록 설계되었다.

또 다른 이러한 제품으로서 LTC3331은 최대 50mA의 연속적인 출력 전류를 공급할 수 있는 포괄적인 레귤레이트 에너지 하베스팅 솔루션으로서 하베스트 가능한 에너지를 사용해서 배터리 수명을 연장하는 데 사용할 수 있다. 하베스트 에너지를 사용해서 부하로 레귤레이트 전력을 공급할 때는 배터리로부터 전원 전류를 소모하지 않으며, 무부하 조건으로 배터리로부터 동작할 때는 950nA만을 소모한다. LTC3331은 고전압 에너지 하베스팅 전원장치와 재충전가능 일차전지로 구동되는 동기 벅-부스트 DC/DC 컨버터를 통합하고 있다. 그럼으로써 무선 센서 노드(WSN)나 IoT 같은 에너지 하베스팅 애플리케이션으로 단일의 비중단 출력을 제공할 수 있다.

Figure 1. The LTC3331 converts multiple energy sources and can use a primary rechargeable battery



LTC3331의 에너지 하베스팅 전원장치는 AC 또는 DC 입력을 수용할 수 있는 전파(full-wave) 브리지 정류기와 고효율 동기 벅 컨버터로 이루어졌으며, 압전(AC), 태양광(DC), 자기(AC) 소스로부터 에너지를 하베

the recurring maintenance costs associated with battery replacement. The LTC3107 was designed to augment the battery or even supply the load entirely, depending on the load conditions and harvested energy available.

Another example is the LTC3331, a complete regulating energy harvesting solution that delivers up to 50mA of continuous output current to extend battery life when harvestable energy is available. It requires no supply current from the battery when providing regulated power to the load from harvested energy and only 950nA operating when powered from the battery under no-load conditions. The LTC3331 integrates a high voltage energy harvesting power supply, plus a synchronous buck-boost DC/DC converter powered from a rechargeable primary cell battery to create a single non-interruptible output for energy harvesting applications such as wireless sensor nodes (WSNs) and IoT devices.

The LTC3331's energy harvesting power supply, consisting of a full-wave bridge rectifier accommodating AC or DC inputs and a high efficiency synchronous buck converter, harvests energy from piezoelectric (AC), solar (DC) or magnetic (AC) sources. A 10mA shunt enables simple charging of the battery with harvested energy while a low battery disconnect function protects the battery from deep discharge. The rechargeable battery powers a synchronous buck-boost converter that operates from 1.8V to 5.5V at its input and is used when harvested energy is not available to regulate the output whether the input is above, below or equal to the output.

스트 할 수 있다. 10mA 션트를 포함함으로써 하베스트 에너지를 사용해서 배터리를 간편하게 충전할 수 있으며, 배터리 부족 차단 기능은 배터리가 극심하게 방전되지 않도록 한다. 재충전가능 배터리는 동기 벅-부스트 컨버터를 구동하고 입력 상에서 1.8V~5.5V로 동작하며 하베스트 에너지를 사용할 수 없을 때 배터리를 사용해서 입력이 출력보다 높든, 낮든, 같은 수준이든 상관 없이 레귤레이트 된 출력을 제공할 수 있다. 또한 LTC3331 배터리 차저 IC는 마이크로전력 소스와 관련해서 놓쳐서는 안 될 매우 중요한 전력 관리 기능을 제공한다. LTC3331은 배터리 차저에 대한 논리 제어 기능을 포함함으로써 에너지 하베스트의 여분 에너지가 남을 때만 배터리를 충전하는 데 쓰이도록 할 수 있다. 이러한 논리 기능이 없으면 에너지 하베스트 소스가 스타트업 시에 최적의 동작 수준을 맞추지 못하게 되고 스타트업이 안 되어서 의도하는 애플리케이션을 구동하지 못할 수 있다. LTC3331은 하베스팅 소스를 이용할 수 없게 되면 자동으로 배터리로 전환한다. 그럼으로써 배터리로 작동하는 WSN의 경우에 작동 수명을, 적당한 전력 소스를 적어도 절반의 시간 동안 사용할 수 있는 경우에는 10년에서 20년으로, 그보다 더 많은 시간 동안 이용할 수 있는 경우에는 그 이상으로까지 연장할 수 있다. 또한 LTC3331은 수퍼커패시터 밸런서를 통합함으로써 출력 저장 용량을 높일 수 있다.

맺음말

다양한 유형의 새로운 또는 기존의 일차전지 사용 애플리케이션으로 주변 에너지 하베스팅을 손쉽게 도입할 수 있도록 Linear Technology는 다양한 배터리 전압을 지원하는 에너지 하베스팅 IC 제품들을 제공하고 있다. 이러한 배터리들로는 3V 리튬 코인 셀 전지에서부터 3.6V 리튬 염화 티오닐 배터리를 비롯해서 저전력 애플리케이션에 널리 사용되는 대다수 장기적 수명의 일차전지들을 포함한다. 이들 제품은 최소한의 설계 작업만으로 간편하게 배터리의 신뢰성과 에너지 하베스팅의 유지보수 비용 절감이라는 양쪽 세계의 장점을 모두 다 활용할 수 있게 한다. SN

The LTC3331 battery charger has a very important power management feature that cannot be overlooked when dealing with micropower sources. The LTC3331 incorporates logical control of the battery charger such that it will only charge the battery when the energy harvested supply has excess energy. Without this logical function the energy harvested source would get stuck at startup at some non-optimal operating point and not be able to power the intended application through its startup. The LTC3331 automatically transitions to the battery when the harvesting source is no longer available. This has the added benefit of allowing the battery operated WSN to extend its operating life from 10 years to over 20 years if a suitable EH power source is available at least half of the time, and even longer if the EH source is more prevalent. A supercapacitor balancer is also integrated allowing for increased output storage.

Conclusion

To facilitate the adoption of ambient energy harvesting into a wide range of new and existing primary battery-powered applications, Linear Technology has introduce energy harvesting ICs designed to work with different battery voltages. This includes most of the popular long-life primary batteries used in lower power applications, such as 3V lithium coin cell batteries and 3.6V lithium-thionyl chloride batteries. These products easily offer the best of both worlds - the reliability of battery power and the maintenance cost savings of energy harvesting with minimal design effort. SN

*** 다양한 온라인 강좌를 보실 수 있습니다 ***
웹캐스트링크
www.webcastlink.com