

Pieni ja tehokas Led-taskulamppu

Markku Kauppinen

Tässä taskulampussa on käytetty hyväksi P-kanava FET vakiovirtaregulaattorikytkentää, jolla lampulle saadaan jatkuva tasainen valoteho jännitteestä riippumatta ja paristojen kapasiteetti voidaan käyttää mahdollisimman loppuun asti.

Led ei ole ihan tavallinen lamppu

Led-lampun käyttö poikkeaa tavallisesta hehkulamppusta hyvin paljon. Ledeissä on käyttöjännitteen ylitettävä tietty kiinteä kynnysjännite, jota alemmalla jännitteellä ei led loista lainkaan. Toiseksi, kun kynnysjännite ylittyy, syöksyy virta ledistä läpi samalla tavalla kuin tavallisen diodin läpi. Ledissä ei ole mitään merkittävää jännitehäviötä aiheuttavaa vastusta ja virran rajoittajaa, kuten on hehkulamppussa. Kun käyttöjännite nostetaan yli kynnysjännitteen, virta ledin läpi kasvaa kuten oikosulussa, kunnes ledi palaa tai virtalähde kuukahtaa.

Ledin kanssa käytetäänkin hyvin yleisesti vastusta sarjassa, joka onkin paras ja yksinkertaisin ratkaisu kun käyttöjännite pysyy tasaisena koko ajan.

Käyttöjännitteen tulee olla sopivasti yli ledin kynnysjännitteen. Etuvastus ja sen mukainen ledin läpi menevä virta lasketaan nimenomaan ylimenevälle jännitteelle. Vastus tulee laskea niin että ledin maksimi virta ei ylity kun käyttöjännite on maksimissaan.

Liian suuri käyttöjännite tuhlaa turhaan tehoa ja etuvastuksen tehonkeston pitää olla mahdollisesti isompi.

Liian pieni käyttöjännite taas aiheuttaa sen että pienikin jännitteen tippuminen johtaa nopeasti virran tipahtamiseen.

Taskulampuissa on alettu laajalti käyttämään ledejä niiden hyvän hyötysuhteen ja pienen virrankulutuksen takia. Ledin näennäisesti pienen virrankulutuksen perusteella valaisimissa onkin jo trendinä mainostaa lähes mielikuivituksellisia toiminta-aikoja ja paristonsäästöä. Aika on saatu yleensä jakamalla pariston ampeeritunnit ledin viemällä virralla.

Mutta miten ollakaan, monen valaisimen "säästökyky" ei yllä edes lähelä tavallista taskulamppua.

Kun paristot hiipuvat

Usein ledilampussa on yksi tai useampi ledi ja siinä käytetään kolmea kynä- tai sormiparistoa. Lampun käyttöjännite on siis alussa 4.5 voltia. Etuvastus on laskettu tämän maksimijännitteen mukaiseksi ja tilanne on alussa hyvä kun paristot ovat täynnä.

Alkali- ja ruskohiiliparistojen kapasiteetin lasku näkyy lähes lineaarisena jännitteen laskuna. Alussa jännitteen tippuminen on jonkin verran nopeampaa, kuten myös pariston lähetessä loppuaan. Jännitteen lasku on siis lievästi S-käyrän muotoinen pariston käyttökelpoisella jännitealueella, jossa 0.8 V pidetään pariston kapasiteetin loppumisasteena. Kokonaisjännite on kolmella paristolla tällöin 2.4V (neljällä paristolla olisi 3.2V).

On ymmärrettävää että kolmen pariston lampussa ei paristoja voi käyttää ainakaan täysin loppuun saakka, koska jo ledin syttymis/kynnysjännite on ainakin 3.3 voltia.

Mutta miten ajoissa käyttökelpoinen puhti jo sitten loppuukaan?

Oletetaan että ledejä on vain yksi. Tälle on laitettu etuvastus 25mA mukaan. Käytetyn valkoisen ledin kynnysjännite on 3.5 voltia @25mA jolloin etuvastuksen arvoksi saadaan:
$$(4.5V - 3.5V) / 25mA = 1 / 0.025 = 40\text{ohmia.}$$

Käytetään lähiarvoa 39 ohmia, jolloin virta on hilkun yli 25mA, kun paristot ovat täynnä.

Kun pariston kapasiteetista on käytetty vain 10%, on jännite tippunut jo 1.35 volttiin. Mitä tekee jo tuo 10% kapasiteetin tippuminen? Käyttöjännite on nyt yhteensä 4.05 voltia. Virta etuvastuksen yli onkin nyt vain $(4.05V - 3.5V) / 39\text{ohm} = \text{noin } 14\text{mA}$. Siis virta on tippunut jo 40% ledin läpi. Samoin on tippunut valoteho myös.



Ja tästä eteenpäin:

- kun paristoista on käytetty 20%, on niissä jännitettä 3.9V ja virta on vain 10mA; lamppu on jo selvästi himmeä
- kun paristoista on käytetty 33% niin virta on n. 6mA ja heität paristot jo varmuudella pois "täysin loppuun käytettyinä"

Nyt paristot voi hyvin siirtää tavalliseen hehkulamppuvalaisimeen ja yllätys; se toimii varmasti vielä yhtä pitkään kuin toimi ledivalaisin, joka paristot "tyhjänsi".

NiCd tai NiMH akkuja käytettäessä (á jännite 1.25V) on kolmen pariston valaisin aivan toivoton.

Vain harvoissa halvoissa ledivalaisimissa on käytetty muuta tekniikkaa kuin etuvastus. On kuitenkin olemassa valaisimia, joissa käytetään pientä hakkuripiiriä tuottamaan ledeille tarvittava jännite ja virta, jolloin jopa yhdellä 1.5V paristolla voidaan tehdä toimiva valaisin. Nämä valaisimet ovat ainakin toistaiseksi varsin kalliita, kuten ovat tähän tarkoitukseen myytävät piiritkin. Rakentelussa ne ovat testattavuudeltaan hankalia ja niissäkin on omat häviönsä.

Lisää jännitettä ja vakiovirtaa

Paras ja vielä varsin yksinkertainen ratkaisu onkin käyttää neljää 1.5V paristoa yhdessä pienihäviöisen fet-vakiovirtaregulaattorin kanssa.

Vakiovirtaregulaattori päästää lävitseen jännitteestä riippumatta, vain ennalta asetetun virran. Valoteho on tällöin koko ajan maksimi ja paristojen kapasiteetista riippumaton. Yhden lisäpariston ansiosta paristot voidaan käyttää lähes täysin loppuun, keskimääräisen 1/3 sijasta.

Ja vielä yksi pointti neljän pariston käytön puolesta. Yritäpä ostaa paristoja kolmen kappaleen erissä!

Lampun idea ja käyttötapa

Taskulampun muodon pitäisin olla nimenomaan taskuun sopiva. Etsin ja päähkäilin koteloa n. vuoden kunnes lopulta päädyin oheiseen mukavasti pyöristettyyn *Teko 10007* malliin, kun lopulta (monen väännön jälkeen) sainkin tarvittavat rojut mahtumaan siihen. Kotelo myös avautuu ilman työkaluja ja materiaali on helppo työstää.

Kytkimen ja ledit sijoitin aivan kotelon yläreunaan. Yhtenä tärkeänä ajatuksena on että lampulle voi tehdä pussukan kantohihnoineen, johon lampun voi sujauttaa. Näin lampun voi ripustaa kaulaan.

Remmi kannattaa varustaa myös lampun läheltä pikalukolla, jotta lampun saa nopeasti käteensä, ilman koko remmin poisriisumista. Remmin tekeminen liian pitkäksi "parempaa ulottumista varten", aiheuttaa ongelmia kyykistyessä kun lamppu kolisee ja tarttuu kiinni joka paikkaan.

Lamppua voi käyttää myös polku-pyörässä, johon ei tarvitse tehdä kuin yksinkertainen "mukiteline", johon lamppu tiputetaan yläkautta. Mitään lukitusta ei normaalikäytössä tarvita, jos teline vain on niin syvä että ledien ikkuna-aukko tulee juuri telineen reunan yli ja lamppu ei hölsky telineessä. Pyörällä pitää hyppiä ennen kuin lamppu tipahtaa.

Lampun rakentaminen

Elektroniikka

Ensin juotetaan kiinni paristopidin, joka myös liimataan kiinni piirilevyyn. Jos pidintä ei liimaa, menevät sen kontaktipinnit varsin pian poikki. Sitten tulee ledien ja muitten komponenttien vuoro. Fet-transistoria TR2 pitää mieluusti jopa taittaa poispäin ledeistä, koska se käy täysillä paristoilla varsin kuumana. Vain kytkin jätetään juottamatta, mutta kytkimelle menevät lyhyet kytkentälangat juotetaan.

Täytyy muistaa että pystysuunnassa ei ole liiemmätilaa. Transistoreita ei silti tarvitse laittaa aivan kiinni piirilevyyn. Riittää että komponentit eivät mene paristopitimen korkeuden yli. Paristopitimen kannattaessa piirilevyä, tulevat komponentitkin sopivalle korkeudelle. Juotoslangat pitää myös katkaista varsin lyhyeksi.

Piirilevy komponentteineen testataan ennen kuin se kiinnitetään koteloon. Kun kytkimelle tarkoitetut langat yhdistetään, pitäisi ledien syttyä.

Kotelon työstö

Ensin poistetaan sekä pohjasta että kannesta piirilevyn pitimet. Ne katkaistaan juuriaan myöten sivuleikkureilla. Kytkimelle (kytkimen sisältä ulos tulevalle vivulle) tehdään aukko vain pohjapuoleen, reunaan upottamalla. Kytkimellä ei ole kovin paljon tilaa, joten se pitää sijoittaa niin että toinen kiinnityskorvan pää kiillataan aivan kotelon kulmaan kiinni, kulmaohjaimen rakoon. Sitten merkataan vivun ääri-asetnot kotelon reunaan. Merkkien kohdalle tehdään hieman yli vivun leveyden syvyiset sahaukset. Sitten tehdään veitsellä haava pintaan ja pihdeillä sisäänpäin taittaen otetaan pala pois.

Kotelon kanteen tehdään ikkuna ledeille. Sen kooksi riittää 15 x 32mm kokoinen soikea aukko. Aukon keskipiste tulee 15mm yläreunasta. Tälle janalle tehdään ensin aukkoporalla kaksi 15mm reikää viereikkäin. Aukkoporan tulee olla hyvin reunoiltaan leikkaavaa mallia eli puuporatyyppiä.

Ennen kuin edetään ikkunantekovaiheeseen, on ensin kuitenkin tarkastettava miten kotelopuoliskot menevät yhteen. Muuten huomataan että ikkuna tuli tehtyä väärään päähän kytkimeen nähden. Laita puoliskot siis hetkeksi yhteen ja teippaa se pää kansi-puolesta maalarinteipillä, jossa on pohjapuolella kytkimen aukko.

Mitoitus tehdään ensin tarkasti maalarinteipin pinnalle kynällä, jonka jälkeen aukkoporien keskipiste puhkaistaan koteloon purasimella tai piirilevykalvaimella. Sitten otetaan maalarinteippi pois ja porataan aukot.

Kotelon identtisissä puoliskoissa on reunoissa kiinnikeklipsit ja ohjaimet, jotka estävät porauksen tasaisella alustalla. Porausta varten kannattaa tehdä jostain jätelevystä alusta, johon reunojen ulokkeet uppoavat. Tällöin kotelo ei myöskään pyörähdä poratessa. Kotelosta kannattaa kuitenkin joka tapauksessa pitää kiinni, koska poran mennessä läpi, voi kotelo ponnahtaa poraan tarttuessaan arvaamattomasti, jolloin kotelo voi haljeta.

Porausten välinen alue leikataan tai sahataan pois. Poistettavan alueen merkinnässä voi käyttää taas maalarinteippiä. Maalarinteipin pätkät liimataan sivuuttamaan aukot niiden ylä- ja alapuolelta. Täysin mustassa kotelossa tämä auttaa paremmin näkemään missä mennään, myös aukkoa viilalla trimmatessa.

Kasaus koteloon

Piirilevy tulee koteloon kiinni liimamalla ja pidon varmistamiseksi liimauksessa käytetään hyväksi koko paristopitimen alapuolista komponenttivapaata aluetta. Liimana pitää käyttää jotain täyttävää liimaa, joka myös hieman korottaa piirilevyä juotosten vaatiman pienen välin verran. Itse käytin hyvää kaksinkertaista tuplatarraa ja ainakin toistaiseksi piirilevy on pysynyt kiinni.

Paristopitimen on tultava aivan keskelle koteloa! Muuten kotelon jompi kumpi kiinnitysklipsi jumittaa tai koteloa ei saa lainkaan kiinni tai sen avaaminen on todella hankalaa. On hyvä esimerkiksi laittaa kansi päälle liimauksen jälkeen, jolloin kansi automaattisesti keskittää paristopitimen. Tuplatarratapauksessa piirilevy sijoitetaan ensin kanteen ja sitten pohja laitetaan paikoilleen ja vasta sitten painetaan piirilevy ikkuna-aukon kautta pohjaan kiinni.



Vasta kun piirilevy on hyvin kiinni kotelon pohjassa, aletaan kytkintä sovittelemaan paikalleen.

Ensin toinen kiinnityskorvan pää taitetaan siten että se ottaa tukea paristopitimen sivusta. Tämä varmistaa sen ettei kytkin voi painua sisään. Myös toista korvaa taitetaan aavistuksen, jotta se sopisi paremmin kotelon kaareutuvaan kulmaan ja kulmaohjaimen rakoon. Kytkentälankoja taitetaan tämän jälkeen siten että langat kampeaisivat kytkintä paikalleen, sekä sivusuunnassa että myös hieman kulmaan päin. Kun kytkin sitten pujotetaan kytkentälankoihin, pitäisi kytkimen pysyä lankojen painamana paikallaan, jonka jälkeen langat juotetaan kiinni.

Lopulta kytkin liimataan pikaliimalla korvistaan kiinni sekä paristopitimeen että toisella puolella kotelon kulmaan. Kulmaohjaimen mahdollisesti sohitu ylimääräinen liima on pyyhittävä heti pois. Paristopitimen puoleiseen korvaan voi myös korvan ja kotelon yhtymäkohtaan laittaa tikulla liimaa.

Kannen aukko peitetään muovisella ikkunalla sisäpuolelta. Itse käytin rikinäisen CD-levykannen palaa tähän tarkoitukseen. Liimasin sen ympärinsä kontaktiliimalla. Ikkunan pitää olla alle 3mm vahvuista, jotta kansi vielä varmasti mahtuisi kiinni. Mikään ei tietenkään estä liimaamasta ikkunaa ulkopuolelle, mutta siellä se varmimmin naarmuuntuu ja ikkunan saaminen nästisti koteloon kiinni on vaikeaa.

Itse tein kirkkaasta pellistä ledien ympärille heijastimen, mutta edes mittauksin en saanut eroa valotehoon. Käyttämäni 20° ledit eivät siis merkittävästi hukkaa sivuilleen valotehoa.

Fet-transistori TR2 lämpenee seitsemällä ledillä ilman jäähtytystä varsin kuumaksi, varsinkin silloin kun paristot ovat täynnä ja jännitettä vielä riittää. Tämä on normaalia. Mutta jos tässä esiteltyä kytkentää suunnittelee käyttävänsä jossain vielä useamman ledin sisältävässä kytkennässä, on kyseinen transistori jäähdytettävä.

Sormi eli AA paristoja käyttävä tehokkaampi malli on jo työn alla. AA paristojen/akkujen kapasiteetti kun on tällähetkellä parhaimmillaan jossain 2.5Ah:n paikkeilla.

Osaluettelo

R 1	-----	47k Ohm 1/4W
R 2 *	-----	Katso taulukko
R 3	-----	10 M Ohm 1/4W
TR1	-----	BC557B PNP transistori
TR2	-----	Esim. IRFU9024 P-FET transistori
Led	-----	Valkoinen led 1 - 7 kpl
Kytkin	-----	Pienoisliukukytkin 20mm
Paristopidin		- 4 x AAA pariston pidin

* Ledien määrä / R2 arvo /

Valaisuaika alkaliparistoilla

Ledimäärä R2 arvo / valaisuaika

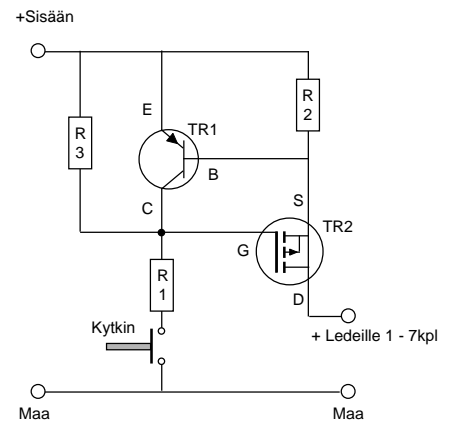
1	-----	18 ohmia / n. 40 tuntia
2	-----	10 ohmia / n. 22 tuntia
3	-----	6.8 ohmia / n. 15 tuntia
4	-----	4.7 ohmia / n. 10 tuntia
5	-----	3.9 ohmia / n. 8 tuntia
6	-----	3.3 ohmia / n. 6 tuntia
7	-----	2.7 ohmia / n. 5 tuntia

Alkaliparistojen kapasiteetiksi on oletettu yleinen hyvän AAA (LR03) alkalipariston kapasiteetti 1.2Ah. Akkukäytössä käyttöaika pitää laskea edelliseen suhteutettuna, akkujen kapasiteetin mukaan.

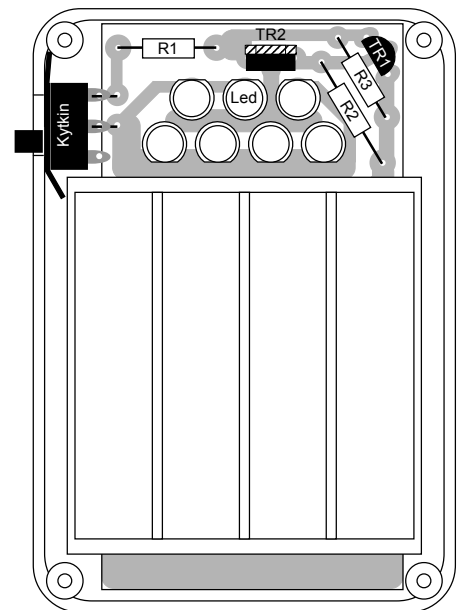
Paristojen tyhjetessä Fet-transistorin ohjauksen jännite alkaa olemaan vähissä. Kun paristoista on käytetty 75% (ja paristojen yhteisjännite on tällöin 4.5V) on virta tipahtanut 15%. Tämä ei ole kuitenkaan yhtä dramaattinen muutos kuin mitä se on ilman vakiovirtaregulaattoria heti alussa. Tämän pisteen jälkeen lampu kuitenkin alkaa tasaisesti himmennemään paristojen kapasiteetin mukaisesti. Vielä silloin kun paristoissa on 10% jäljellä, loistaa lamppu noin 40% himmenneenä.

Akuilla käytös on toinen, koska akuissa pysyy pitkään sama 1.2V kennojännite. Himmentyminen NiCd tai NiMH akuilla alkaa vasta kun kapasiteetista on käytetty 85%.

Kytkentäkaavio



Osien sijoittelu



Lue myös artikkeli "Vakiovirtaregulaattori P-kanava Fet-transistorilla" Ideaportin sivuilta. Artikkelissä sisältyy tässä taskulampussa käytetyn vakiovirtaregulaattorin tarkan toimintaselostuksen.



Minikokoinen yöpöytävalaisin

Tämän minikokoisen yöpöytävalaisimen teho on juuri riittävä yöllisillä "asioilla" käyntiin tai vauvan hoitoon ym.. Sen sytyttäminen ei häiritse muita tai aiheuta sellaista valoshokkia, kuin tavallisten valojen sytyttäminen. Piirilevy ja osat ovat samat kuin taskulampussa.

Rakentaminen

Osat ovat täysin samat kuin taskulampussa (yhden ledin mukaisesti). Ainoana erikoisuutena on sähkön vienti kannen läpi kaapelia pitkin varjostimeen. Ohut koaksiaalinen kaapeli (ø3-4mm) on tähän tarkoitukseen varsin siistiä ja myös sopivan jäykkää, jäädäkseen haluttuun asentoon. Kannen reiän on myös oltava hieman väljä, jotta kantta voidaan sujuttaa lyhyt matka ylös ja sitten kääntää sivuun, paristojen vaihtoa varten.

Kun piirilevyä ollaan liimaamassa kotelon pohjaosaan, pitää kaapelinpätkän jo olla juotettuna piirilevylle. Komponenttipuolella voidaan käyttää pientä määrää kuumaliimaa vedonpoistotarkoituksiin ja väsymiskatkeamisen estämiseen.

Oheisen kuvan varjostin on ø30mm ja sorvattu puusta. Sorvaustyö vaatii erittäin suurta huolellisuutta ja tarkkuutta. Varjostimen on hyvä olla ainakin suuntaava (ei ympärisäteilevä), mutta varjostimen muoto/rakenne ja elektroniikan koteloointi olisi kuitenkin hyvä jättää oppilaan omien ideointien varaan. Allekirjoittanut toivoisikin saavansa kuvia erilaisista muista näppärän näköisistä toteutuksista.

Askarteluliikkeissä on esim. myynnissä monenlaisia aihioita, kuten styrox-joulunkelloja ja muita koristeita, joita soveltamalla voi saada aikaan kivan näköisiä varjostimia. Jopa jokin muovikukka saattaa tulla kysymykseen.

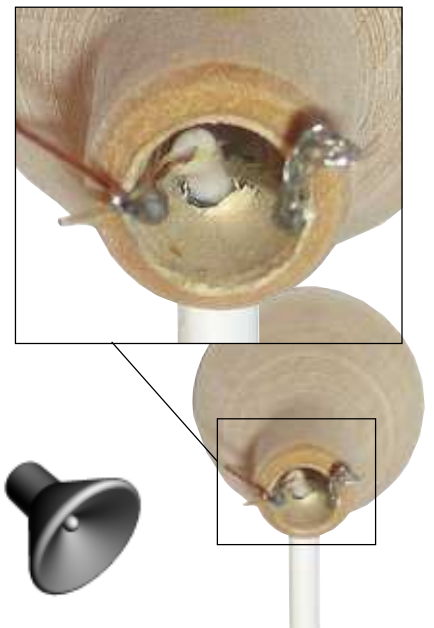
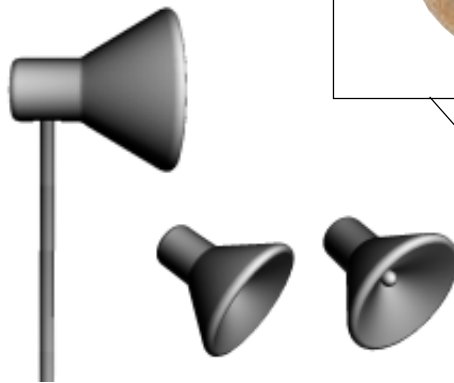
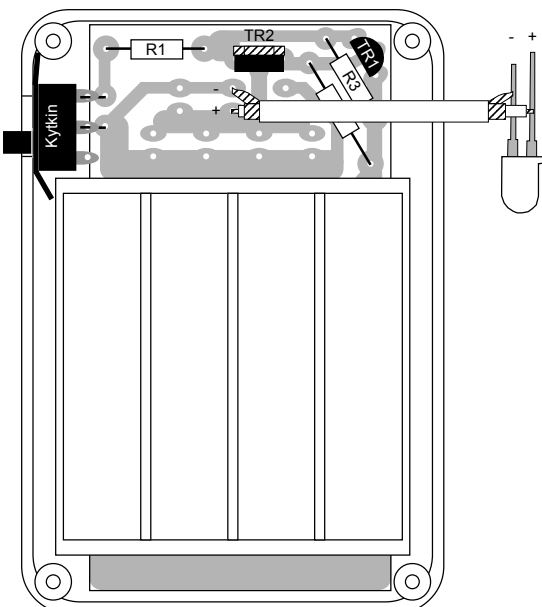
Kuvan varjostimessa ledi on työnnetty takaapäin koko ledin menevään reikään, jonka pohjalla on vain ø5mm kuvun mentävä lyhyt kavennus. Ledi pysähtyy kavennukseen, jolloin kuvun pyöreä laki tulee näkyviin heijastinpuolelta.

Lediä syötettäessä sisään, sen jalat on taitettu haralleen vaakasuunnassa. Jalkojen väliin syötetään sivureiän kautta kuorittu koaksiaalikaapelin pää, joka on esitaitettu työntymään kohti ledin syöttöaukkoa taaksepäin. Tulee olla huolellinen että pieneen tilaan ei synny haroittavien vaipan karvojen takia oikosulkuja. Tämä estetään kiertämällä vaipan karvat hyvin yhteen ja taittamalla keskilanka ja vaippaosa kulkemaan mahdollisimman erilleen sivusuunnassa, kohti ledin sivusuunnassa harottavia lankoja. Tämän jälkeen tarkistetaan vielä ledin napaisuus. Ledin anodi (pidempi lanka) kierretään koaksiaalikaapelin keskijohtimen kanssa yhteen ja katodi (lyhyempi) kierretään yhteen kaapelin ulkovaipan karvoihin.

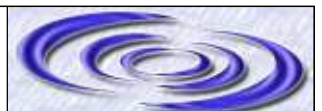


Nyt valaisin kannattaa testata ja jos ledi syttyy, juotetaan ledi kiinni. Ylipitkät langat katkaistaan ja aukko täytetään esim. akryylikitillä tai vastaavalla aineella siistiksi tulpaksi, joka samalla hoitaa vedonpoiston varjostimessa.

Ledinä 12000mcd@20° riittää jo varsin hyvin, mutta tätä kirjoittaessa saa jo 22000mcd@20° Nichian merkkilediä varsin edullisesti. Kun ledejä on kuitenkin vain yksi, niin valaisimelle ei tule ihan niin paljon lisähintaa kuin luksusledeillä varustetulle taskulampulle.



Ideaport - 1.1.2006



Teksti ja kuvat: Markku Kauppinen, markku.kauppinen@luukku.com
Piirilevyn valotusmaski pdf-muodossa:
www.welcome.to/ideaport