



Commande de gadgets solaires

C'est la mode du solaire, et effectivement, c'est intéressant à étudier et important de comprendre les limitations. Les gadgets solaires sont de 3 types :

- a) Ils fonctionnent s'il y a assez de lumière. Lorsque la consommation est faible (calculettes, clavier Logitech K750) c'est génial puisque un éclairage de travail suffit. Mais pour une hélice de ventilateur au bout d'un mauvais moteur, ou un "solar car" chinois, il faut beaucoup de soleil pour que cela fonctionne.
- b) Ils se chargent de jour et fonctionnent la nuit ou quand on veut, comme les lampes de jardin et les lampes de poche solaires.
- c) Ils fonctionnent dès que l'énergie solaire a suffisamment chargé un condensateur ou accu, la durée de la décharge est en général courte, pour que le temps de charge, où il ne se passe rien, soit aussi court. C'est le principe des BEAM, qui sont au centre de ce document. L'intérêt pour un gadget mécanique est que le mécanisme va s'animer plus ou moins fréquemment selon la lumière ambiante, mais il s'animera toujours.

Il faut toutefois réaliser que l'énergie solaire est très faible pour nos applications de robots et gadgets solaires, intéressants si les cellules solaires sont petites. L'énergie peut être accumulée dans des condensateurs électrolytique jusqu'à 10'000 µF, puis dans des supercaps dont la tension est limitée à 5.5 ou 2.6V. La quantité de charge accumulée dans un condo est

$Q = C \text{ [Farad]} \times U \text{ [Volts]} = I \text{ [Ampères]} \times T \text{ [secondes]}$
permet de calculer temps de charge et de décharge. Ce n'est pas la tension qui compte, mais la différence de tension entre le condo chargé pour l'application, par exemple 4V, et le condo qui ne donne plus assez à 3V et doit être rechargé. La capacité fixe le temps de charge ou décharge, par exemple avec 0.1 Farad et une cellule solaire qui donne 10mA, on a

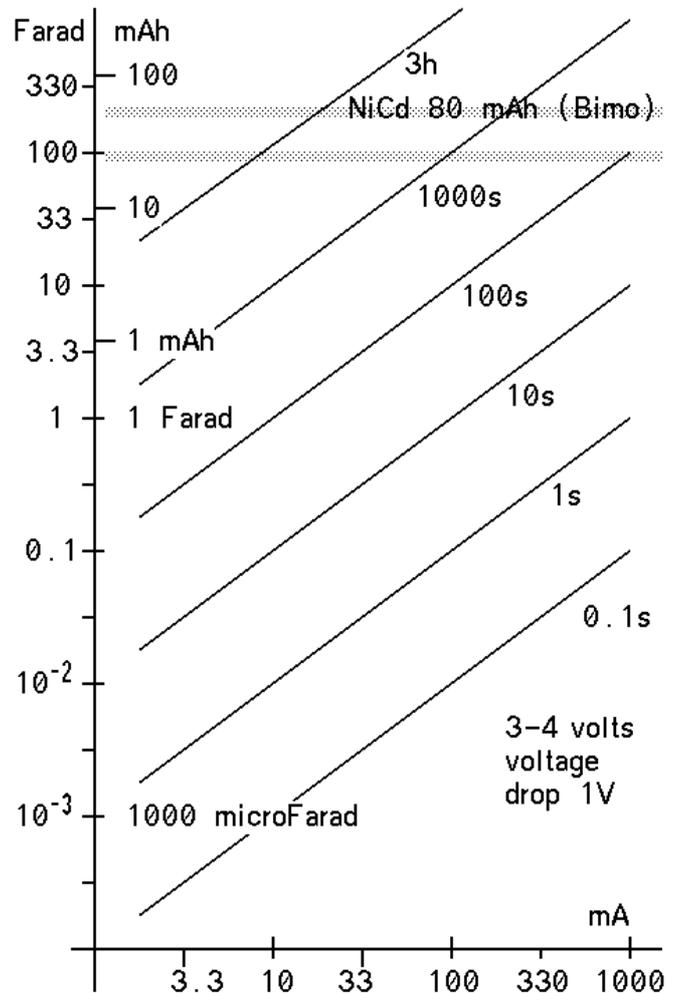
$C \times U = 0.1$, qui est égal à $I \times T$.

Donc $0.1 = 0.01 \text{ [Ampères]} \times T \text{ [secondes]}$,

$T = 0.1/0.01 = 10$. La recharge dure 10 secondes. (la première charge dure 4 fois plus puisque l'on part de 0V et pas de 3V). Avec un moteur de 100mA, la décharge va durer 1 seconde.

Un accu LiCr (3.7V) ou NiCd (3 éléments de 1.2V) va aussi se décharger de 1V avant d'être presque vide. On a 1 mAh = 3600 mAs \approx 3.6 Farad. On peut donc continuer notre tableau et remarquer l'on a avantage à utiliser des accus plutôt que des supercap, 10 fois plus chères et limitées à 2.5V dans les grandes capacités.

Le graphique se lit facilement : votre montage utilise 50 mA et doit être actif 10 secondes → il faut une superccap de 6 à 8 µF. Attention, il s'agit d'ordre de grandeur, pour être précis, il faut connaître ou mesurer quantités de paramètres.



Cellules solaires

Le soleil nous envoie 0.1W par cm² et un petit moteur demande 0.1W au démarrage. Un solarcar de quelques grammes avec 5 cm² de cellule peut donc inonder le marché et amuser pendant quelques minutes.

Mais il faut bien réaliser que si la puissance solaire est de 0.1W par cm². Un voile de nuage réduit au dixième. Plein soleil fait 100'000 lux. Dans un appartement normalement éclairé, on a 100 à 200 Lux, soit 1000 fois moins. Admirons le clavier Logitech qui se contente de cela !

Les cellules solaires ont un rendement de 3 à 40% selon la technologie, qui vise des m² de panneaux le moins chers possible, ou des satellites pour lesquels la performance prime.

Pour nos gadgets solaires, il faut des cellules de quelques dizaines de cm² et le grand problème est la tension. Pour les technologies usuelles (voir wiki/Solar_cell), la tension à vide (pas de courant demandé) est de 0.5 – 0.6V. Cette tension diminue avec le courant demandé, dont le maximum est en général documenté avec chaque cellule.

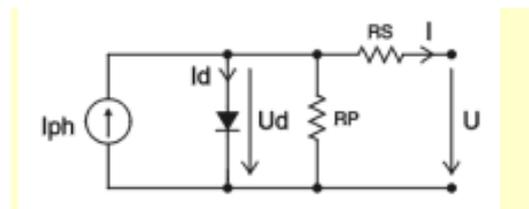
Pour commander des capteurs, de la logique, des moteurs, on doit disposer de 3 volts au moins, donc 8 à 12 cellules en série. Pour une surface donnée, la puissance est la même (elle dépend du soleil), mais le courant diminue si le nombre d'éléments augmente. Si une cellule est mal éclairée, elle limite le courant total. Donc, pas de gros câble qui passe devant une cellule multiple.

Pour chaque application, il y a une tension et un courant optimal. Mais inutile de rêver, il faut se débrouiller avec ce qui existe sur le marché et qui est très limité et souvent très mal documenté.

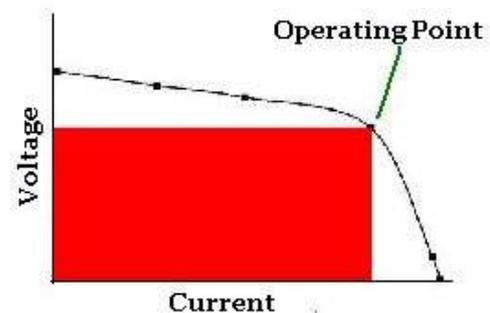
Le modèle d'une cellule solaire est compliqué

www.pvresources.com/en/solarcells.php

Le courant I_{ph} est proportionnel à l'intensité solaire.



Pour une intensité lumineuse donnée, la tension diminue avec le courant, dû à la résistance interne de la cellule. Si on charge trop, la tension s'écroule, et pour obtenir la puissance maximale, il faut ajuster le courant demandé.



Pour un robot ou gadget, le problème n'est pas de récupérer l'énergie maximale quand il y a de la lumière, mais d'avoir une énergie suffisante sur une large gamme d'intensité lumineuse.

Mesure

Le Lux est l'unité pratique d'énergie lumineuse reçue par unité de surface. Le Lumen est une puissance rayonnée. Le candéla tient compte de la physiologie de l'œil.

1 lux = 1 lumen/m² = environ 1.46 mW/m²

Candle light at 20 cm	10-15 Lux
Normal living room lighting	100 Lux
Well lighted place	500 Lux
Daylight, cloudy sky	5000 Lux
Daylight, clear sky	10,000 Lux
Bright sunlight	> 60,000 Lux

Exemple : une cellule a été mesurée de 3 façons

1) Tension circuit ouvert. Le voltmètre est branché directement sur la cellule solaire (résistance interne ~ 1 k).

Plein soleil 4.6V

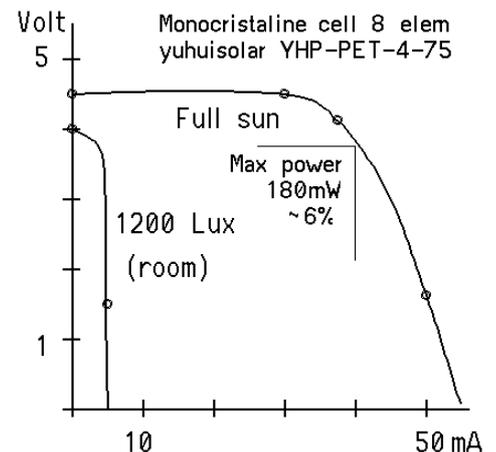
2) Courant de court-circuit. Un ampère-mètre est branché directement sur la cellule solaire (résistance interne 6 Ohm)

Plein soleil ~50mA

La cellule est chargée par une résistance de 1k, 330, 100, 33 Ohm. On mesure la tension et calcule le courant. Figure ci-contre.

Note : un ampèremètre peut être utilisé, mais en changeant de gamme, on change aussi la résistance interne.

Le calcul du rendement est très approximatif, puisque la puissance solaire n'a pas pu être mesurée.



Nos essais avec une cellule sous plaque de verre montrent que ces cellules amorphes, utilisées depuis longtemps sur des calculatrices sont plus efficaces dans un environnement peu éclairé.

Moteurs

Les moteurs Minimotor, Maxon etc sont très bien documentés et ont d'excellents rendements. Le moteurs jouet ne sont pas documentés et peu efficaces, mais il faut faire avec. Le courant bloqué est facile à mesurer. Il donne une idée de ce qu'il faudra au démarrage, et si le moteur est bien choisi, le courant de fonctionnement sera la moitié. Pour en savoir plus, voir la doc des fabricants ou www.didel.com/microkit/moteurs/Motors.html (donne quelques caractéristiques de moteurs pager).

Leds

La consommation d'une Led dépend de la résistance en série et de la différence de tension entre la tension d'alimentation et la tension d'allumage de la Led, qui dépend de la couleur. Voir www.bricobot.ch/docs/Leds.pdf

Electronique

L'électronique (circuits HcMos, processeurs) consomme relativement peu par rapport aux Leds et moteurs. En première analyse, on peut ignorer cette consommation.

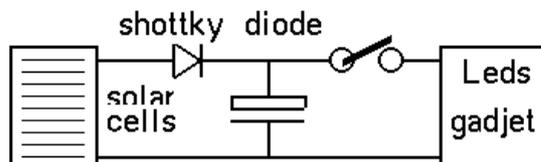
Condensateur, supercap et petits accu

Les condensateurs de grande capacité sont polarisés, le + et - sont bien indiqués. En plus de leur capacité en microFarad ou Farad, ils ont une tension maximum ; 6.3V offre le maximum de capacité pour une taille donnée. Les supercap (ou goldcap) ont une tension de 5.5V, mais seulement 2.6V pour les grandes capacités.

Electrolytique 6.4V		Supercap 5.5V		Supercap 2.6V
1000 uF ~1.5 CHF	10000 uF ~4 CHF	0.1Farad ~3 CHF	1Farad ~ 5 CHF	10 F 2.6V ~5CHF
				
dia10 x 16mm	dia16 x 41mm	dia 13.5 x 7.5 mm	dia 21.5 x 8mm	dia 10 x 30mm

LR2032 ~2 CHF	NiCd ou NiMh 80 mAh ~2 CHF		NiCd 40 mAh ~2 CHF
			
dia 20 x 3.2mm	dia 16 x 9mm	16 x 45 x 6mm	dia 12 x 16mm

La recharge se fait à travers une diode shottky et la limitation de courant en plein soleil dépend de la cellule solaire. Dans l'ombre le courant tombe rapidement, mais la tension peut encore amener quelques fractions de milliampères.



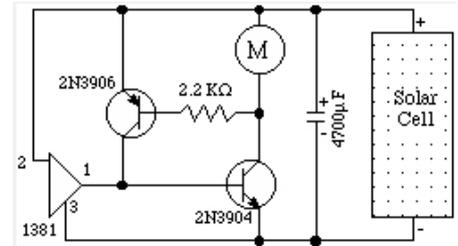
Transistors

Il y a surabondance de types de transistors. Pour commander un moteur à basse tension, il faut utiliser des transistor MOS (ne pas utiliser des bipolaires). La résistance interne est le paramètre important ; elle doit être documentée pour une tension de 3V et de 5V. Même un petit boîtier SMD peut commander 1 ampère et plus si sa résistance interne est inférieure à 0.1 Ohm.

Circuits BEAM

Les circuits BEAM qui sont documentés depuis 15 ans utilisent toujours la même technologie. Certains schémas abondamment présentés comme la solution géniale car leur dessin est simple ne fonctionnent que dans des conditions mal spécifiées. La meilleure description se trouve sous <http://www.solarbotics.net/library/circuits/se.html>

Un schéma simple utilise le Panasonic 1381x voltage trigger, avec un choix pour la tension x qui dépend de la cellule solaire. Quand la tension dépasse le seuil, le 3904 conduit, et fait conduire le 3906 qui entretient la décharge complète. Une variantes préférable décharge pour une durée fixée par un condensateur.

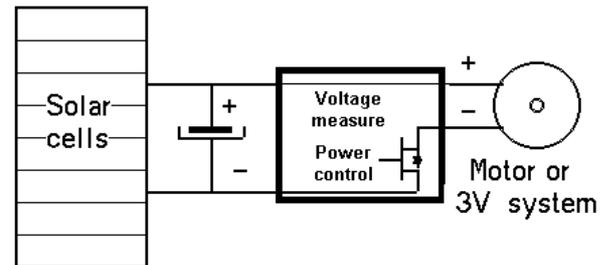


Commande par microcontrôleur

Le microcontrôleur donne une très grande liberté pour s'adapter à l'énergie reçue et définir des séquençements appropriés. En suivant l'évolution de la tension et du temps, on peut optimiser la charge et la décharge.

Le processeur s'active pour une tension supérieure à 2V, il se met dans un mode de consommation minimale (moins de 200 micro-ampères) et mesure la tension de temps en temps pour décider de l'évolution de l'application. Si la tension est suffisante, le ou les transistors de sortie sont activés jusqu'à ce que la tension soit trop faible.

Didel prépare des modules qui s'adaptent à la tension de la cellule solaire, et sont programmés pour différents comportements : photopopper, photovore ou commande d'un montage propre.



References

Technical handbook Panasonic, 1998 (bon tutorial)

<http://downloads.solarbotics.com/PDF/sunceramcat.pdf>

Avec une liste de cellules en vente aux USA

http://www.solarbotics.net/starting/200202_solar_cells/200202_solar_cell_use.html

Et l'inévitable wiki

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell