

Que penser vraiment de tout ce qui se dit sur la collecte d'énergie ?

Tony Armstrong
Directeur du marketing produit
Linear Technology Corporation

Introduction

L'espace des applications d'alimentation portable est large et diversifié. Les produits vont des capteurs sans fils (WSN) qui consomment en moyenne quelques microwatts, aux systèmes médicaux sur chariots et aux systèmes d'acquisition de données avec des batteries d'accumulateurs de plusieurs centaines de watts-heure. Toutefois, en dépit de cette variété, quelques tendances ont émergé : les concepteurs demandent toujours plus de puissance pour leurs produits pour toujours plus de fonctionnalités et ils veulent pouvoir charger la batterie à partir de n'importe quelle source disponible. La première tendance implique une augmentation de la capacité de la batterie. Malheureusement, les utilisateurs sont souvent impatients et cette capacité accrue doit être chargée en un temps raisonnable, ce qui tend à accroître le courant de charge. La seconde tendance exige une immense souplesse de la solution de charge de batterie parce qu'elle doit accepter une gamme étendue de sources et de puissances d'entrée.

Heureusement, au bas de cet éventail de puissances, il y a les besoins de conversion de très faible puissance des systèmes de collecte d'énergie comme ceux habituellement trouvés dans les WSN qui nécessitent l'utilisation de circuits intégrés de conversion qui conviennent à des niveaux très faibles de puissance et de courant. Ce peuvent être respectivement quelques dizaines de microwatts et de nanoampères.

Des technologies de collecte d'énergie de pointe et commerciales, par exemple dans la récupération de l'énergie des vibrations et les cellules photovoltaïques d'intérieur, obtiennent des puissances de l'ordre de quelques milliwatts dans les conditions habituelles de fonctionnement. Bien que de telles puissances puissent apparaître faibles, le fonctionnement des éléments de collecte pendant de nombreuses années peut indiquer que ces technologies sont comparables aux batteries primaires de longue durée, en termes d'énergie produite comme en coût par unité d'énergie fournie. De plus, les systèmes intégrant la collecte d'énergie peuvent habituellement se recharger une fois vides, ce que ne peuvent faire les systèmes primaires alimentés par batteries primaires. Cependant, la plupart des réalisations utiliseront une source d'énergie ambiante comme source d'énergie primaire, mais la compléteront avec une batterie primaire qui pourra être connectée si la source d'énergie ambiante disparaît ou est interrompue.

Un capteur sans fil à collecte d'énergie

Il y a énormément d'énergie ambiante disponible autour de nous et l'approche conventionnelle pour la collecte d'énergie passait par les panneaux solaires et les éoliennes. Toutefois, de nouveaux outils de collecte nous permettent de produire de l'énergie électrique à partir d'une grande variété de sources ambiantes. De plus, ce n'est pas le rendement de conversion du circuit qui est important, mais plutôt la quantité moyenne d'énergie collectée qui est disponible pour

l'alimenter. Par exemple, les générateurs thermoélectriques convertissent la chaleur (ou le froid) en électricité, les éléments piézoélectriques convertissent les vibrations mécaniques, les panneaux photovoltaïques convertissent la lumière du soleil (ou de n'importe quelle source de photons) et les générateurs galvaniques convertissent l'énergie de l'humidité. Ceci permet d'alimenter des capteurs isolés, ou de charger un composant de stockage comme un condensateur ou une batterie à couche mince, pour alimenter un microprocesseur ou un émetteur distant sans source d'alimentation locale.

D'une manière générale, les caractéristiques de performance du circuit intégré nécessaires pour son utilisation dans le marché de l'énergie alternative sont les suivantes :

- Faibles courants de veille ou de repos – de moins de 6 μA à moins de 450 nA
- Faibles tensions de démarrage – aussi basses que 20 mV
- Possibilité d'une haute tension d'entrée – jusqu'à 34 V en continu et 40 V en transitoires
- Possibilité d'accepter des entrées en courant alternatif
- Possibilité de sorties multiples et gestion autonome de l'alimentation du système
- Fonctionnement à polarité automatique
- Contrôle du point de puissance maximum (MPPC) pour les entrées solaires
- Possibilité de récupérer de l'énergie avec un delta de température aussi faible que 1 °C
- Dimensions compactes de la solution avec un minimum de composants externes

Les WSN sont à la base des systèmes complets comportant un transducteur pour convertir la source d'énergie ambiante en signal électrique, suivi habituellement par un convertisseur continu/continu et un gestionnaire d'alimentation pour fournir à l'électronique en aval la tension et le courant corrects. Cette électronique comporte généralement un microcontrôleur, un capteur et un émetteur récepteur.

Quand on essaie de réaliser un WSN, la bonne question à se poser est : de quelle puissance ai-je besoin pour le faire fonctionner ? Conceptuellement, ceci pourrait sembler assez simple, toutefois, en réalité, c'est un peu plus difficile en raison d'un certain nombre de facteurs. Par exemple, quelle est la fréquence des mesures à effectuer ? Ou, plus important, quelle sera la taille du paquet de données et à quelle distance devra-t-il être transmis ? Ceci parce que l'émetteur récepteur consomme environ 50 % de l'énergie utilisée par le système pour une seule mesure du capteur. Plusieurs facteurs affectent les caractéristiques de consommation du système de collecte d'énergie d'un WSN. Voir le tableau 1.

	Facteurs affectant la consommation
Alimentation (ou batterie)	Taux de décharge
	Taille de la batterie
	Tensions d'alimentation
	Matériau d'électrode utilisé
	Rendement de conversion continu/continu
Capteurs	Conversion du signal physique vers électrique
	Complexité des composants de support
	Echantillonnage du signal
	Conditionnement du signal
Convertisseur A/N	Fréquence d'échantillonnage
	Signaux indésirables
	Dither
Microprocesseur	Fréquences de fonctionnement du cœur
	Tensions de fonctionnement
	Puissance proportionnelle à la charge de traitement et de calcul
	Température ambiante
	Code de l'application
	Utilisation de périphériques
Radio	Schéma de modulation
	Débit des données
	Portée de la transmission
	Rapport cyclique

Tableau 1. Facteurs affectant la consommation d'un WSN

Naturellement, l'énergie fournie par les sources de collecte dépend de la durée pendant laquelle la source fonctionne. De ce fait, la principale mesure pour la comparaison de l'énergie récupérée est la densité de puissance, et non la densité d'énergie. La collecte d'énergie présente souvent des niveaux faibles, variables et imprévisibles de puissance disponible, aussi, on utilise souvent une structure hybride comme interface entre le collecteur d'énergie et le "réservoir" d'énergie secondaire. Le collecteur, en raison de son alimentation en énergie illimitée, et de l'absence d'alimentation, est la source d'énergie du système. Le réservoir d'énergie secondaire, une batterie ou un condensateur, fournit une puissance de sortie plus importante, mais stocke moins

d'énergie, fournissant une alimentation quand c'est nécessaire mais recevant une charge régulière du collecteur. Ainsi, quand il n'y a pas d'énergie ambiante à collecter, le réservoir d'énergie secondaire doit être utilisé pour alimenter le WSN. Naturellement, pour les concepteurs de systèmes, il s'agit d'une complication supplémentaire parce qu'ils doivent prendre en considération la quantité d'énergie devant être stockée dans le réservoir secondaire pour compenser l'absence de source d'énergie ambiante. La quantité qui sera nécessaire dépend de plusieurs facteurs qui comprennent :

- I. La durée pendant laquelle la source d'énergie ambiante est absente
- II. Le rapport cyclique du WSN (la fréquence à laquelle une lecture et une transmission de mesure doit être faite)
- III. La taille et le type du réservoir secondaire (condensateur, super condensateur ou batterie)
- IV. Y a-t-il suffisamment d'énergie ambiante pour être en même temps source d'énergie primaire et chargeur du réservoir secondaire quand elle n'est pas disponible pendant une durée spécifiée ?

Les sources d'énergie ambiante comprennent la lumière, les différentiels de température, les vibrations, les signaux RF émis, ou n'importe quelle autre source pouvant produire de l'électricité à l'aide d'un transducteur. Le tableau 2 ci-dessous estime la quantité d'énergie pouvant être produite à partir de différentes sources.

SOURCE D'ENERGIE	NIVEAU D'ENERGIE TYPIQUE PRODUIT	APPLICATION TYPIQUE
Petits panneaux solaires	Centaines de mW/cm^2 (soleil direct)	Appareils électroniques de poche
Petits panneaux solaires	Centaines de $\mu\text{W/cm}^2$ (soleil indirect)	Appareils électroniques de poche
Composants Seebeck (conversion de chaleur en énergie électrique)	Dizaines de $\mu\text{W/cm}^2$ (chaleur du corps)	Capteurs sans fil distants
Composants Seebeck (suite)	Dizaines de mW/cm^2 (gaz de sorties de cheminées)	Actionneurs sans fil distants
Composants piézoélectriques (énergie produite par pression ou détente du composant)	Centaines de $\mu\text{W/cm}^2$	Appareils électroniques de poche ou actionneurs sans fil distants
Energie RF captée par une antenne	Centaines de pW/cm^2	Capteurs sans fil distants

Tableau 2. Sources d'énergie et quantité d'énergie qu'elles peuvent produire

Il y a une pléthore d'applications où ces niveaux de puissance conviennent au déploiement d'un système. En voici quelques exemples :

- 1) Capteurs de corrosion d'avion
- 2) Fenêtres à obscurcissement automatique

- 3) Supervision de pont
- 4) Automatismes d'immeuble
- 5) Compteurs électriques
- 6) Capteurs de gaz
- 7) Superviseurs de santé
- 8) Contrôles de climatisation et de chauffage
- 9) Interrupteurs lumineux
- 10) Superviseurs de pipelines distants
- 11) Compteurs d'eau

Un excellent exemple des possibilités ouvertes aux énergies alternatives est le marché des appareils électroniques alimentés par cellules solaires. Il continue à progresser parce que les sociétés cherchent des moyens pour réduire la consommation d'énergie. Prenez les compteurs intelligents par exemple. Ils sont déployés sur le réseau électrique intelligent (smart grid) et il serait avantageux de les alimenter avec une source d'énergie ambiante pour réduire le coût de fonctionnement. Une source d'énergie viable et abondante est l'énergie solaire. Toutefois, parce que l'énergie solaire est variable et non fiable, presque tous les appareils à alimentation solaire comportent des batteries rechargeables. Un objectif essentiel est d'extraire autant d'énergie solaire que possible pour charger rapidement ces batteries et maintenir leur charge pour les utiliser comme source d'énergie quand l'énergie solaire n'est pas disponible.

Une solution de circuit intégré Nanopower

Il est clair que les WSN ont de très faibles niveaux d'énergie disponibles. Ce qui signifie que les composants utilisés dans le système doivent pouvoir fonctionner avec ces faibles niveaux. Bien que ce soit déjà obtenu avec les émetteurs récepteurs et les microcontrôleurs, ce n'était pas le cas du côté de la conversion d'énergie. Toutefois, Linear Technology a introduit son LTC3330 pour répondre spécialement à cette demande, comme illustré en figure 1.

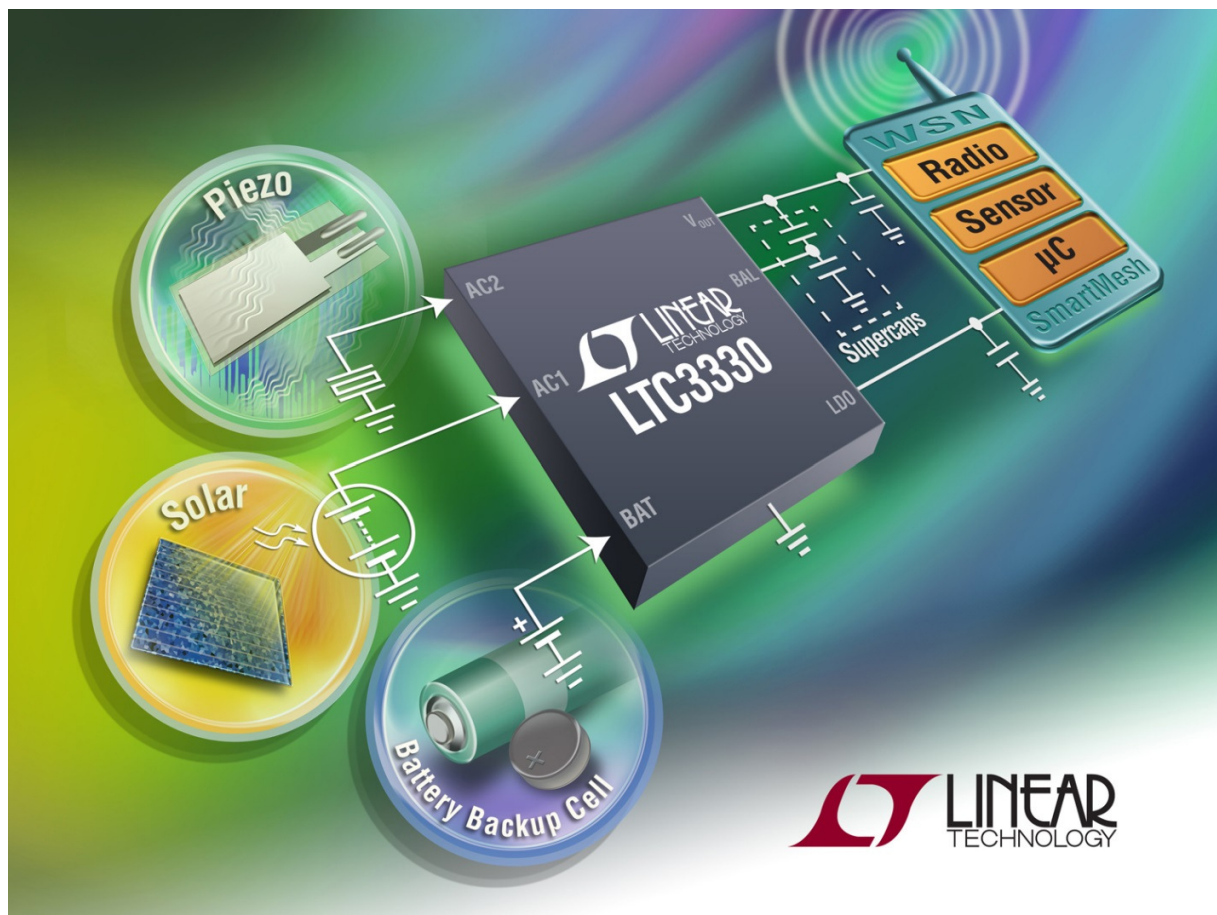


Figure 1. Collecteur d'énergie et extenseur d'autonomie de batterie LTC3330

Le LTC3330 est une solution régulée complète de collecte d'énergie, qui fournit un courant de sortie continu jusqu'à 125 mA, pour étendre l'autonomie d'une batterie lorsque de l'énergie collectable est disponible. Il ne nécessite pas de courant à partir de la batterie lorsqu'il fournit une alimentation régulée à partir de l'énergie collectée et il consomme seulement 750 nA lorsqu'il est alimenté par la batterie en l'absence de charge. Le LTC3330 intègre une alimentation haute tension à collecte d'énergie, plus un convertisseur continu/continu abaisseur/élevateur synchrone lorsqu'il est alimenté par un élément primaire pour créer une sortie mono tension ininterrompue pour les applications de collecte d'énergie comme celles utilisées dans les réseaux de capteurs sans fil.

L'alimentation de collecte d'énergie du LTC3330, comportant un redresseur en pont double alternance acceptant des entrées en continu ou en alternatif et un convertisseur synchrone abaisseur, à haut rendement, collecte l'énergie de sources piézoélectriques (courant alternatif), solaires (courant continu) ou magnétiques (courant alternatif). Lorsque l'énergie collectée n'est pas disponible, l'élément primaire alimente un convertisseur abaisseur/élevateur synchrone qui fonctionne en entrée de 1,8 V à 5,5 V et peut être utilisé, pour réguler la tension de sortie quelle que soit la tension d'entrée, supérieure, inférieure ou égale à la tension de sortie. Le LTC3330 se commute automatiquement sur la batterie lorsque la source de collecte n'est plus disponible. Ceci

a pour avantage de permettre au WSN fonctionnant sur batterie d'étendre sa vie opérationnelle de 10 ans à plus de 20 ans si une source d'énergie collectable est disponible au moins la moitié du temps, et même plus longtemps si la source d'énergie ambiante est davantage disponible. C'est important parce qu'un élément "C" Tadiran coûte environ 16 \$ l'unité. De plus, le coût de la main d'œuvre pour le remplacer est élevé. On peut aussi utiliser une batterie plus petite (durée de vie plus courte) et réduire le coût global du système.

Conclusion

Même si les applications portables et les systèmes de collecte d'énergie ont une gamme étendue de niveaux de puissance pour leur fonctionnement correct, de quelques microwatts à plus de 1 W, il y a de nombreux circuits intégrés de conversion d'énergie qui se proposent au choix du concepteur de systèmes. Toutefois, c'est dans le bas de cette gamme de puissances, où il faut convertir des courants de quelques nanoampères, que le choix se réduit.

Heureusement, le collecteur d'énergie et extenseur d'autonomie de batterie LTC3330, avec son courant de repos extrêmement faible, se destine idéalement aux applications de faible puissance. Un courant de repos de moins de 1 microampère prolonge la durée de vie de la batterie pour les circuits devant rester sous tension dans l'électronique portable et permet une nouvelle génération d'applications de collecte d'énergie comme les WSN.