

Simplification de la charge solaire de batterie avec un contrôleur innovant 80 V abaisseur/élevateur de charge de batterie au plomb ou au lithium

Par Steve Knoth, Ingénieur marketing produits senior, Power Products Group et Albert Wu, Directeur de conception, Power Products Group, Linear Technology Corporation

L'énergie solaire est écologique, abondante et « gratuite », mais est souvent peu fiable. Les effets des variations de température qui déplacent le point de fourniture optimum d'énergie d'un panneau solaire, le vieillissement, les nuages, le coucher du soleil, les déjections animales, etc. peuvent affecter la performance d'un panneau solaire. En raison de ces problèmes de fiabilité et de variabilité, presque tous les appareils à alimentation solaire comportent des batteries rechargeables pour assurer une alimentation de secours. D'abord au plomb, ces batteries comprennent maintenant des batteries au lithium. L'objectif d'un système de charge à partir de panneaux solaires est d'extraire le maximum possible d'énergie solaire pour charger rapidement les batteries ainsi que pour les maintenir chargées. De plus, la décharge de la batterie lorsque le panneau est peu ou pas éclairé est importante et doit être minimisée autant que faire se peut.

Clairement, les applications alimentées par panneau solaire sont en progression. Des panneaux solaires de différentes tailles alimentent désormais une variété d'applications innovatrices depuis les marqueurs de passages piétons aux compacteurs de déchets et aux bouées maritimes. Certaines batteries utilisées dans des applications à alimentation solaire sont des modèles à décharge profonde pouvant supporter des cycles de décharge prolongés et répétés. Ces types de batteries se trouvent couramment dans les générateurs d'énergie autonomes non reliés au réseau électrique comme des panneaux solaires ou des éoliennes. La disponibilité du système est essentielle pour ces installations autonomes en raison des difficultés d'accès.

Notions de base d'un panneau solaire

Pour une quantité d'énergie lumineuse et des conditions de fonctionnement données, un panneau solaire a une tension de sortie particulière pour laquelle il produit une puissance de sortie maximum. La figure 1 montre la caractéristique d'un panneau de 72 cellules pour une température du panneau de 60 °C. Le tracé bleu représente la courbe I-V du panneau, avec la tension sur l'axe des X. Le tracé pointillé rouge indique la puissance de sortie résultante du panneau lorsque la tension passe de 0 V à la tension maximum en circuit ouvert en utilisant une simple boîte de charge pour effectuer cette variation. Dans ces conditions particulières, le point de puissance maximum est à 32 V et le panneau peut fournir 140 W. Si l'on fait varier la température du panneau, ce qui est certainement le cas dans des conditions de fonctionnement réelles, le point de puissance maximum peut varier de 28 V en plein été à 44 V en plein hiver.

Beaucoup de systèmes de charge solaires règlent le point de fonctionnement du panneau à une tension fixe. Dans le cas particulier de ce panneau, ces systèmes simples fixeraient le point de fonctionnement à 32 V pour tirer le maximum de puissance à une température donnée, 60 °C dans ce cas. Toutefois, lorsque la température du panneau varie, une puissance importante est perdue parce que le panneau ne fonctionne plus à son véritable point de puissance maximum. Jusqu'à 20 % à 30 % de puissance peuvent être perdus dans ces cas.

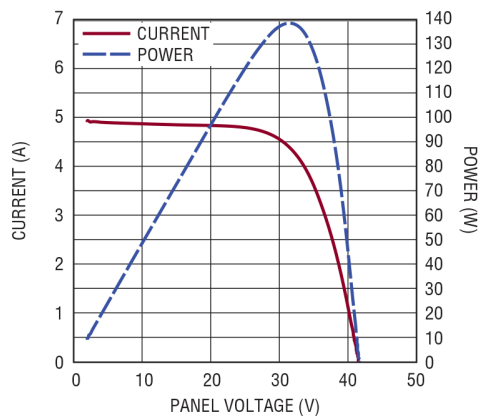


Figure 1. Sans masquage partiel, une courbe de puissance plus simple existe pour un panneau solaire donné

Mais ce n'est pas le pire. La plupart des panneaux doivent, en raison des normes de sécurité locales, comporter des diodes bypass intégrées dans le réseau de cellules. Ces diodes sont installées pour protéger le panneau lorsque certaines parties sont en plein soleil et d'autres partiellement masquées. Quand cela se produit, les cellules solaires moins éclairées reçoivent un courant inverse important provenant des cellules les plus éclairées. Ceci peut provoquer un fort échauffement dans ces cellules au point de les enflammer. Pour éviter ce risque d'incendie, les fabricants insèrent des diodes bypass dans le panneau. La figure 2 montre comment placer des diodes bypass dans le panneau de 72 cellules.

Avec ces diodes bypass, une caractéristique puissance/tension complexe peut être observée dans le cas d'un éclairage partiel. La figure 3 montre un scénario de ce type où deux maximums de puissance locaux sont présents, un à 21 V et l'autre à 37 V. Si on avait utilisé le point de puissance maximum de 32 V vu plus haut, une puissance de seulement 79,4 W serait disponible, au lieu de 90,1 W disponible au point réel de puissance maximum de 21 V. Ceci représente une perte sensible de 13,5 % dans ce cas. Clairement, un système pouvant suivre le point réel de puissance maximum serait une meilleure approche.

Défis de conception d'un système de charge de batterie alimenté par l'énergie solaire

Le rendement habituel des panneaux solaires va d'environ 5 % à 15 %. Compte tenu du fait que des panneaux plus grands (c'est à dire plus puissants) coûtent plus cher, les

conceptions à alimentation solaire doivent maximiser le rendement pour minimiser le coût total du système.

Pour récupérer efficacement l'énergie du soleil, la conception doit gérer une tension d'entrée fortement variable tout en trouvant le moyen de faire fonctionner le panneau solaire au plus près de son point de puissance maximum. De plus, la conception doit charger la batterie en toute sécurité quel que soit le couple chimique utilisé.

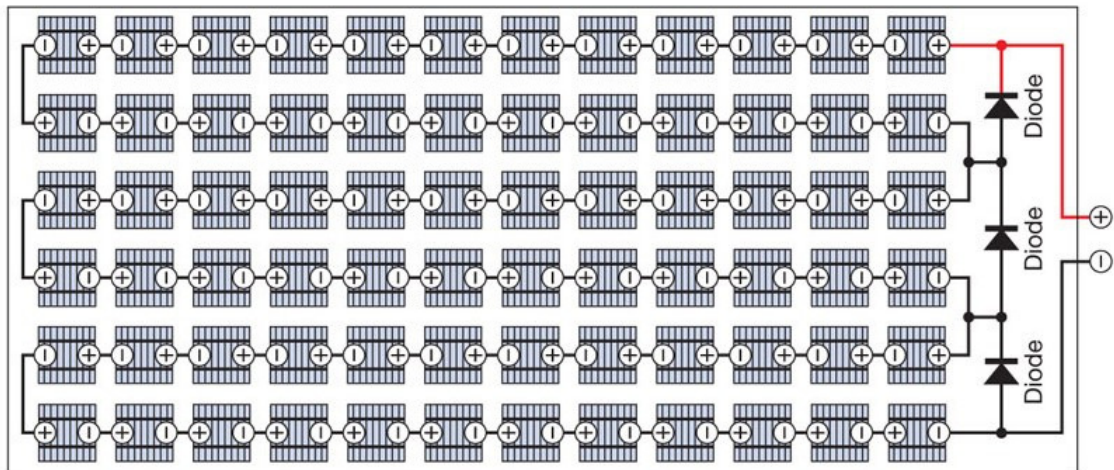


Figure 2. 3 diodes bypass placées dans un panneau solaire de 72 cellules pour des raisons de sécurité

Il y a aussi d'autres problèmes de conception qui sont rencontrés avec les systèmes de charge solaire. Pour tout système à alimentation solaire, le développement et le débogage du firmware peuvent prendre un temps considérable. Une topologie abaisseuse/élevatrice plus complexe est nécessaire si le point de fourniture optimale d'énergie du panneau peut être inférieur, égal ou supérieur à la tension de la batterie (c'est un scénario très courant). Une topologie abaisseuse/élevatrice permet un véritable isolement dans les deux sens (à la différence d'une topologie abaisseuse où quand le panneau n'est pas éclairé, il peut vider la batterie via la diode interne du transistor NMOS au travers de l'inductance). Une terminaison de tension appropriée est nécessaire pour protéger la batterie. Enfin, comme le panneau n'est pas une source fiable d'énergie, une charge in-situ de la batterie (où le chargeur charge la batterie pendant qu'une charge est connectée à la batterie) est nécessaire ; la batterie est la source d'alimentation mais se comporte aussi comme "tampon" dans ce cas.

Qu'est-ce que le suivi de point de puissance maximum (MPPT) et pourquoi est-il nécessaire ?

Le suivi de point de puissance maximum est une technique qui permet de récupérer la plus grande quantité d'énergie du panneau dans toutes les conditions de fonctionnement. Certaines de ces conditions de fonctionnement non idéales comprennent :

- Le panneau est partiellement masqué (feuilles, déjections d'oiseaux, ombre, neige, etc.)
- Variation de température du panneau
- Vieillissement du panneau

Par exemple, dans des systèmes solaires non reliés au réseau, la panne du système d'alimentation est coûteuse. Les utilisateurs veulent récupérer le maximum d'énergie possible du panneau. De plus, ils veulent maximiser l'intervalle entre deux visites de maintenance de l'installation solaire.

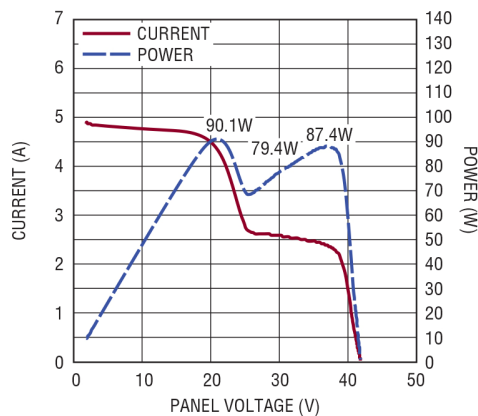


Figure 3. Avec un masquage partiel, des courbes de puissances plus complexes apparaissent pour un panneau solaire donné

Un véritable système MPPT actif va rechercher le point de fonctionnement optimum dans toutes les conditions. Ceci conduit à un coût global du système moins élevé parce qu'on peut utiliser un panneau solaire plus petit ou des batteries moins grosses, réduisant le besoin de surdimensionner le système. Un véritable MPPT va trouver le meilleur point de puissance maximum et rejeter les faux maximums locaux courants qui se produisent avec des panneaux partiellement masqués (note : des motifs de masquage partiels sont déterminés par le nombre et la disposition des diodes bypass dans le panneau).

Une solution simple utilisant un circuit intégré

Une solution de charge à circuit intégré qui résout les problèmes mentionnés ci-dessus doit présenter beaucoup, sinon tous les attributs suivants :

- Un temps minimum de développement logiciel et de microprogramme
- Une topologie abaisseuse/élevatrice flexible
- Un algorithme MPPT actif
- Un fonctionnement simple et autonome (aucun μP nécessaire)
- Des algorithmes de terminaison pour divers couples chimiques de batteries
- Une charge in-situ pour alimenter une application pendant la charge de la batterie
- Une large plage de tensions d'entrée pour accepter diverses sources d'énergie
- Une large plage de tensions de sortie pour convenir à de multiples packs de batteries
- Un courant de sortie/charge élevé

- Un encombrement réduit et une faible épaisseur de la solution
- Un boîtier avancé pour une meilleure performance thermique une meilleure utilisation de l'espace disponible
- Une solution économique

Les systèmes solaires complexes de charge de batterie concurrents habituels comportent un chargeur de batterie continu/continu, à découpage, un microprocesseur et plusieurs circuits intégrés et composants discrets pour tenter de réaliser une fonction de suivi/contrôle de point de puissance maximum. Une solution alternative pourrait être un module solaire, toutefois, ils sont coûteux, compliqués à concevoir (nécessitent un logiciel, un microprogramme, etc.) et ont tendance à se verrouiller sur de faux maximums de puissance des panneaux solaires, ne fonctionnant pas de ce fait aussi efficacement que ce serait possible. Heureusement, une solution plus simple est à portée de main, grâce au contrôleur de charge de batterie à énergie solaire abaisseur/élevateur LT8490 de Linear Technology.

Une solution d'alimentation solaire efficace

Linear Technology a développé un circuit intégré contrôleur de charge, abaisseur/élevateur, haute tension, simple et innovant, spécialement pour les applications solaires qui ne nécessitent aucun développement logiciel ni de microcode, réduisant considérablement le temps de mise sur le marché.

Le LT8490, présenté en figure 4, est un contrôleur de charge de batterie abaisseur/élevateur pour les batteries au plomb et au lithium comportant un suivi du point de puissance maximum et une compensation de température automatiques. Ce circuit fonctionne avec des tensions d'entrée supérieures, inférieures ou égales à la tension flottante de batterie régulée. Le chargeur de batterie complet du LT8490 propose de nombreux profils de charge, sélectionnables à courant constant et tension constante (CC-CV), ce qui le destine idéalement à la charge d'une variété de couples chimiques de batteries comme plomb-acide, à électrolyte gélifiés ou liquide. Tous les algorithmes de fin de charge sont intégrés dans le circuit, supprimant le besoin de développement logiciel ou de microcode et réduisant ainsi le cycle de conception.

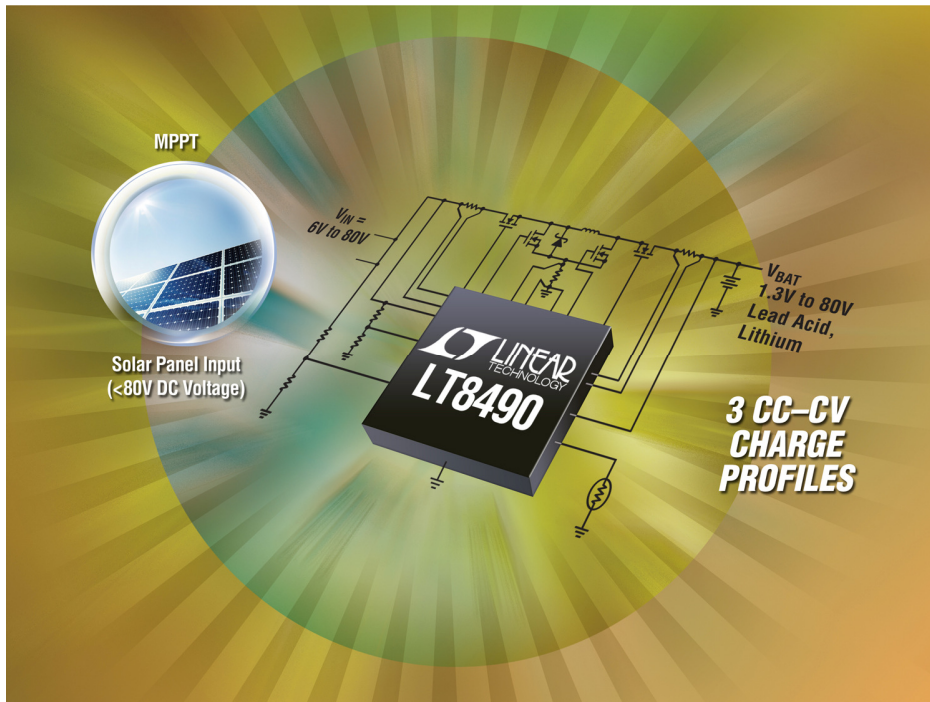


Figure 4. Circuit d'application typique du LT8490

Le LT8490 fonctionne dans une large plage de tensions d'entrée de 6 V à 80 V et peut fournir en sortie une tension de batterie flottante de 1,3 V à 80 V en utilisant une seule inductance avec un redressement synchrone à quatre commutateurs. Ce circuit peut fournir des courants de charge jusqu'à 10 A selon le choix des FET externes. Le circuit MPPT du LT8490 permet de balayer toute la plage de fonctionnement d'un panneau solaire et trouver le point de puissance maximum même en présence de points maximums locaux causés par un masquage partiel du panneau. Une fois que le véritable point de puissance maximum est trouvé, le LT8490 va fonctionner à ce point tout en utilisant une technique de tramage (dithering) pour suivre rapidement les modifications du point de puissance maximum. Avec cette méthodologie, le LT8490 utilise le maximum de l'énergie générée par le panneau solaire même dans des environnements de fonctionnement non idéaux.

Un balayage MPPT global est présenté en figure 5. Le tracé jaune représente la tension de sortie du panneau. Le LT8490 force la tension du panneau à atteindre le niveau en circuit ouvert puis la force à baisser linéairement jusqu'au niveau minimum. Le tracé rouge représente le courant dans le panneau lorsque la tension du panneau change. Ce courant est mesuré par le LT8490 et la puissance est calculée dans le circuit intégré. Une fois le balayage achevé, la tension du panneau est ramenée au point où la puissance maximum a été mesurée.

La technique de tramage est utilisée pour suivre les modifications plus faibles du point de puissance maximum entre des balayages complets. Ceci est présenté en figure 6. A environ mi-chemin de la zone analysée, une modification du point de puissance est appliquée au panneau pour simuler un nuage se déplaçant dans le ciel et modifiant donc la quantité de lumière qui l'éclaire. Le LT8490 déplace en permanence la tension du panneau d'une faible valeur au-dessus et en-dessous du point de puissance en cours pour

vérifier si un meilleur point de fonctionnement existe. S'il en trouve un, il suit le nouveau point et répète le processus. De cette manière, le LT8490 peut suivre les modifications sans avoir à effectuer trop souvent un balayage global.

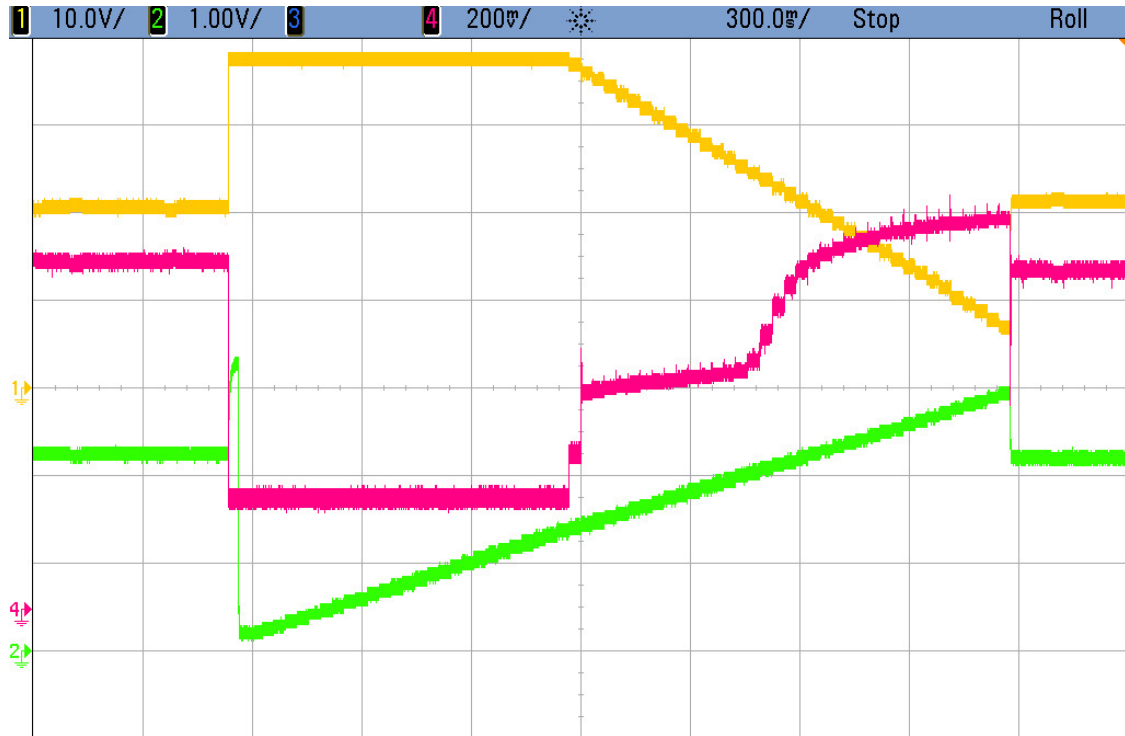


Figure 5. Balayage MPPT global avec le LT8490 (Jaune– tension du panneau, Rouge – courant du panneau, Vert – signal de contrôle provenant du LT8490)

Le LT8490 effectue une compensation automatique de la tension de charge en fonction de la température en mesurant la valeur d'une thermistance externe placée sur la batterie. Les broches STATUS et FAULT peuvent être utilisées pour commander des indicateurs LED. Les limites du courant de charge peuvent être ajustées en modifiant une ou deux résistances et un planning de charge peut être choisi à l'aide d'un diviseur résistif approprié. Les autres caractéristiques du circuit comprennent des broches de limitation du courant de charge, une sortie 3,3 V régulée par LDO, des broches de statut et une fréquence de découpage fixe pouvant être synchronisée.

Le LT8490 est disponible en boîtier bas profil (0,75 mm QFN 64 broches de 7 mm x 11 mm. Le fonctionnement du circuit est garanti de -40 °C à 125 °C.

Caractéristiques principales :

- Plage de V_{IN} de 6 V à 80 V
- Plage de V_{BAT} de 1,3V à 80 V
- Inductance unique permettant V_{IN} supérieur, inférieur ou égal à V_{BAT}
- Balayage automatique pour trouver le véritable point MPPT
- Accepte de nombreux types de batteries Plomb/acide et Lithium
- Drivers de LED pour indication du statut

- Algorithmes de charge de batterie intégrés
- Compensation de température automatique de la tension flottante
- Broches de mesure des courants d'entrée et de sortie
- Fréquence fixe de synchronisant de 100 kHz à 400 kHz
- Boîtier QFN 64 broches de 7 mm x 11 mm x 0,75 mm

Conclusion

L'énergie solaire est écologique et abondante, mais peut être peu fiable. Les effets des variations de température qui déplacent le point MPPT, le vieillissement, le masquage partiel, le coucher du soleil, les déjections animales, etc. peuvent réduire la performance d'un panneau solaire. Linear Technology a développé le LT8490, un chargeur de batterie, régulateur abaisseur/élevateur à découpage qui met en œuvre des profils de charge à courant constant ou tension constante (CC-CV) utilisés pour la plupart des types de batteries, comme plomb/acide (étanche, à électrolyte liquide ou gel) et Lithium. Il fournit aussi un suivi automatique et efficace du véritable point de puissance maximum pour les applications à alimentation solaire. Aucun développement de logiciel ou de microcode n'est nécessaire, réduisant beaucoup le temps de mise sur le marché d'un système. Le LT8490 est aussi une solution économique et plus simple que les systèmes de charge encombrants et complexes concurrents. Il simplifie beaucoup ce qui était jusqu'ici une tâche de conception très difficile.

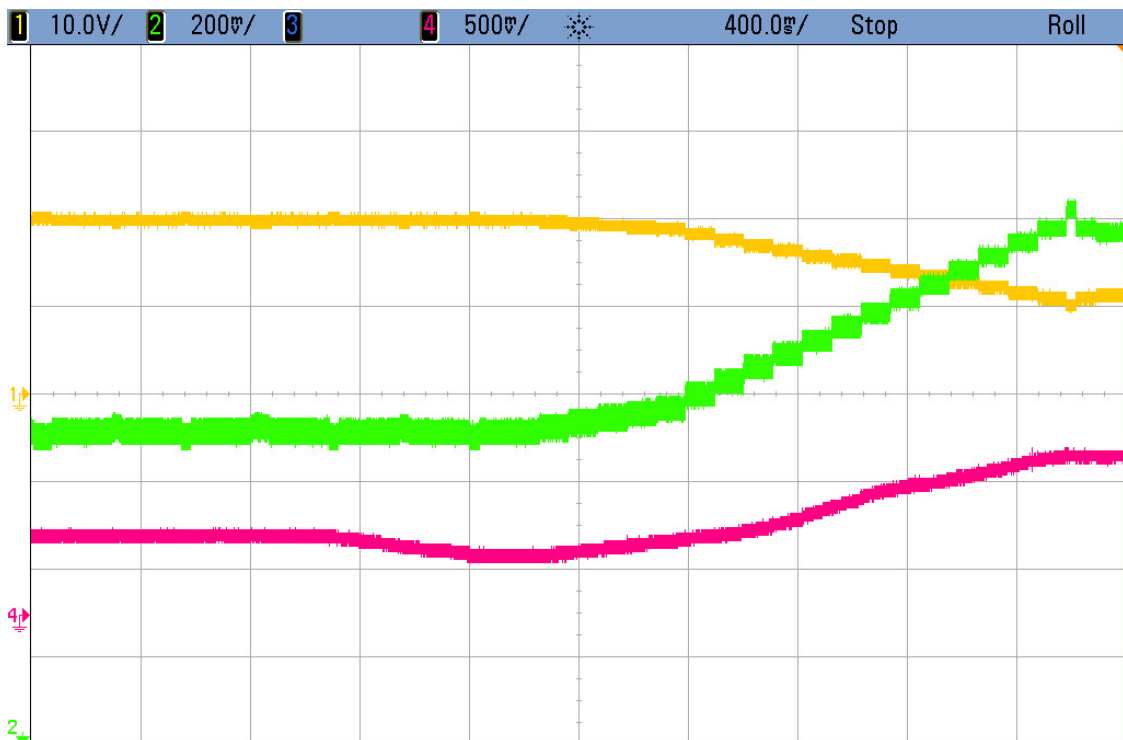


Figure 6. Tramage local avec le LT8490, entre des balayages globaux LT8490 (Jaune – tension du panneau, Rouge – courant du panneau, Vert – signal de contrôle provenant du LT8490)