

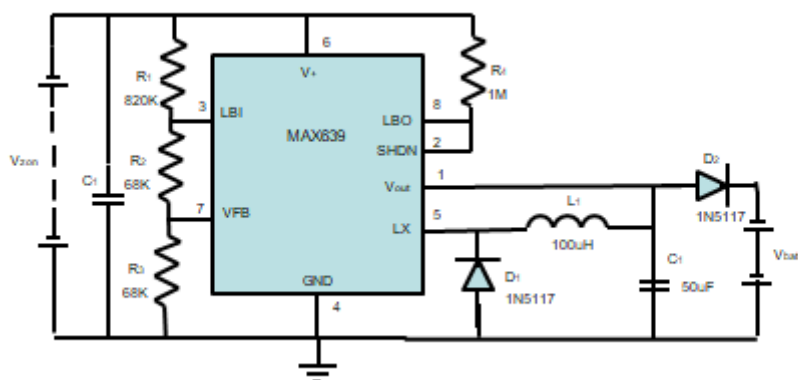
1 Contents

Batterij lader met zonnepaneel en MAX639..... 1
Annex: werking van een “switch mode power supply” 3

2 Batterij lader met zonnepaneel en MAX639

Een batterij lader voor NiCd batterijen, met een efficiëntie van beter dan 80%, en opgeladen door zonnepaneel (minimum 12V) is voorgesteld in Figuur 1. Deze schakeling kan een batterij opladen tot een spanning van het zonnepaneel minus één diode spanning.

Noteer dit schema is algemeen op het internet te vinden maar de uitleg hoe het werkt is bedroevend slecht. Daarom heb ik besloten hierover een wat betere uitleg over te geven.



Figuur 1

Deze MAX 639 is eigenlijk bedoeld als “drop-down “gestabiliseerde voeding, met een vaste uitgang van 5V. Maar door de configuratie op een andere manier te gebruiken kan deze chip ook gebruikt worden om er een lader van te maken om NiCd batterijen op te laden met een constante stroom van 200mA.

Maar vooraleer verder te gaan, moet ook deze belangrijke functie vermeld worden. Deze chip kan ook een andere spanning dan 5V geven als men gebruik maakt van de input VFB (7). Het is namelijk zoals op dit punt een spanning wordt aangebracht van meer dan 50 mV dan overschrijft deze instelling de inwendig ingebouwde weerstanden als volgt $V_{out}(1) = \frac{V_{vfb}(R_1+R_2+R_3)}{R_3}$ waarin V_{vfb} vergeleken wordt met de inwendige gestabiliseerde spanning van 1.28V. In ons geval betekent dit als $V_{zon} = 12V$ dan zal V_{out} tot 17.99 V kunnen stijgen. Dit betekent dat we (theoretisch) de V_{bat} tot 17,99V – 0,7V zouden kunnen opladen.

Deze truc moeten we toepassen want anders zouden we geen batterijen hoger dan 5V kunnen opladen.

Het schema is een “switched mode supply” configuratie, wat betekent dat een “Pulse Width modulated oscillator” is ingebouwd in de chip en deze oscillator van ongeveer 50kHz stuurt een inductantie (L1) van minstens 100uH aan en uit maar afhankelijk van de spanning op Vout wordt de “pulse-width” bijgeregeld, zodat er minder of meer stroom naar de inductantie gestuurd wordt.

In een annex wil ik wat meer uitleg geven hoe in feite een “switched mode supply” schakeling eigenlijk werkt.

Maar in dit schema wordt van een ander fenomeen gebruikt gemaakt, om deze IC ook te gebruiken als (bijna)constante stroomlader voor een batterij, namelijk, dat de spanning van een zonnepaneel zakt als deze meer stroom moet leveren.

Er is in deze IC ook een LBI (Low Battery Input) ingang voorzien en wanneer dit punt lager komt dan een (inwendige) referentie spanning van 1,28V dan zal het punt LBO (Low Battery Output) naar beneden gaan. Wanneer dit punt aangelegd wordt aan het SHDN (Shut Down) punt dan wordt de stroom onderbroken en komt er geen stroom meer naar de uitgang (de inductantie L1).

Maar als het zonnepaneel geen stroom moet leveren dan zal zijn spanning terug gaan stijgen. Dit gebeurt zeer snel en wanneer de spanning op LBI dan weer groter wordt dan 1,28V dan zal ook LBO terug hoog gaan en de SHDN komt terug los en de stroom kan terug geleverd worden aan de inductantie.

Dit gebeurt onafhankelijk van de 50 kHz oscillator die steeds zijn maximale stroom levert zolang de ingestelde uitgangsspanning V_{out} niet bereikt is en de SHDN-input niet naar nul volt getrokken wordt.

De maximale laadstroom dat de schakeling aan de batterij levert is afhankelijk van de gebruikte inductiespoel en de inwendige frequentie, de spanning van de batterij en de spanning van het zonnepaneel.

De frequentie is ongeveer 50 kHz Nu is zelfs voor een lege batterij de minimale spanning nog altijd ongeveer 7 V en als ons zonnepaneel 12 V geeft dan kunnen we de volgende formules gebruiken.

We weten namelijk dat de spanning over een spoel (V_L) gelijk is aan $V_L = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta T}$. We weten dat voor het opladen van een spoel, indien de inwendige weerstand zeer klein is dat $\frac{\Delta I}{\Delta T} = Cst$ en vermits de frequentie gelijk is aan 50 kHz is de periode gelijk aan $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50kHz} = 20\mu s$. Nemen we een duty cycle van 50% dan wordt de spoel gemiddeld gedurende $10\mu s$ opgeladen.

We kunnen dus opschrijven dat na $10\mu s$ de stroom zal gestegen zijn naar

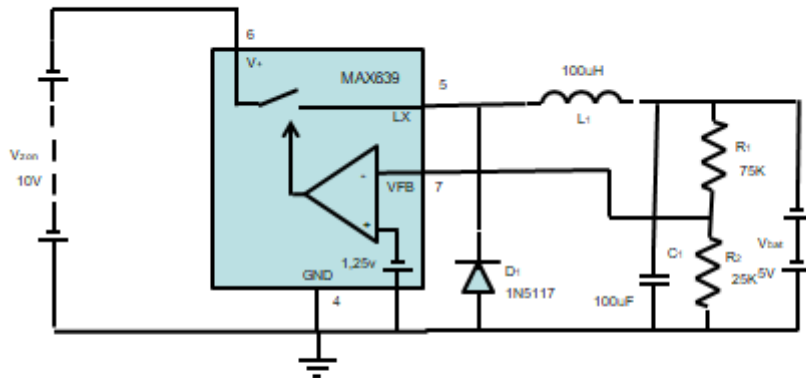
$$I = \frac{V_{L,T}}{L} = \frac{(12V-7V) \cdot 10\mu s}{100\mu H} = 500mA$$
 en dus de gemiddelde maximale laadstroom is het gemiddelde tussen 0 en 500 mA en is dus gelijk aan 250 mA.

Door nu aan het begin van de schakeling een 12V zenerdiode te plaatsen zal de spanning van het zonnepaneel niet hoger komen dan 12V en is de schakeling beveiligd tegen een mogelijke te hoge spanning van het zonnepaneel.

Het zonnepaneel dat ik in gebruik heb geeft zelfs een open spanning af van 18V en daarom heb ik voor de zenerdiode nog een weerstand van 10 Ohm geplaatst.

3 Annex: werking van een “switch mode power supply”

Een vereenvoudigd schema van een gestabiliseerde spanning (dus hier niet een stroombron) is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2

Veronderstellen we dat we een stabiele 5 V willen bekomen aan de uitgang (V_o) met een ingangsspanning van 10 V als (V_{in}) dan kunnen we dit verwezenlijken door de spanningsdeler R_1 en R_2 zo te bepalen dat de spanningsdeling gelijk is aan een referentie spanning van 1,25 V. Een comparator zal dan laag worden als de spanning V_o stijgt (en ook de potentiometer deling) en de switch wordt open gemaakt zodat geen spanning (en stroom) naar de spoel (L_1) gaat.

Wanneer daardoor de spanning daalt dan zal ook de spanning aan de comparator dalen en de comparator output komt hoog zodat de switch terug gesloten wordt. En het verhaaltje begint terug opnieuw. Een gelijke redenering kan men ook doen met de lading R_L te veranderen en zodoende ook de spanning V_o , of ook wanneer de ingangsspanning V_{in} zou veranderen en als gevolg V_o zou stijgen.

De winst zit hem hierin dat er nooit ergens een weerstand is die een niet-gebruikte stroom zou verwarmen, en het rendement naar beneden brengt. Immers als de schakelaar gesloten is dan is de weerstand 0Ω en het vermogen in de switch is $V_s \times I_s = 0$ watt ($V_s=0$ en I_s mag gelijk welke waarde aannemen) en als de switch open is dan is $I_s = 0$ en ook dan is $V_s \times I_s = 0$ watt.

De berekening van de weerstanden kunnen we eenvoudig berekenen.

$\frac{V_o}{R_1+R_2} = \frac{V_{ref}}{R_2}$ en nemen we aan dat $R_1 + R_2 = 100K$ en $V_{ref} = 1.25V$ en we willen een gestabiliseerde uitgang $V_o = 5V$ dan wordt $R_2 = 25K$ e dus ook $R_1 = 75K$.

Als door de ene of andere manier V_o zou dalen (omdat de belasting kleiner wordt, of de switch open staat) dan zal ook de V_- van de OPAMP dalen en lager worden dan 1,25V zodat de uitgang van de OPAMP hoog wordt, en dit veroorzaakt dat de switch sluit en V_{dc} doorverbonden wordt met L_1 .

Nu weten we, van wat we op school geleerd hebben, dat $V_L = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta T}$ of in woorden, de spanning over de spoel is gelijk aan de waarde van de inductantie maal de verhouding van de toename van de stroom ten opzichte van de toename van de tijd. Met nadruk vermeld ik dat de spanning $V_L = V_{in} - V_{out}$ en als de switch gesloten is dan is dit $V_L = V_{dc} - V_o$ en als de switch open is dan is dit $V_L = V_{diode} - V_o$.

Veronderstel nu eens dat gedurende 10 usec. De switch in de OPAMP gesloten is (omdat de spanning daalde en dus de switch gesloten werd) en we een spoel van 100 uH hebben, dan kunnen we de stroomtoename berekenen en na 10 us. Zou die dan zijn: $\Delta I = \frac{(10V-5V) \cdot 10us}{100uH} = 0.5Amp$.

Deze stroomtoename zal de capaciteit opladen alsook de stroom leveren naar de belasting.

We weten, van wat we op school hebben geleerd dat $V_c = \frac{\Delta I \cdot \Delta T}{C}$. Zelfs als de belasting verwaarloosbaar klein is en de meeste stroom gebruikt wordt om de capaciteit van 100uF op te laden dan kunnen we de stijging berekenen van $V_c = \frac{0.5A \cdot 10us}{100uF} = 50mV$.

Deze verhoging veroorzaakt aan de OPAMP een verhoging van 4mV en dat is voor praktisch iedere OPAMP voldoende spanning opdat uitgang naar 0V gaat en de switch terug open gaat.

Tussen haakjes, men ziet uit de formule $V_L = V_{dc} - V_o$ dat, zolang V_o weinig verandert ten opzichte van V_{dc} , deze waarde een constante waarde heeft gedurende de hele 10us periode en deze waarde is $V_L = 10V_{dc} - 5V_o = 5V$ maar ook als de switch open is, is $V_L = V_{diode} - V_o$. Ofwel

$$V_L = 0.2V_{diode} - 5V_o = -4.8V \text{ (Let op het minteken).}$$

De stroom door de spoel daarentegen: $\Delta I = \frac{V_L \Delta T}{L}$ loopt lineair op van T=0s tot T=10us en bereikt naar 10us een waarde van 0.5A en daalt ook lineair gedurende de tijd dat de switch open is vermits dan V_L een negatieve waarde heeft, met na 10us bijna een gelijke waarde van 0.5A.

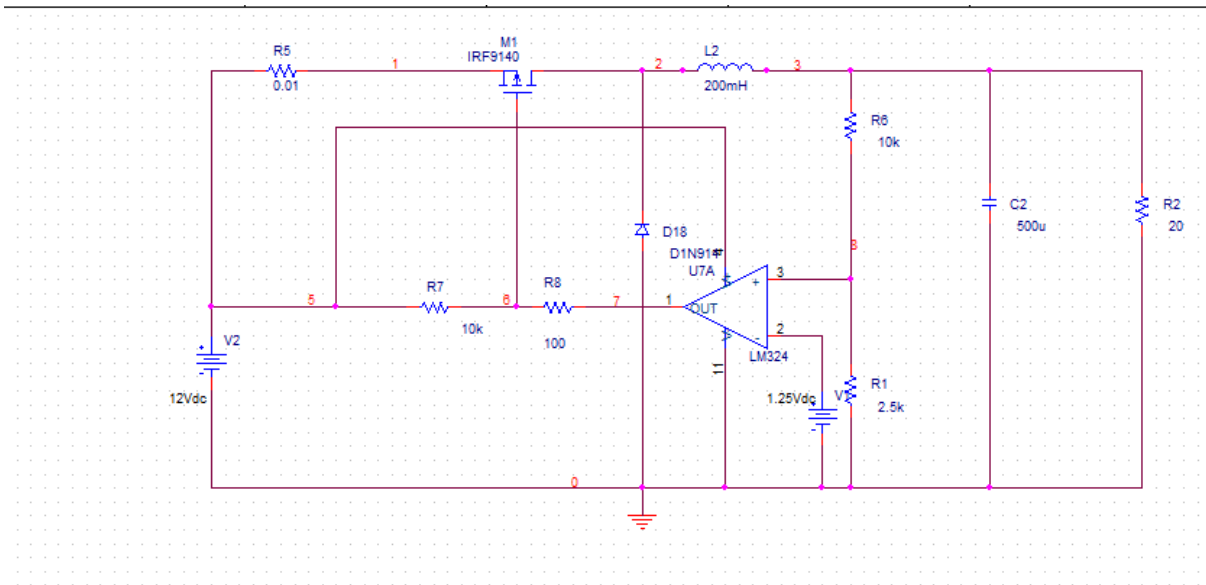
Noteer ook dat de richting van de stroom niet van teken verandert !! maar dat de spoel zich ontlaat via de capaciteit (en ook via de belasting) totdat V_o weer 50mV lager is geworden (of minder verschil maar dat hangt alleen af hoe snel de comparator reageert).

Eens men dit begrijpt is het zonder moeite ook begrijpelijk dat dit aan/uit schakelen ook van toepassing is als de V_i zou stijgen of dalen of ook wanneer de belasting zou veranderen van waarde.

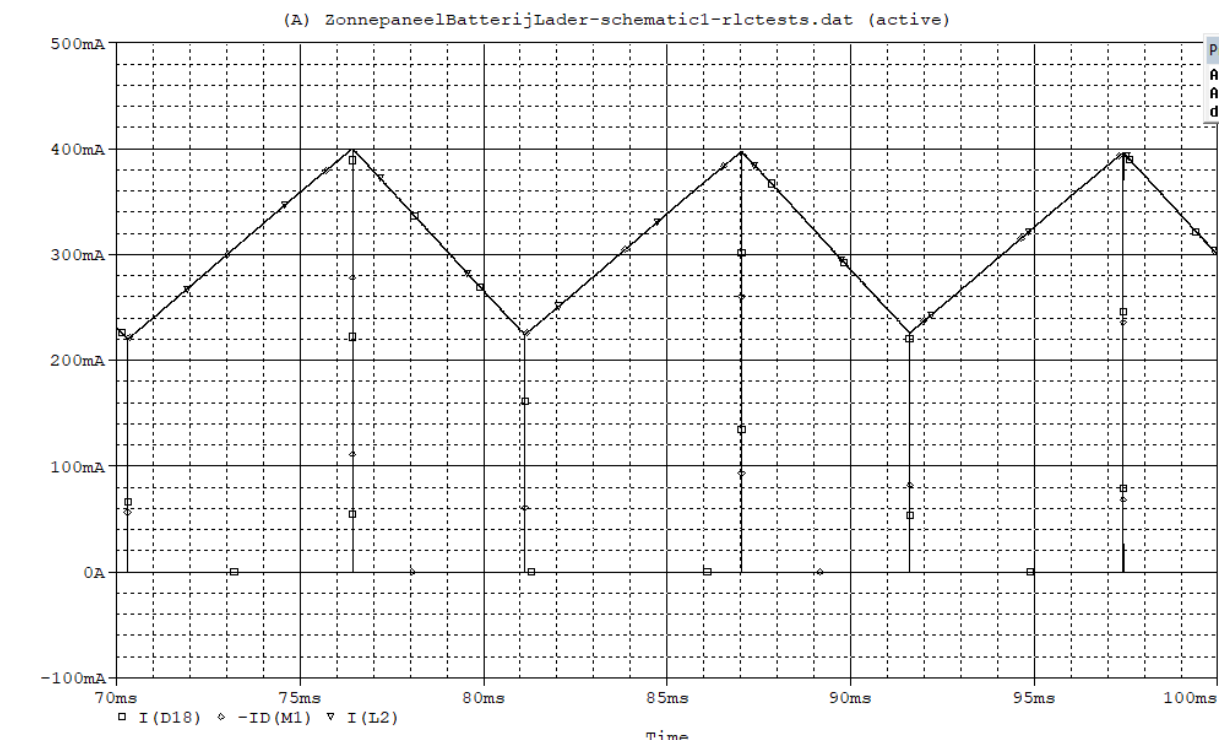
Zoals reeds aangehaald hangt de omschakeling van de OPAMP af van de snelheid en de offset deze comparator nodig heeft om te schakelen. De switch zelf is meestal een PMOS-transistor vanwege zijn snelheid van omschakelen en zijn kleine inwendige weerstand gedurende de AAN toestand.

Maar ook de diode is meestal een “Shottky –diode” vanwege zijn kleine spanningsval van 0.2V en zijn zeer snelle overgang van geleiding naar spertoestand.

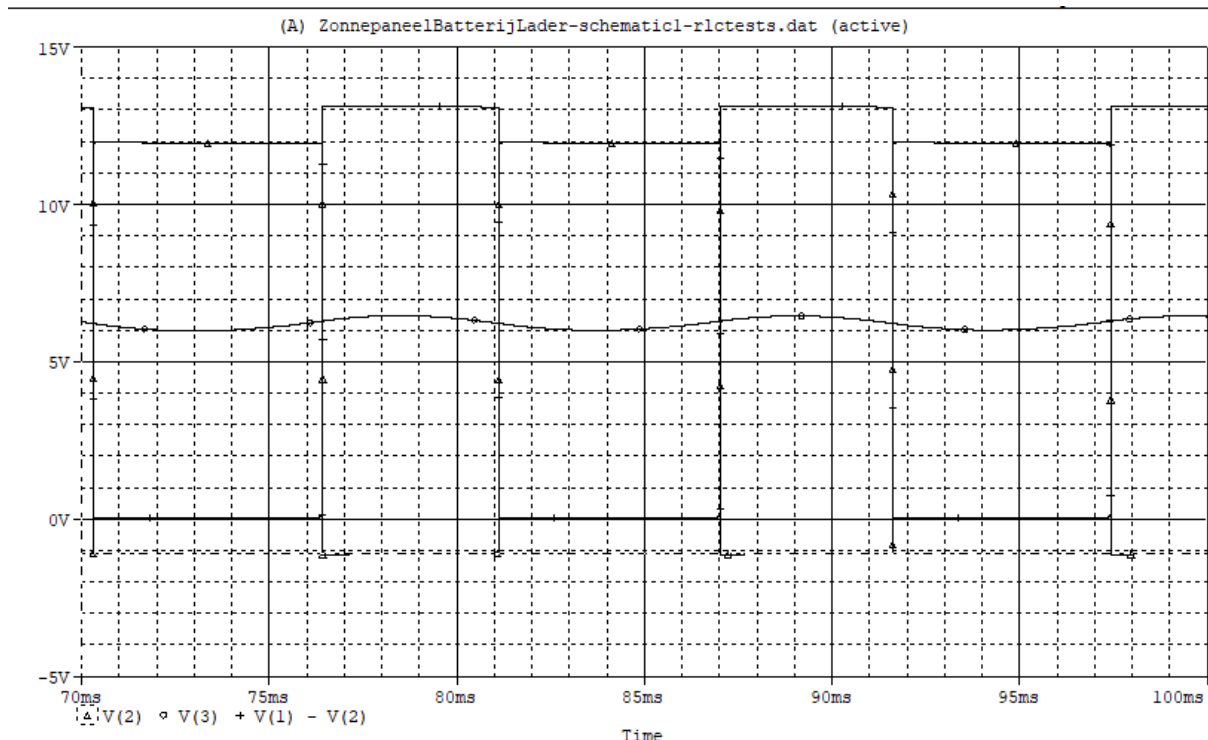
Een PSPICE-simulatie is hieronder in de figuren (Figuur 3, Figuur 4, Figuur 5) afgebeeld. De waarden heb ik echter moeten aanpassen omdat het anders een te lange computertijd zou vergen, maar het principe is hier duidelijk te zien.



Figuur 3



Figuur 4



Figuur 5

Om de totale periode van aan en uit constant te houden wordt niet rechtstreeks de switch (PMOS) gestuurd maar wel een (meestal) 50 kHz multivibrator waarvan de pulsbreedte bijgesteld wordt naargelang het verschil tussen de V- en de V+ (1.25V) groter of kleiner wordt. Dusdanig krijgt men een nog snellere reactie en is de rimpel die dit systeem inherent heeft tot een minimum herleidt.

Graag wil ik ook hierover meer uitleg geven maar het behoort niet tot de essentie van het circuit dat voor doel had het rendement te verhogen bijvoorbeeld in computer voedingen waarin men het verbruik tot een minimum wil beperken, en dan denk ik voornamelijk aan Laptopcomputers die geregeld moeten werken op batterijen wanneer geen stopcontact voorhanden is.

Jan Spaenjers