

Comment calculer la durée de vie de la batterie dans les applications de l'IoT ?

La conception d'un dispositif IoT qui fonctionne sur batterie nécessite une ingénierie minutieuse. Si le choix des composants est important, de mauvaises décisions lors du design peuvent annuler les avantages d'un processeur basse consommation. Pour augmenter la durée de vie de la batterie, la clé est de s'assurer que le processeur est autant que possible en mode veille et que les communications sans fil soient réduites au minimum. Dans ce contexte, Farnell element14 a développé un simulateur qui permet d'estimer simplement la durée de vie de la batterie d'un système IoT.

Internet a considérablement changé la façon dont nous concevons la plupart des systèmes électroniques, qu'il s'agisse de panneaux d'affichage aux arrêts de bus, ou de systèmes industriels complexes où la connectivité est au cœur de leur fonctionnalité. Sans oublier l'introduction de multiples capteurs qui recueillent des données de terrain et les transfèrent dans le cloud. Or ces minuscules « objets » n'ont pas souvent accès à une alimentation sur secteur. Ce qui signifie qu'ils doivent s'alimenter eux-mêmes en énergie, grâce à des batteries ou à des systèmes de récupération d'énergie ambiante. Dans de nombreux cas de figure, la récupération d'énergie représente la solution la plus prometteuse, offrant des perspectives d'exploitation illimitée dans le temps, tout du moins si l'appareil est conçu pour consommer moins d'énergie que la quantité récupérée. Cependant, un grand nombre d'applications restent inadaptées à cette approche en raison de besoins énergétiques trop importants. Il est alors nécessaire d'utiliser des batteries pour alimenter le système. Malheureusement, ces batteries doivent être changées à un moment donné et leur coût de remplacement est souvent plus élevé que le prix du dispositif IoT lui-même. L'estimation de la durée de vie

AUTEUR



Cliff Ortmeier,
Global Head
of Solutions
Development,
Farnell
element14..

d'une batterie devient alors une information cruciale.

Quels sont les facteurs qui influent sur la durée de vie de la batterie ?

La durée de vie de la batterie d'un objet connecté est déterminée grâce à un calcul simple : il suffit de diviser la capacité de la batterie par le taux moyen de décharge. Réduire l'énergie utilisée par le périphérique ou accroître la capacité de la batterie permet alors d'augmenter la durée de vie de ladite batterie et donc de réduire le coût total de possession du produit. Comme les batteries constituent généralement la plus grande partie d'un système de capteurs IoT, les ingénieurs ont souvent peu de choix en la matière. A contrario, un large éventail de processeurs, de

technologies de communication et d'algorithmes logiciels leur permettent de concevoir un système optimisé pour atteindre la durée de vie requise.

A ce niveau, les processeurs conçus pour les applications IoT disposent d'une grande variété de modes sommeil à ultrabasse consommation, comme par exemple, le microcontrôleur sans fil TI CC2650MODA de Texas Instruments (figure 1). Sous réserve que l'échantillonnage des données soit très occasionnel, l'arrêt du processeur offre peu d'avantages. Des circuits et du code supplémentaires seront nécessaires pour redémarrer l'appareil, ce qui accroît le coût et la complexité du système. En outre, les modes veille consomment

1 MODES ET NIVEAUX DE CONSOMMATION D'UN MICROCONTRÔLEUR

La figure montre l'électricité consommée par un microcontrôleur selon son mode de fonctionnement. La consommation énergétique varie en fonction de six degrés d'activité, allant de l'arrêt complet à l'exploitation active.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
I _{core} Core current consumption	Reset. RESET_N pin asserted of VDD below Power-on-Reset threshold		100		nA	
	Shutdown. No clocks running, no retention		150			
	Standby. With RTC, CPU, RAM and (partial) register retention. RCOSC_LF.		1		µA	
	Standby. With RTC, CPU, RAM and (partial) register retention. XOSC_LF		1.2			
	Standby. With Cache, RTC, CPU, RAM and (partial) register retention. RCOSC_LF		2.5			
	Standby. With Cache, RTC, CPU, RAM and (partial) register retention. XOSC_LF		2.7			
	Idle. Supply systems and RAM powered.		550			
	Active. Core running CoreMark			1.45 mA + 31 µA/MHz		
	Radio RX			6.2		mA
	Radio TX, 0-dBm output power			6.8		
Radio TX, 5-dBm output power			9.4			

moins de $3\mu\text{A}$, ce qui implique que la batterie se déchargerait en huit ans minimum, soit plus que la durée de vie de nombreux objets connectés et autant que la durée de conservation d'une pile CR2032. Par conséquent, l'arrêt complet du processeur apporte généralement peu d'avantages.

Choisir le mode veille qui convient peut en revanche avoir son importance. Le mode veille le moins gourmand en électricité consomme environ un tiers du niveau d'énergie le plus élevé, mais peu d'informations sur l'état du processeur sont conservées. Bien que certaines applications IoT doivent sélectionner les modes sommeil les moins énergivores, la plupart des utilisateurs choisiront cependant de préserver la mémoire cache afin de minimiser le nombre de cycles nécessaires pour effectuer le traitement requis en mode actif.

Procéder au traitement en mode actif est un compromis. On sait que la consommation énergétique augmente de façon linéaire avec la fréquence de l'horloge du circuit en raison de la technologie Cmos utilisée pour ce type de processeur IoT (figure 1). En conséquence, il semblerait que des vitesses d'horloge plus rapides correspondent à une durée de vie de la batterie plus courte. Mais compte tenu de l'alimentation de « base » de $1,45\text{mA}$, si le temps de réveil nécessaire à l'exécution du même algorithme est plus court à des vitesses d'horloge plus élevées, ralentir l'horloge apporterait en réalité une fausse économie et réduirait de fait la durée de vie de la batterie.

Il existe également un laps de temps limité pour passer d'un mode à l'autre; il est de $151\mu\text{s}$ pour basculer le CC2650MODA du mode veille au mode actif, par exemple. À une fréquence d'horloge maximale de 48MHz , cela signifie que l'électricité est consommée pour effectuer plus de 7000 cycles d'horloge pendant le réveil du processeur. Pour les applications où seule une petite quantité de code est nécessaire, le fait de ralentir l'horloge afin d'augmenter le temps d'exécution du code et donc de diminuer la consommation pen-

2 APPORT DE L'ARRÊT DE PÉRIPHÉRIQUES SUR LA CONSOMMATION

Ici, bien que l'électricité consommée par les différents composants soit très faible, de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de microampères, leur désactivation peut avoir d'importantes retombées. Si aucune connectivité en série n'est requise, un total de $318\mu\text{A}$ peut être enregistré.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Peripheral Current Consumption (Adds to core current I_{core} for each peripheral unit activated) ⁽¹⁾					
I_{per}	Peripheral power domain	Delta current with domain enabled		20	μA
	Serial power domain	Delta current with domain enabled		13	
	RF core	Delta current with power domain enabled, clock enabled, RF Core idle		237	
	μDMA	Delta current with clock enabled, module idle		130	
	Timers	Delta current with clock enabled, module idle		113	
	I ² C	Delta current with clock enabled, module idle		12	
	I2S	Delta current with clock enabled, module idle		36	
	SSI	Delta current with clock enabled, module idle		93	
	UART	Delta current with clock enabled, module idle		164	

dant la phase de réveil permet de prolonger la durée de vie de la batterie. De même, réduire le nombre de réveils et optimiser le nombre de tâches effectuées avant de revenir au mode veille permet d'allonger la durée de vie de la batterie.

UN SIMULATEUR LOGICIEL DE DURÉE DE VIE D'UNE BATTERIE

■ Farnell element14 a développé un simulateur qui permet aux utilisateurs d'estimer la durée de vie de la batterie d'un système IoT de façon rapide et simple. Il suffit de saisir les paramètres demandés pour le processeur, le mode de communication, le capteur et la batterie, ainsi que quelques données clés sur le fonctionnement du logiciel. Une fois ces données rentrées, le simulateur détermine la durée de vie de la batterie du dispositif IoT.

Farnell element14 IOT Power Calculator

Processor Power

Select a processor or enter your own parameters:

System Voltage: Volts

Processor/comms mode current: mA

On-chip peripheral processing current: mA

Data logging mode current: uA

Data logging peripheral current: uA

Sleep mode current: uA

Wake up time: us

Processing and Communications Mode

Active clock frequency: MHz

Clock cycles per wakeup: Cycles

Time between wakes: ms

Data Logging Mode

Data logging clock frequency: MHz

Clock cycles per wakeup: Cycles

Time between wakes: ms

Peripheral Power Requirement

Sensor/transducer current when active: mA

Sensor on all the time?

Communications device current: mA

Battery

Select a standard battery or enter your own parameters:

Battery Capacity: mAh

Battery shelf life: Years

Les objets connectés actuels sont des produits très complexes qui intègrent de nombreux périphériques pour permettre à une solution monopuce de satisfaire divers besoins. Néanmoins, la plupart des dispositifs IoT, et en particulier les capteurs simples, ne nécessitent pas un tel degré de fonctionnalité. Toujours en prenant l'exemple du TI CC2650MODA, et la consommation énergétique de ses périphériques, on constate que l'électricité consommée par les différents composants, bien que très faible, de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de microampères, leur désactivation peut avoir d'importantes retombées. Si aucune connectivité en série n'est requise, un total de $318\mu\text{A}$ peut être enregistré, une valeur de courant qui a un impact significatif sur la durée de vie de la batterie (figure 2).

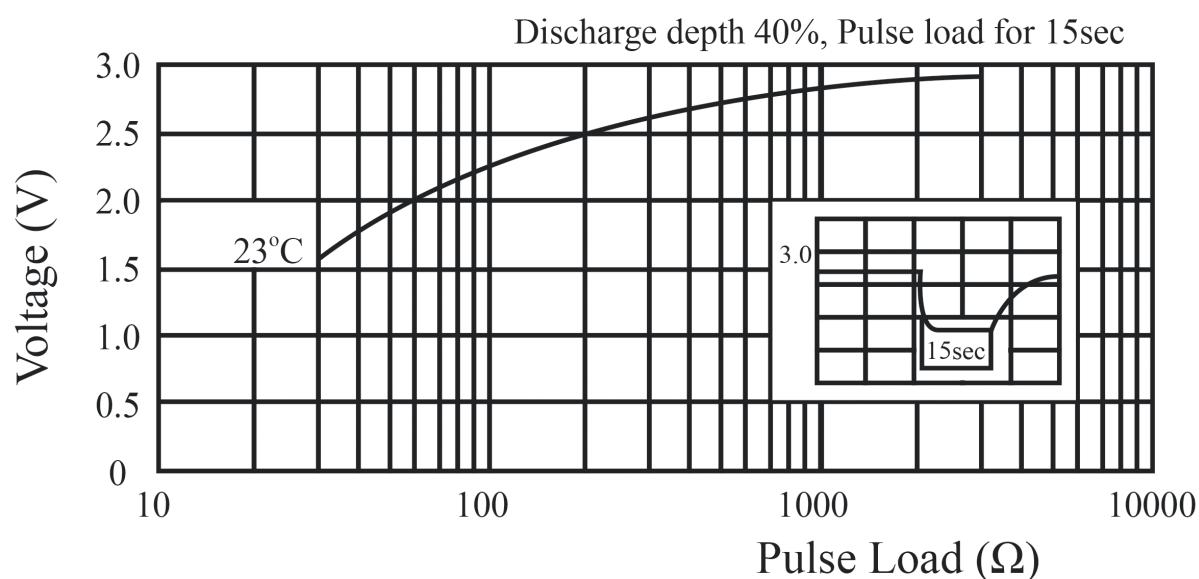
Capteurs et technologies de communication

Le choix de la technologie de communication est souvent déterminé par les exigences du système. Pour les dispositifs IoT qui fonctionnent sur batterie, la connexion se fait presque toujours par un lien radiofréquence. Pour les communications sans fil, une plus grande portée ou un débit plus élevé de données nécessiteront généralement plus d'énergie. C'est pourquoi les technologies de communication à faible consommation répondant à ces exigences apparaissent souvent comme une option de choix.

En ce qui concerne les capteurs intelligents, plusieurs technologies sont appréciées des consommateurs. La technologie LoRa, par exemple, offre

3 IMPACT D'UN COURANT D'IMPULSION

Une impulsion de charge de 2mA fait passer la tension de sortie du microcontrôleur de 3V à environ 2,2V.



la possibilité d'établir un réseau étendu (WAN) à faible consommation avec une portée de plusieurs kilomètres, tandis que le Bluetooth basse énergie (BLE) communique uniquement sur de courtes distances, mais consomme beaucoup moins d'énergie. Autre élément à déterminer: le choix d'une puce-système SoC ou d'une puce séparée pour la gestion des communications.

La gestion de l'interface de communication est ici essentielle. Car même les technologies de communication à faible consommation entraînent une baisse très rapide de la charge de la batterie, les exigences du système étant souvent supérieures à celles des dispositifs RF. De ce fait, pour augmenter significativement la capacité de la batterie consacrée à la communication, de nombreux systèmes IoT n'activent les circuits de communication que lorsque la quantité de données est suffisante pour rentabiliser la transmission.

Les capteurs peuvent aussi avoir une incidence significative sur la durée de vie de la batterie d'un système connecté. Les thermomètres à résistance et les thermistances, par exemple, modifient leur résistance en fonction de la température. Une application simple où la précision n'est pas essentielle peut utiliser un diviseur de tension, tandis qu'un système de haute précision devra comporter une source de courant et, par conséquent, nécessitera plus d'élec-

tricité. Pour de nombreuses applications, les capteurs de température intégrés, tels que le LM35DZ de Texas Instruments sont une bonne solution: ce composant est précis à $\pm 0,25^\circ\text{C}$ à température ambiante et ne consomme que $60\mu\text{A}$. Quel que soit le capteur sélectionné, il est essentiel qu'il n'utilise de l'énergie que lorsqu'il est en cours de fonctionnement.

Quid de la technologie de batterie

L'un des aspects qui posent problème dans le choix des batteries est la quantité limitée de données disponibles pour la plupart d'entre elles. Outre les dimensions physiques et la tension de sortie, le dernier paramètre qui est souvent indiqué est la capacité. La capacité de la batterie est évidemment fondamentale, car elle détermine l'énergie totale disponible pour le périphérique IoT. Mais attention! La qualité de la batterie a des retombées importantes sur la capacité.

On peut ici préciser simplement les risques associés à l'achat d'un produit peu coûteux affichant une faible capacité: en retour, la durée de vie de la batterie de l'application IoT sera réduite et les coûts de remplacement de la batterie seront élevés. Disponibles dans un format compact spécifique, les batteries se distinguent également par leurs composants chimiques, si bien que l'emploi d'un

autre composant peut avoir un impact conséquent sur la durée de vie de la batterie. Compte tenu du peu de données techniques fournies pour certaines batteries, on peut supposer que celles-ci sont des dispositifs très simples et que la capacité de la batterie est invariable. Or, en pratique, ce n'est pas du tout le cas. Par exemple, si la charge exige plus de courant, la durée de vie diminue de façon spectaculaire. Plus important encore, pour certaines applications, si la température baisse, la capacité de la batterie chute considérablement.

Les applications IoT prélèvent le courant sous la forme d'impulsions. Le processeur et le capteur pourraient en effet consommer plusieurs milliampères lors d'une courte décharge, puis passer en mode faible consommation sur une longue durée. Cependant, la décharge par impulsions fait chuter la tension de sortie (figure 3).

Enfin, il faut signaler que les ingénieurs ignorent souvent la durée de conservation de la batterie, partant de l'hypothèse qu'elle relève du stockage et non de l'utilisation de la batterie. Néanmoins, les applications IoT nécessitent souvent de fonctionner à partir d'une seule batterie pendant plusieurs années, faisant ainsi de la durée de conservation un facteur clé. En moyenne, il faut savoir que la plupart des batteries ont une durée de vie de seulement sept ou huit ans. ■