

Fakulteta za elektrotehniko
Univerza v Ljubljani

Tomaž Zaletel

MERILNIK KAPACITETE AKUMULATORJEV
(Seminarska naloga pri predmetu Elektronska vezja)

Ljubljana, 9. 10. 2000

UVOD

Kar se tiče polnilca za baterije, si lahko vse o njem preberete v reviji Svet ELEKTRONIKE (revije št. 9, april 1995, strani 22-24; št. 10, maj 1995, strani 23-25; št. 11, junij 1995, strani 25-27), tako da z njim nebi izgubljal besed. Moje delo pa je bilo narediti čim hitrejši in dokaj natančen (napake največ nekaj procentov) merilec kapacitete akumulatorjev (NiCd, NiMH) – (v seminarski nalogi bom pisal baterije, vendar se smatrajo kot mali akumulatorji) - in seveda to kapaciteto tudi prikazati. Da naprava ne bo imela možnosti samo polniti in samo meriti kapaciteto baterij, sem naredil še nekakšen vmesnik med njima, da se lahko to polnjenje in praznjenje izvrši večkrat (nastavimo recimo na n ciklov in potem se polnjenje in praznjenje izvrši n -krat). Moje vezje pa sem zaradi obsežnosti razdelil na nekaj manjših in jih poimenoval:

- analogni del,
- digitalni del,
- prikaz kapacitete,
- in prikaz ciklov.

Preden se lotim opisovanja posameznih vezij, moram napisati še moje zahteve, ki sem jih upošteval pri izgradnji vezja.

Ko sem opazoval polnilec ECS ter videl način polnjenja baterij, sem dobil idejo za praznjenje. Vsaka baterija naj se prazni s tremi praznilnimi tokovi, ki si sledijo od največjega proti najmanjšemu (zato, da se meritev izvede čim hitreje, a vendar čimbolj točno). Ker nisem imel ideje kakšni naj bodo te trije tokovi, sem najprej samo sestavil vezje, potem pa s preizkušanjem prišel do teh tokov. Praznjenje se izvede s praznilnimi tokovi $2C$, $1C$ ter $0.2C$ (C pomeni kapaciteta baterije).

1. Analogni del

Analogni del ima funkcijo praznjenja baterije preko upora $R10$. Že prej sem opisal praznjenje baterij s tremi tokovi. Izbiro med njimi opravlja $IC1$, ki je štiri vhodni analogni multiplexer, $R1$, $P1$ in $R2$ določajo napetost na vhodu $IC1$ in ko je izbran določen vhod, se preslika na izhod (kar je tudi funkcija $IC1$). Izhod $IC1$ je pripeljan na $IC2$ - operacijski ojačevalnik, ki je izbran tako, da ima čim manjšo offset napetost, da pri vhodni ničelni napetosti nebi imeli prevelike izhodne napetosti, ki bi povzročila praznjenje baterije. Ker operacijski ojačevalnik deluje v linearnem področju, sta obe vhodni sponki na istem potencialu in zato je tudi napetost na uporu $R10$ enaka napetosti, ki jo nastavimo s potenciometrom $P1$. $R1$, $P1$ in $R2$ so dimenzionirani tako, da lahko z njimi nastavljam napetosti, ki praznijo baterije s tokom od 24mA do 400mA ($R3$, $P2$

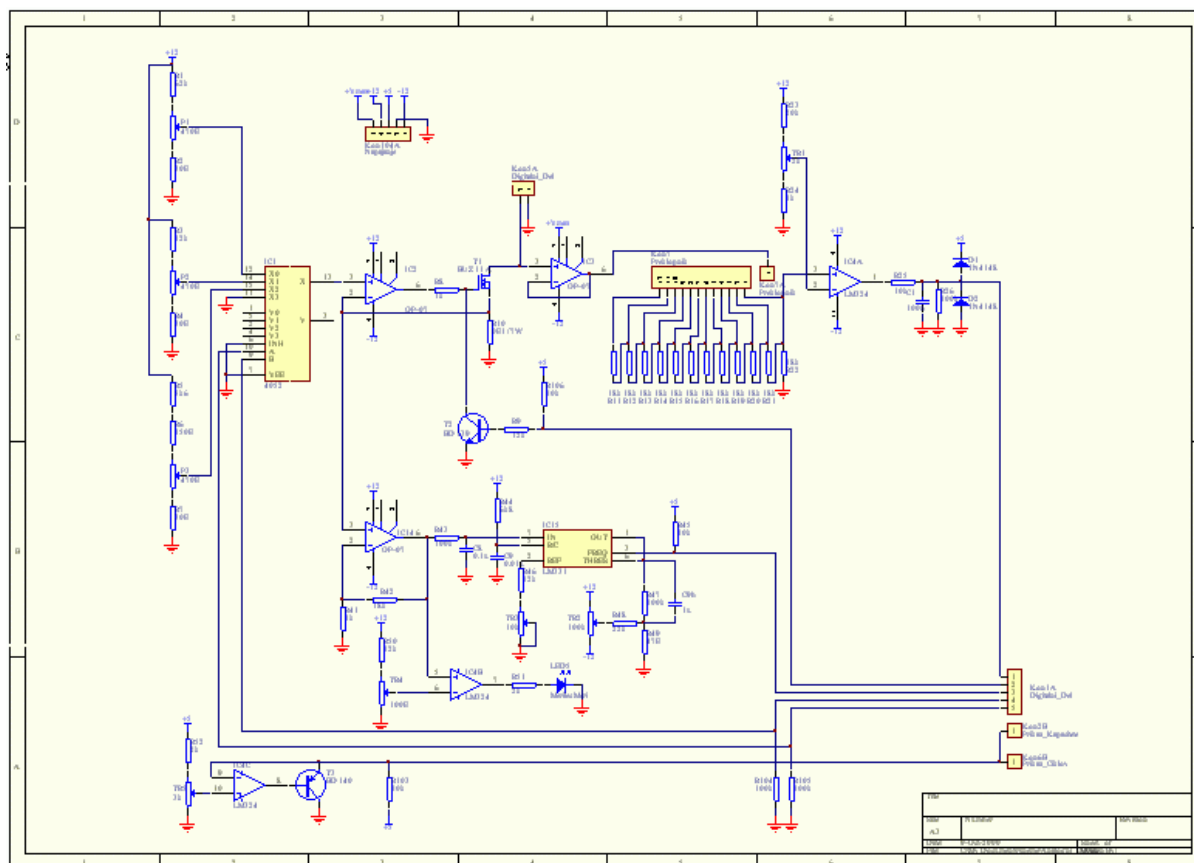
in R4 od 120mA do 2A, R5, R6, P3 in R7 pa od 240mA do 4A). Merimo lahko baterije, ki imajo kapaciteto od 120mAh (npr.: 9V baterija) pa tja do 10Ah (omejeni smo s prikazom kapaciete, ki je maksimalno 9999mAh, kar pa je za male baterijske vložke, ki jih uporabljamo več kot zadosti).

IC3 je uporabljen zato, da nam skozi uporovni delilnik R11-R22 ne teče tok, ki bi zmanjševal tok iz baterije in s tem točnost meritve. Z uporovnim delilnikom nastavimo število celic baterije in na IC4A nastavimo napetost s trimmerjem TR1 na približno 0.8V-0.9V (t.j. minimalna napetost ene celice pri kateri preklaplja IC1 in pod to vrednost ni dobro meriti, ker preveč izpraznimo baterije, ki se kasneje ne morejo več regenerirati). Izhod IC4A z diodama D1 in D2 zmanjšamo na napetost od 0V do +5V zato, ker izhod peljemo preko konektorja KON1A na digitalni del, ki dela na digitalni logiki (0V = logična »0«, +5V = logična »1«).

Kapaciteta baterije Q je podana z enačbo $Q = i \cdot t$. In če imamo konstanten tok, potem se kapaciteta povečuje linearno s časom oziroma obratno sorazmerno s frekvenco. Zakaj vse to? Zato ker integrirano vezje LM331 (IC15) deluje tako, da pri določeni vhodni napetosti daje na izhodu določeno frekvenco. Ker pa bi bila vhodna napetost v LM331 premajhna, jo ojači IC14 in sicer za faktor $\frac{R41+R42}{R41}$, ki je enak 19. S pomočjo IC4B vidimo na LED5 diodi tudi kdaj merilec meri. To je nastavljeno s trimmerjem TR4 in sicer na tisto najnižjo napetost na upor R10, s katero sploh še praznimo baterijo (ta tok je 24mA oziroma napetost na upor R10 2.4mV) in ko je napetost 2.4mV presežena LED sveti.

S trimmerjem TR5, IC4C in tranzistorjem BD140 določata svetlost prikaza LED displejev (prikaz kapaciete in prikaz ciklov).

Medtem ko nastavljamo praznilne tokove s potenciometri P1-P3 in merilec »miruje« (še ne meri), bi se baterije praznile, zato je uporabljen tranzistor T2, da tranzistor T1 ne more prazniti baterij.



Shema analognega dela

2. Digitalni del

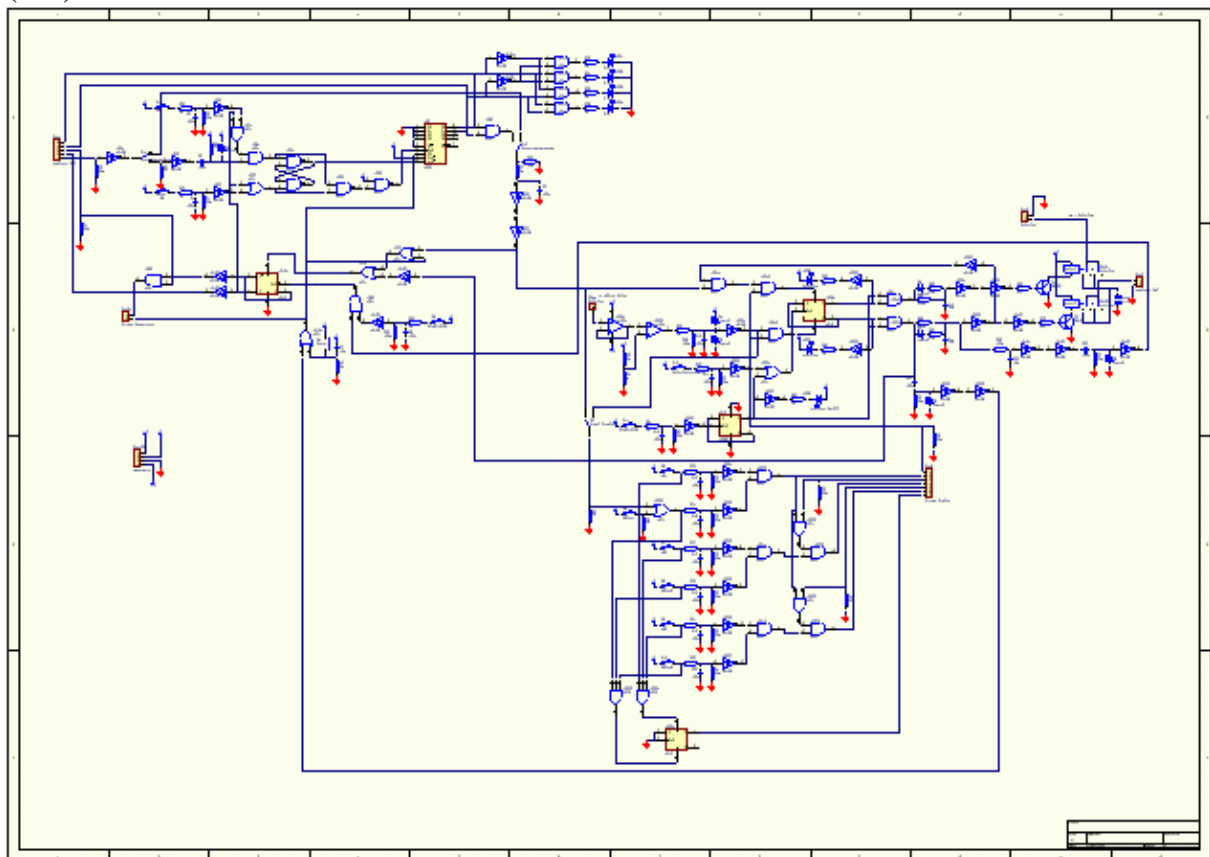
Vsi posamezni deli (analogni del, prikaz ciklov in prikaz kapacitete) in polnilec za baterije so priključeni na digitalni del.

Konektor Kon1 nam služi za povezavo z Analognim delom. IC9 je binarni števec navzgor/navzdol in sicer je uporabljen za izbiro praznilnega toka na analognem delu (izbere vhod na IC1). Tipki B1 in B2 sta namenjeni za ročno izbiro tega toka (stikali S1A in S1B sta nastavljeni na ročno tako kot prikazuje shema – stikali nastavljeni na ročno pomeni, da se baterija prazni samo s tem tokom, ki je izbran in nastavljen, medtem ko je nastavljeno na avtomatsko, vezje samo znižuje praznilni tok, dokler se dokončno ne ustavi praznjenje – t.j. pri najnižjem praznilnem toku in ko pade napetost ene celice pod nastavljeno napetost (cca. 0.8V – 0.9V – glej analogni del), če želimo prazniti z manjšim tokom kot je nastavljen tok s potenciometrom P3. Kateri vhod je izbran prikazujejo LED diode (LED1 – LED4) in sicer LED1 nastavitev 2C, LED2 nastavitev 1C, LED3 nastavitev 0.2C in LED4 končano merjenje kapacitete. S tipko B3 (Start/Stop) nastavimo začetek merjenja oziroma lahko tudi prekinemo le-to. Tipka B4 (Reset) postavi prikaz kapacitete na začetno stanje («0000»). Za izbiro med tem kako naj se konča naše polnjenje/praznjenje (če je baterija po končani uporabi polna ali prazna) je uporabljeno stikalo, ki nam omogoča izbiro

le-tega (na shemi je v položaju, da se zadnje izvede polnjenje. S tipko B12 preklaplamo med Polnilcem in Merilcem (LED 6 – polnilec in LED 7 – merilec – prikazujeta izbiro), s tipko B11 pa poženemo ali ustavimo polnilec/merilec. S tipkami B5-B10 nastavljamo število ciklov polnjenja in praznjenja (od 0 do 999). Za vsako tipko so še štirje elementi (dva upora, kondenzator in negator, ki ima histerezo), vsi skupaj pa so uporabljeni za odpravo motnje pri pritisku tipke (brez zaščite bi se enkratni pritisk zaradi motnje razumel kot večkratni pritisk – in s tem bi vezje nepravilno delovalo).

S tipko B12 izberemo polnilec ali merilec, medtem ko IC26A to tudi izvrši in ko pritisnemo tipko B11 (Start/Stop), da se začne polnjenje ali praznjenje, se eden od tranzistorjev (T4 ali T5) odpre in tako sklene enega od relejev rele (RELE 1 ali RELE2) in polnjenje ali praznjenje se prične. Toda preden se tranzistor odpre je uporabljena tudi zakasnitev, ki jo tvorita R64 in C13 za polnilec in R66 in C14 za merilec. Vendar pa bi prišlo pri cikličnem polnjenju do kaosa (ker sta obe konstanti za priklop in odklop enaki). Zato sta v vezju dodana še upor in dioda (D6 in R65 ter D7 in R67), ki povzročita, da se odklop merilca ali polnilca izvede preden se priklopi drugi od obeh. Časovna konstanta priklopa je cca. 1s, odklop pa cca. 0.2s, torej zadovoljivo, da se vezje umiri.

R86, R87, C22, C23, D9, IC42A, IC42B in IC42C so uporabljeni, da aktivirajo delovanje merilca. Izhod IC42C je zmeraj postavljen na logično »1« (+5V), ko pa se aktivira merjenje, na izhodu IC42C dobimo za kratek čas logično »0« (0V).



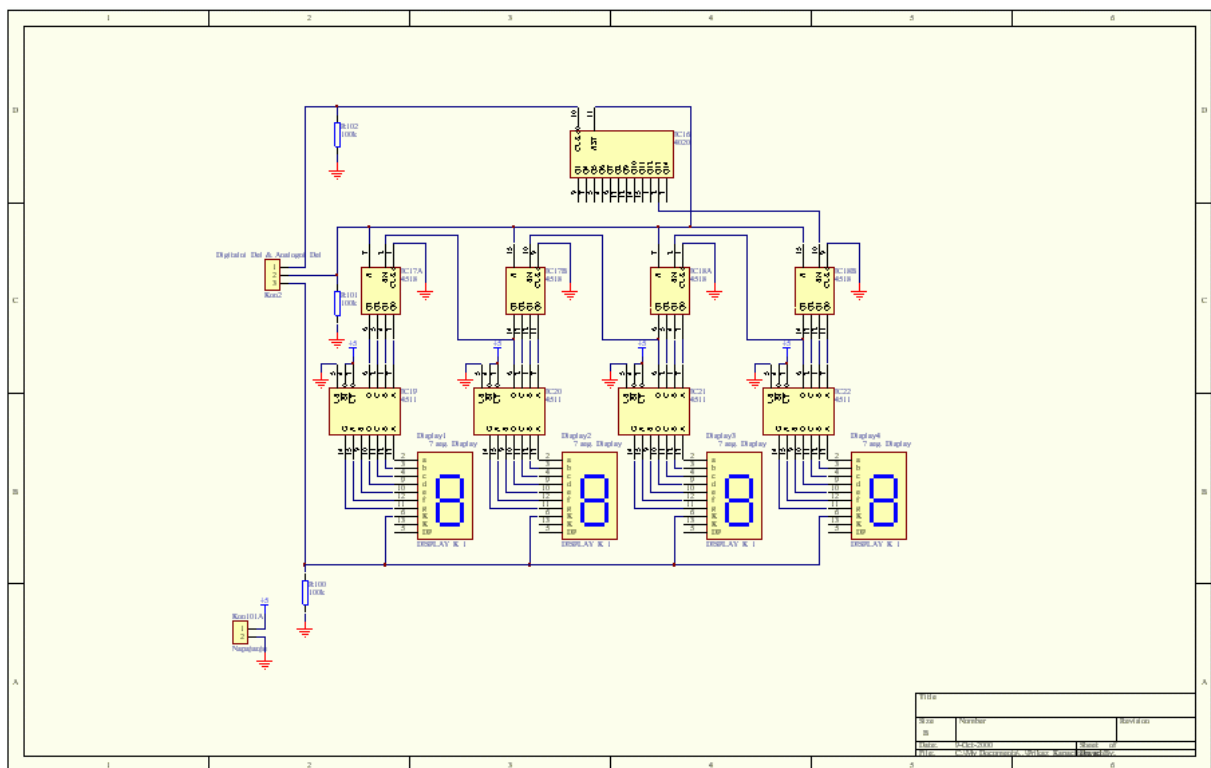
Shema digitalnega dela

3. Prikaz kapacitete

Ta del vezja dela kot števec, ki šteje impulse, ki jih dobi iz analognega dela in sicer iz IC15 (LM331), ki pretvarja praznilni tok v frekvenco.

IC 16 deli frekvenco z 2^{13} (8192), ker dobimo na izhodu IC15 frekvence od cca. 50Hz do cca. 8kHz, mi pa potrebujemo na prikazovalniku frekvence od 6mHz do 1.1Hz. Za primerjavo: če imamo baterijo kapacitete 900mAh in se meritev izvede v 45 minutah, se nam številke na prikazu spreminjajo povprečno na vsake 3 sekunde (če je meritev točna). Če nebi imeli delilnika frekvence, pa bi se nam spreminjalo 2730 v sekundi, kar bi bilo strahotno narobe.

IC17 in IC18 sta BCD števeca navzgor, medtem ko so IC19-IC22 pretvorniki iz BCD kode v displeju razumljivo kodo, torej 7 segmentno.

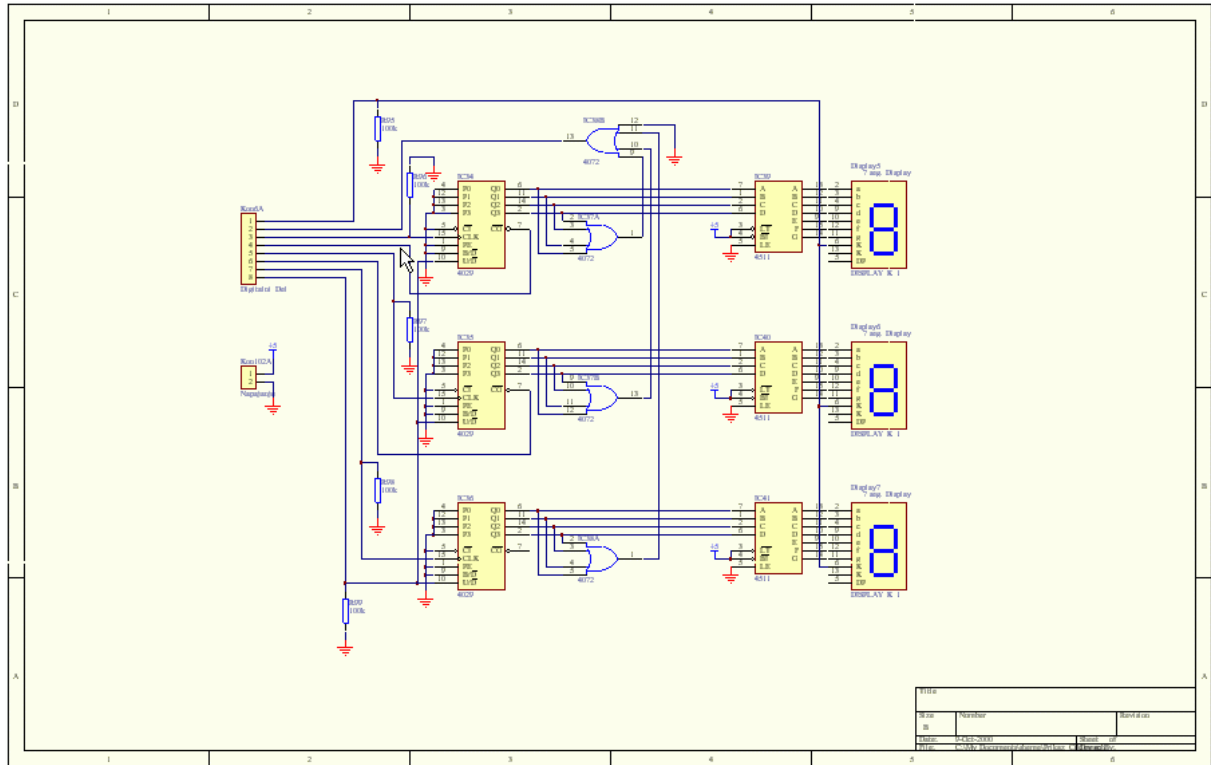


Shema prikaza kapacitete

4. Prikaz ciklov

Deluje podobno kot prikaz ciklov, le da tukaj štejemo navzdol. Prikazuje nam koliko ciklov praznjenja ali polnjenja se še mora izvesti. Na digitalnem delu vezja pa lahko tudi želeno vrednost polnitev in praznitev tudi nastavimo.

IC34-IC36 delujejo kot števeci navzgor ali navzdol. Medtem ko IC37 in IC38 skrbita za pravilno delovanje štetja. IC39-IC41 so pretvorniki iz BCD v 7 segmentno kodo, da lahko to prikažemo na LED displejih.



Shema prikaza ciklov

ZAKLJUČEK

Vežje bi bilo lahko veliko manjše, če ne bi uporabljal samo logičnih vrat, operacijskih ojačevalnikov in seveda uporov, kondenzatorjev, diod, ampak bi vse to naredil s pomočjo mikrokontrolerja. Vzrok je bil v tem, da nisem niti približno vedel, da bo na koncu vežje tako kompleksno, pa še naučiti sem se hotel nekaj ob izdelavi samega vežja.

Ko sem imel celotno vežje narejeno na protoboardu, mi je vse delalo enkratno. Ko pa sem prvič sestavil vežje na tiskaninah je včasih delalo, včasih ne. Ugotovil sem, da protoboard »vsebuje«
parazitno kapacitivnost, ki je bila v mojem primeru zelo pozitivna, saj je vplivala pozitivno na razne motnje med delovanjem vežja, vendar pa mi zato na tiskaninah ni delalo kot bi bilo treba. Ko sem dodal vsem čipom še kondenzatorje med plus in minus napajanje (pod sam čip), mi je vežje delalo, tako kot je treba.

Natančnost merilnika sem opravil tako, da sem s pomožnim usmernikom nadomestil baterijo in v časovnem obdobju ene ure, pri konstantnem toku (meril sem pri različnih tokovih – torej več meritev), meril kapaciteto. Izračunal sem, da je napaka merilnika manjša od 0.2%. Zelo zadovoljen bi bil že z 1% natančnostjo.

Celotno merjenje baterij traja od okoli 35 minut pa do okoli 50 minut. Vse je odvisno od tega, koliko novo in dobro baterijo še imamo.