

FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY UK

Semestrálny projekt z elektroniky

Meno:	Ľubomír Staňo
Program:	OZE a environmentálna fyzika
Ročník:	3.
Akademický rok:	2013/2014

Úvod

Už dlhšiu dobu som sa zaujímal o technické riešenia niektorých častí projektov, na ktorých som nebol schopný dotiahnuť do konca časť týkajúcu sa elektronickej automatickej regulácie. Kurz základov elektroniky mi umožnil pochopiť základy elektronických automatizovaných riadiacich systémov, vďaka ktorým možno skonštruovať praktické zariadenia.

Semafór

Motiváciou k skonštruovaniu elektronického obvodu pre semafor bola moja dlhoročná práca na modelovej železnici, na ktorej som až doposiaľ riešil všetku elektrinu primitívnym manuálnym ovládaním – klasické tlačidlo pre zapnutie, resp. vypnutie. Riešením automatického riadenia križovatky s dvomi semaforami je pomerne jednoduchý elektronický obvod.

Zoznam súčiastok:

IO 4017

IO 555NE

$R1 = 47k$, $R2 = 250k$ – trim, $R3 = 560R$, $R4 = 22k$, $R5 = 33k$, $R6 = 560R$

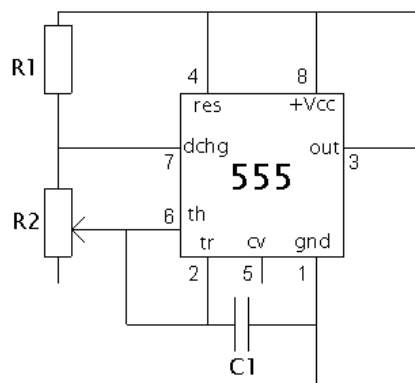
$C1 = 100\mu$, $C2 = 3,3\mu$

Schotky N4148 – 16x

LED 2V/10mA – 11x

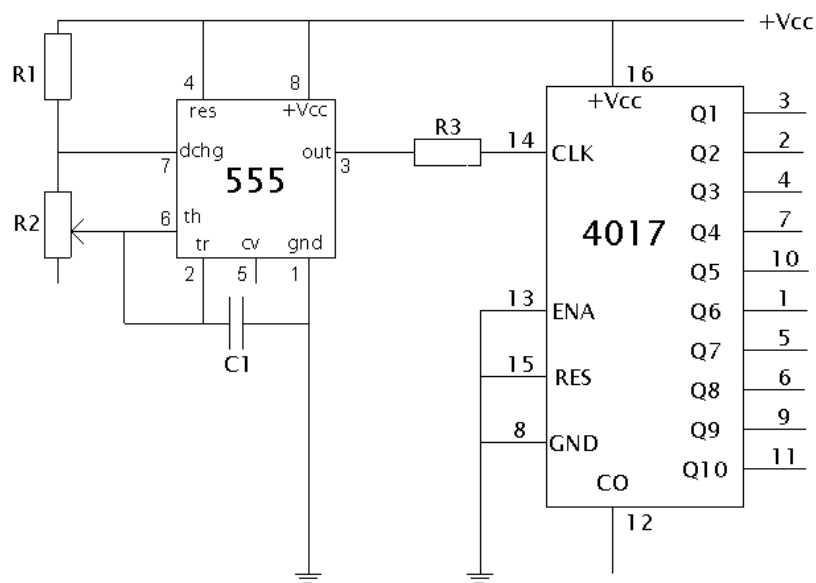
Základom sú dva integrované obvody:

- klasický IO 555 v astabilnom režime.



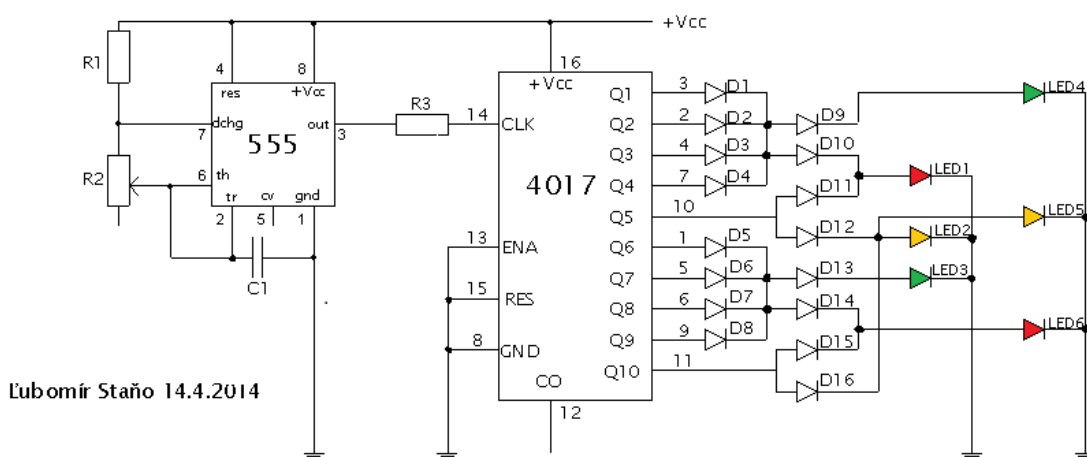
Takto zapojený 555 má funkciu časovača, ktorý generuje impulzy definovanej frekvencie). Frekvenciu signálu meníme voľbou odporov R1, R2, cez ktoré sa nabíja, resp. vybíja kondenzátor, preto ak chceme meniť periódu nášho signálu, ktorý bude v konečnom dôsledku určovať periódu 1 cyklu semaforu, je užitočné ako R2 použiť trimer. Po prvej skúške sa ukázalo byť vhodné použiť trimer 250k a kondenzátor 10M, ktoré s pevným odporom 47k umožňujú nastavenie frekvencie od do. Výstupný signál z pinu 3 potrebujeme ďalej spracovať tak, aby frekvencia časovača určovala prechody jednotlivých svetelných signálov na semafóroch. Použili sme teda dekadický čítač (mohol by byť aj iný).

- Dekadický čítač 4017



Hodnotu odporu R3 treba dimenzovať podľa napájacieho napätia a použitých LED svetielok semaforov. Ja som použil klasické LED priemeru 3mm, 2V, 10mA. Keď spočítame, že naraz budú svietiť minimálne 2 a najviac 3 a napájanie železničnej dráhy je $V_{cc} = 12V$, tak je optimálne použiť $R3 = 560R$. Keď máme teda zapojený čítač, môžeme využiť 10 výstupov, ktoré poskytuje a navrhnuť cyklus signálov typický pre dva semafory na križovatke tvaru T s dvomi základnými stavmi podľa obrázkov:

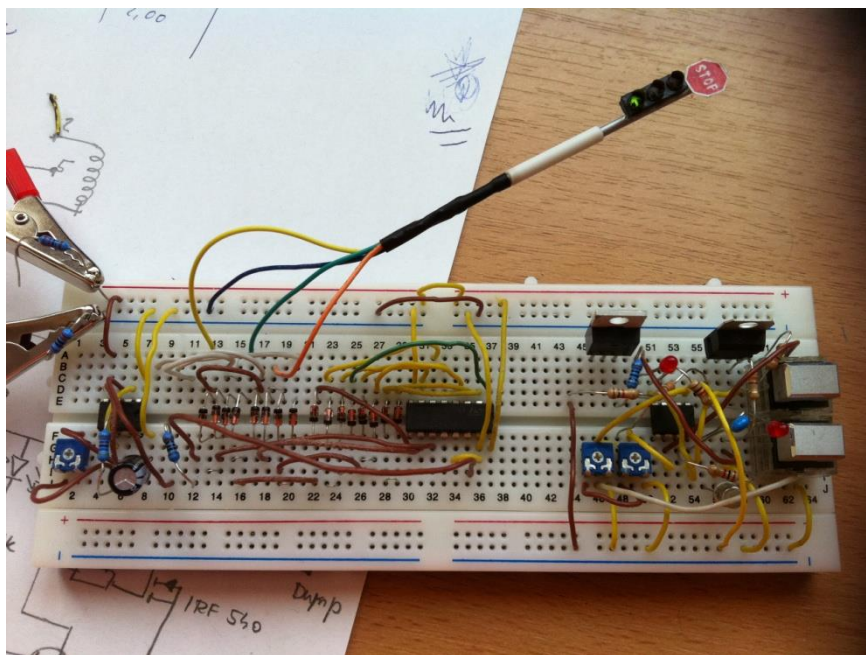
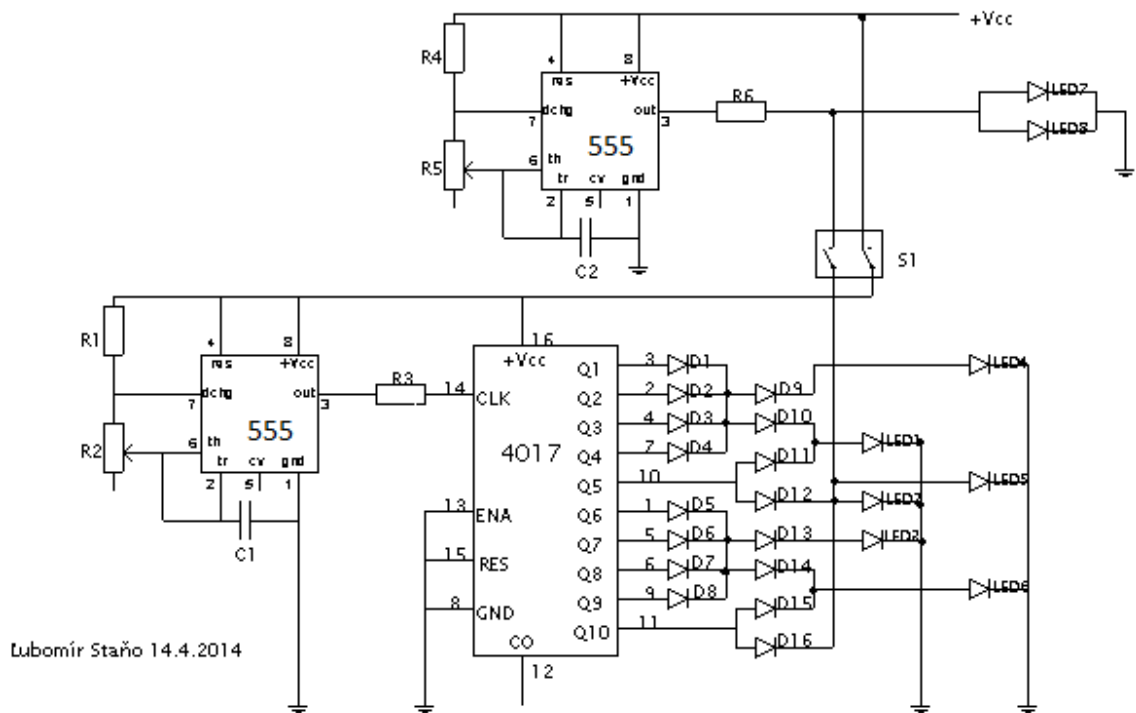
Takéto zapojenie má jednu nevýhodu a síce, že po zapojení schémy nie je možné meniť pomer intervalu prechodového signálu (kedy svieti oranžová, prípadne spolu s červenou) k zvyšnej časti cyklu a touto schémou je pomer definovaný na 1:4. Ak by sme chceli zväčšiť pomer, potrebovali by sme čítač s viacerými výstupmi, prípadne bolo by možné nesymetrické zapojenie, kedy by napríklad zelená svietila na hlavnej ceste dlhšie, ako na vedľajšej.



Aby sa jednotlivé výstupy neskratovali za každý z nich musíme umiestniť usmerňovaciu diódu. Použili sme obyčajné schotkyho diódy – N4148. Prvé 4 výstupy (označené ako Q1 až Q4) teda po ošetroení usmernením spojíme a z nich vyvedieme dva výstupy rovnako opatrené diódami. Jeden výstup pripojíme k červenej dióde prvého signalizačného zariadenia a druhý k zelenej druhého. Tak budú svietiť súčasne pri nenulových signáloch na prvých štyroch výstupoch čítača. Aby sme vedeli dosiahnuť stav v intervale 5, potrebujeme pripojiť výstup Q5 na oranžové diódy oboch semaforov, avšak súčasne musí ostať svietiť červené svetlo na 1. semafore, takže musíme umiestniť ďalší rad diód, aby sme signálom Q5 neovplyvnili zelené svetlo 2. semafora. Analogicky sme postupovali podľa schémy cyklu až po Q10.

Ďalej som sa rozhodol na pripájacie pruhy križovatky osadiť blikajúce oranžové svetlá – LED7 a LED8. Použil som teda ďalší časovač 555 s rovnakým zapojením, pričom po empirickej skúške som použil hodnoty odporov 22k a 33k, kondenzátor 3.3μ, čím som dosiahol periódu približne 1,5 s. Aby to bolo trochu zaujímavejšie, výstup som cez dvojpólový prepínač pripojil aj k oranžovým

diódam semaforov, teda je možné ich prepnúť do „ostaveného (blikajúceho)“ režimu, kedy sa zároveň odpojí napájanie obvodu 4017:

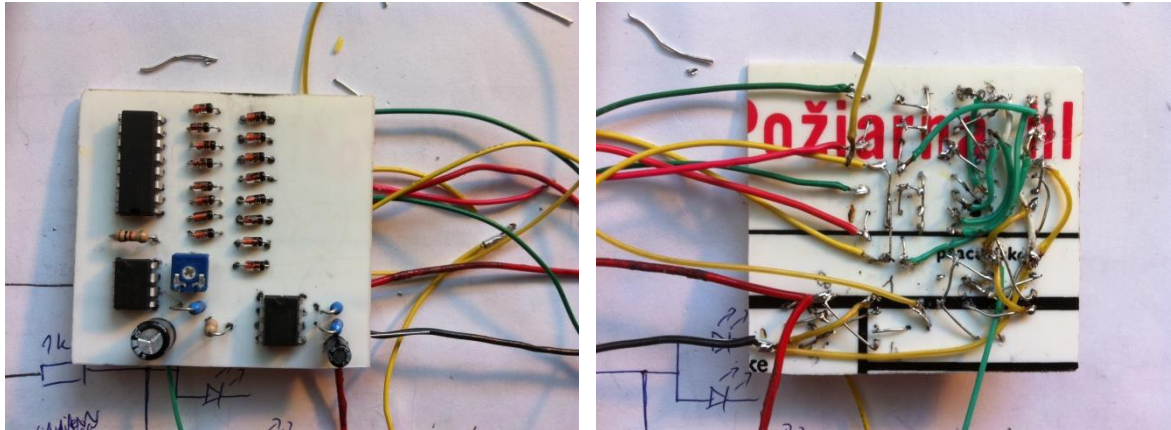


Zapojenie semafora na konštrukčnej doske

Samozrejme, ideálne by bolo navrhnuť systém, ktorý by umožňoval 3 stavy a teda predstavoval by modifikáciu oproti nášmu v tom, že by umožnil odbočenie doľava z hlavnej cesty pri pozastavení prejazdu oproti idúcich vozidiel. V skutočnosti sú paralelne k LED 4, 5, 6 pripojené

d'alšie 3 diódy, ktoré predstavujú signalizačné zariadenie protismeru na hlavnej ceste.

V budúcnosti sa možno budem touto otázkou zaoberať, dal by sa možno použiť ešte jeden čítač, ktorého vstupom by bol výstup prvého čítača...



Zapojenie obvodu napajania – neskôr ešte modifikované

Regulátor nabíjania

Ďalším z mojich projektov je stavba veternej turbíny, ktorej energii je potrebné uskladiť. V mojej balárskej práci sa venujem metóde uskladnenia elektrickej energie prostredníctvom výroby vodíka, za rozumný začiatok však pokladám použiť štandardné 12V olovené akumulátory. Alternátor pre turbínu som sa rozhodol vyrobiť svojpomocne, tak povediac na kolene, využitím len jednoducho dostupných materiálov. Jedná sa o trojfázový alternátor s permanentnými neodýmovými magnetmi rozmerov 30x12x5 mm s magnetizáciou N38. Magnety sú uložené na dvoch planparalelných kovových diskoch o polomere 200 mm na spoločnej osi, medzi ktorými sa nachádza stator. Inšpiráciou mi bolo množstvo internetových stránok, predovšetkým amerických. Celý systém som dimenzoval a navrhoval s pomocou doktora Michala Stana z oddelenia fyziky plazmy. Požadované napätie nabíjania (približne 14V) som chcel dosiahnuť pri 180rpm, ktoré by mal podľa niekoľkých výpočtov rotor trojlopatkovej horizontálnej turbíny o priemere 1,5m dosiahnuť pri rýchlosti vetra približne 4 až 4,5 m/s, ak zanedbáme odpor ložiska.

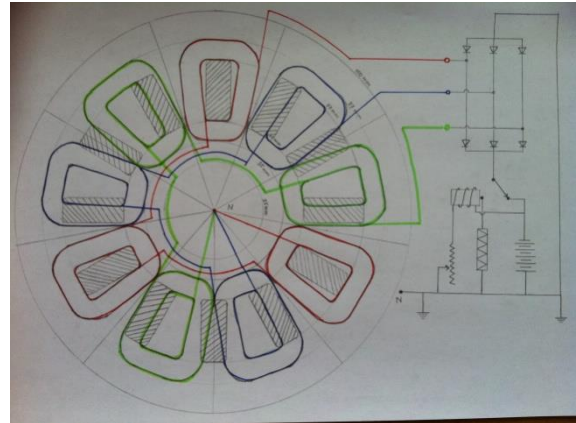
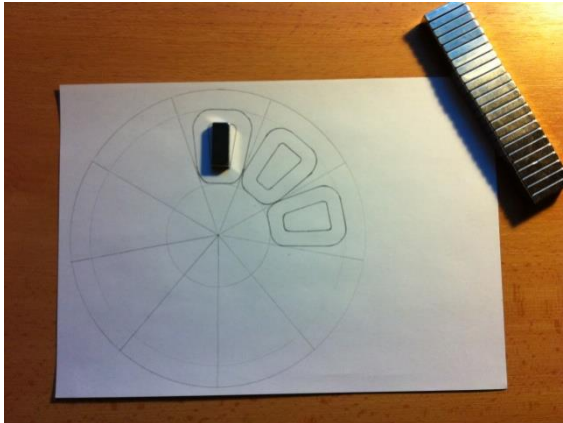
Cievky majú teda 250 závitov, priemer drôtu je 0,8 mm, každá fáza je tvorená tromi sériovo zapojenými cievkami so vzájomným uhlom 120° a celkovým odporom 3,8Ω. Z toho je možné urobiť odhad optimálneho výkonu jednej fázy ako:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{196}{3,8} \approx 50 \text{ W}$$

Z troch fáz by malo byť teda možné dostať okolo 150W, čo nie je až tak veľa, no ako experimentálny prototyp poslúži tento výrobok celkom dobre a v prípade, že sa preukáže jeho

spoľahlivosť, plánujem použiť väčšie, 10x silnejšie magnety s magnetizáciou N52, prípadne použitím 24 V systému bude možné dosiahnuť vyšší max. výkon zvýšením otáčok a prípadným použitím prevodu.

Usporiadanie magnetov striedaním polarity sa dosiahne budenie striedavého napätia na cievkach statora. Nakoniec obrázky poslúžia lepšie:

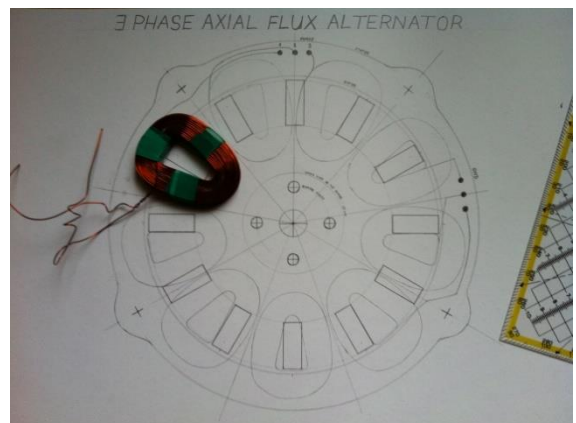
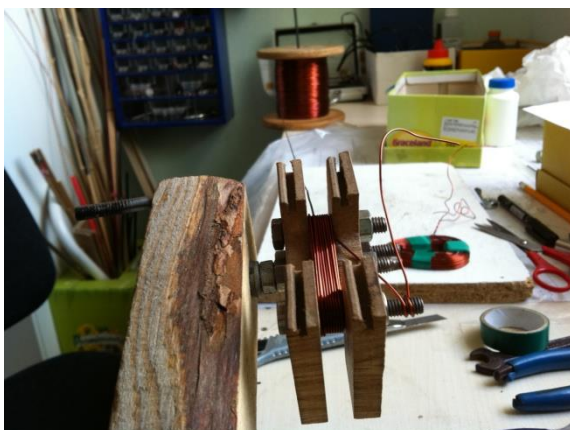


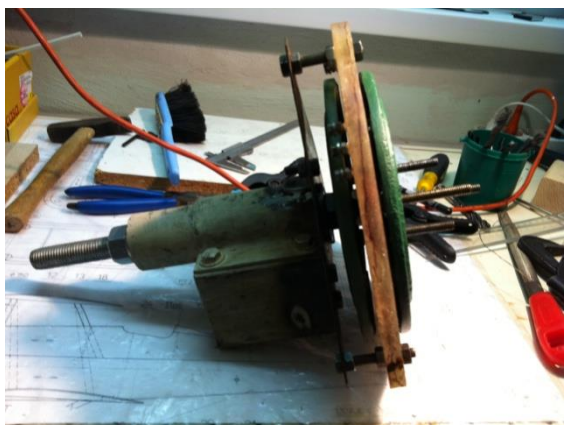
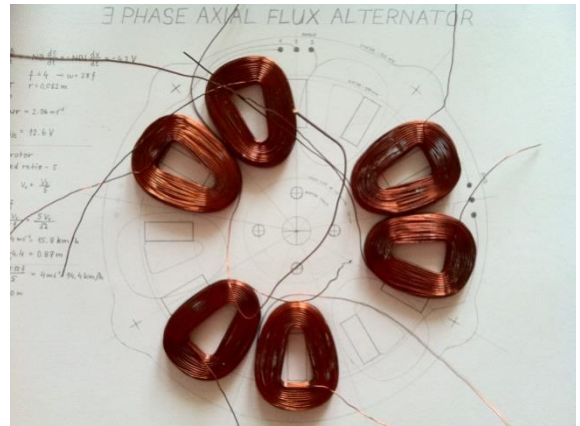
$$U_i = - \frac{d\Phi}{dt} = \frac{N \cdot B \cdot l \cdot dx}{dt} = N \cdot B \cdot l \cdot v$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow U_i = N \cdot B \cdot l \cdot \frac{2\pi R}{T}$$

$N = 250$
 $B = 0,3 T$
 $l = 3 cm$
 $R = 8 cm$
 $T \approx 0,25 \rightarrow f = 4$

$$\Rightarrow U_i = 250 \cdot 0,3 \cdot 0,03 \cdot \frac{2\pi \cdot 0,08}{0,25} = \approx 4,5 V \times 3 = \underline{13,5 V}$$





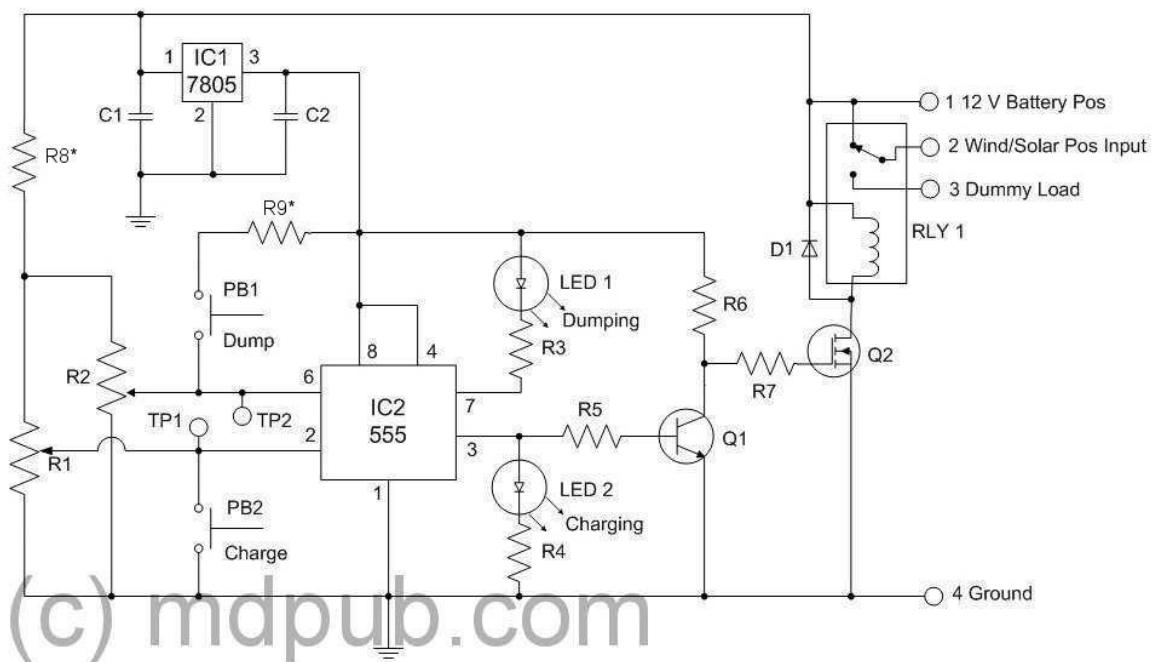


Tvar priebehu napätia s miernou aproximáciou pripomína sínusovku, avšak tým, že sú magnety o niečo užšie, ako by mali optimálne byť majú impulzy hranatejši a ostrejší tvar

Elektronické zapojenie regulátora nabíjania som prebral zo stránky

<http://mdpub.com/555Controller/>

555 Based Solar/Wind Charge Controller



Zapojenie sa mi páči z dôvodu toho, že je pomerne jednoduché a využíva len komparačné úrovne IO555 na spínanie relátka, ktoré smeruje usmernený výstup alternátora buď do batérie, alebo náhradnej záťaže, ktorá má úlohu elektrodynamickkej brzdy v prípade, že je batéria nabitá a fúka silný vietor, aby nedošlo k deštrukcii rotora pri vysokých otáčkach. Záťaž plánujem použiť

nastaviteľnú, napríklad paralelne zapojené žiarovky, ktoré môžu slúžiť ako malé vykurovacie teleso.

Zoznam súčiastok:

IC1 - 7805CV

C1 = 330nF, C2 = 100nF

IC2 – 555

R3, R4, R5, R6 = 1k, R1, R2 = 10k – potenciometre, R8, R9 = 330R, R7 = 100R

Q1 – tranzistor 1N2222

Q2 – IRF 540

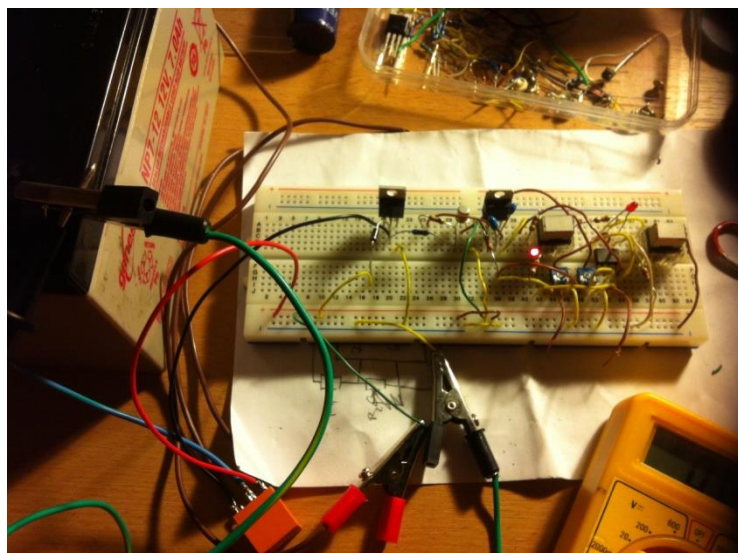
RLY – elektromagnetické relé 12V/15A

PB1, PB2 – tlačidlové spínače bez aretácie

LED1, LED2

Zapojenie som otestoval na experimentálnej doske a plánujem ho urobiť navevno do konštrukčnej krabice s osadeným LCD digitálnym voltmetrom a ampérmetrom, ktoré sú napájané stabilizovaným napätím 9V/2x15mA - 7809CV. Tým, že som schému prebral zo stránky sa nebudem tváriť, že zapojeniu dokonale rozumiem. V princípe je ale dôležité, že komparačné úrovne na pinoch 2 a 6 možno meniť zmenou napätia pomocou potenciometrov tak, že napájacie napätie 555 – 5V pri zmene napätia batérie ostáva konštantné vďaka stabilizátoru. Teda ak nastavíme požadované napätie zdroja – batérie na hodnotu, pri ktorej chceme zmenu výstupu na pine 3, nastavíme požadovanú komparačnú úroveň na 1,66V (pin 2) a 3,33V (pin 6) – $1/3$ a $2/3$ U_{cc} . Zapojenie je navrhnuté tak, aby pri vznikol požadovaný hysterézy efekt (aby pri zapojení alternátora na batériu existovala dostatočná „vôľa“ na to, aby následným nárastom napätia na batérii hneď magnetický stýkač neprepol do pôvodnej polohy. Takto nastavením spodného napätia na pine 2 (napr. 11V určíme dolnú hranicu, pri ktorej sa má prepnúť relé na kladný pól batérie, teda do polohy „nabíjanie“. Do polohy „odporová záťaž“ (uvedením do aktívneho stavu) sa prepne v prípade, že napätie batérie presiahne napätie, pri ktorom je na pine 6 3,33V, napr. 14 V. tlačítkami možno tieto stavy meniť v prípade, že sa napätie nachádza v danom intervale. Podbitie záťažou pod 10V je chránené priamo meničom DC/AC 12V/230V – 300W.

Video s činnosťou zariadenia môžem poskytnúť pri osobnom stretnutí, pretože má veľký formát.



Zapojenie regulátora