

60 LED-Arbeitsleuchte Schaltungsanalyse und Funktionsbeschreibung / Peter Krüger, den 09.04.2011

Im Februar 2011 hatte ALDI-Süd eine 60-LED Leuchte für einen Preis von € 9,99 . . . also € 10.- im Angebot. Die Garantiezeit betrug 2 Jahren. Ich erstand die Leuchte. Mich machte hauptsächlich die Ansteuerung der 60 LED's neugierig.. Zuhause wurde die Leuchte durch Ein- Ausschalten auf Funktionsfähigkeit geprüft und danach sofort in ihre Einzelteile zerlegt. Alle Led's sind parallel verdrahtet und sind über den Ein/Ausschalter und einem 1R-Serienwiderstand direkt mit der Batterie verbunden. Die Strombegrenzung wird mit dem 1R Serienwiderstand bei voll geladener Batterie auf maximal 700mA begrenzt, die anfallende Verlustleistung von immerhin 700mW wird in Wärme umgewandelt, leider. Für die Batterie wurde dagegen eine ausgefeilte Ladetechnik eingesetzt, Schaltungsbeschreibung siehe weiter unten.

Ansicht 60-LED Arbeitsleuchte



Zubehör:

Steckernetzadapter: Eingangsspannung 220V-AC, Ausgangsspannung +9V-DC, 500mA, unregelt



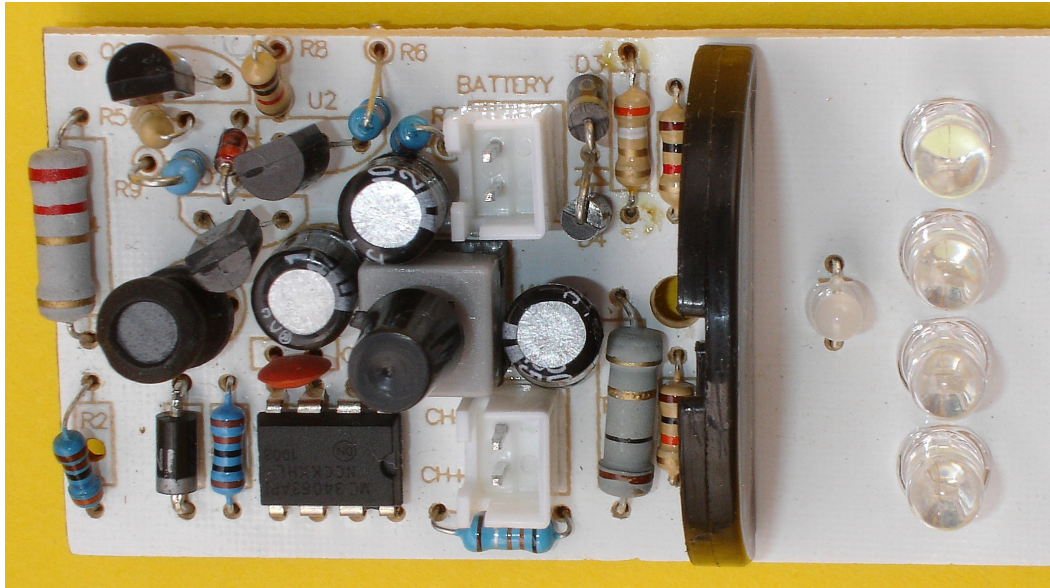
12V-Ladekabel mit Stecker für Zigarettenanzünder



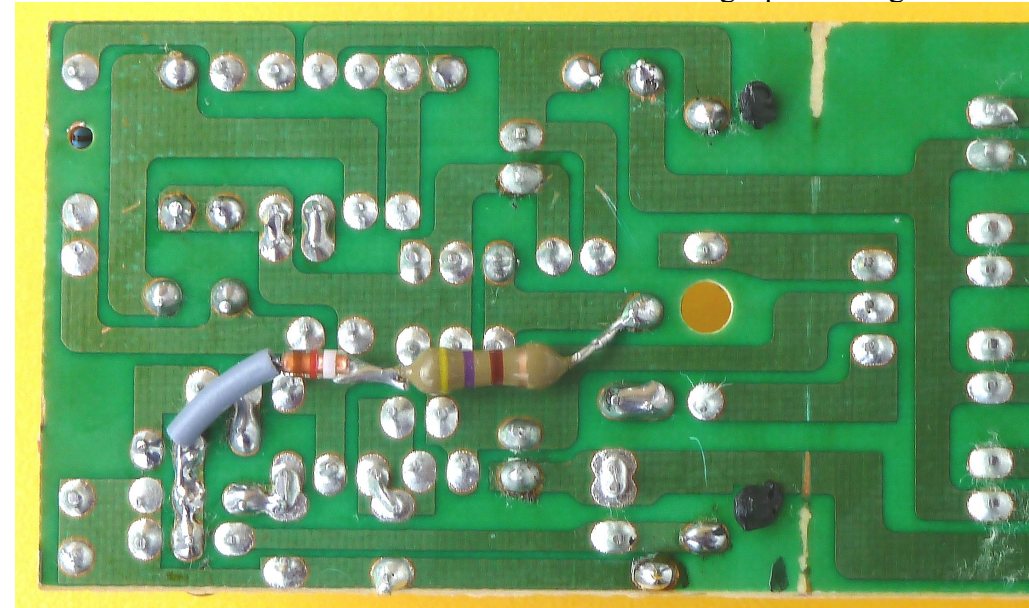
60-LED Display Ansicht



PCB Bauteilseite/CS



PCB Lötseite/SS mit Modifikation Schaltungsoptimierung



Technische Daten:

Stromversorgung: Drei Zellen AA Size Ni-MH Batterie Pack im Gehäusegriff. UB-nom 3V75 / 1.800mAh

Mitgeliefert wird ein analoges Steckernetzteil: Primär: 230-240V, 50/60Hz. Sekundär: Ungeregelte DC-Ausgangsspannung, +9V an 500mA Last.

Zubehör: Ladekabel mit Stecker für automotiv 12V-Zigarettenanzünder.

Leuchtdauer bei voll geladener Batterie etwa 3 Stunden. Ladedauer der tiefentladenen Batterie, 5 – 7 Stunden.

Der Ladezustandsanzeige durch Zweifarben LED: Rot = Ladezyklus „UB-Full-Charge“, Grün = Ladezyklus „UB-Trickle Charge“.

LED Anzeige: 60 Stk. 5mm white LED. LED-Leuchtintensität einer LED laut Hersteller: 13.000 mcd.

60 LED-Arbeitsleuchte Schaltungsanalyse und Funktionsbeschreibung / Peter Krüger, den 09.04.2011

Betr. die Schreibweise, Wertebezeichnung der Bauteile:

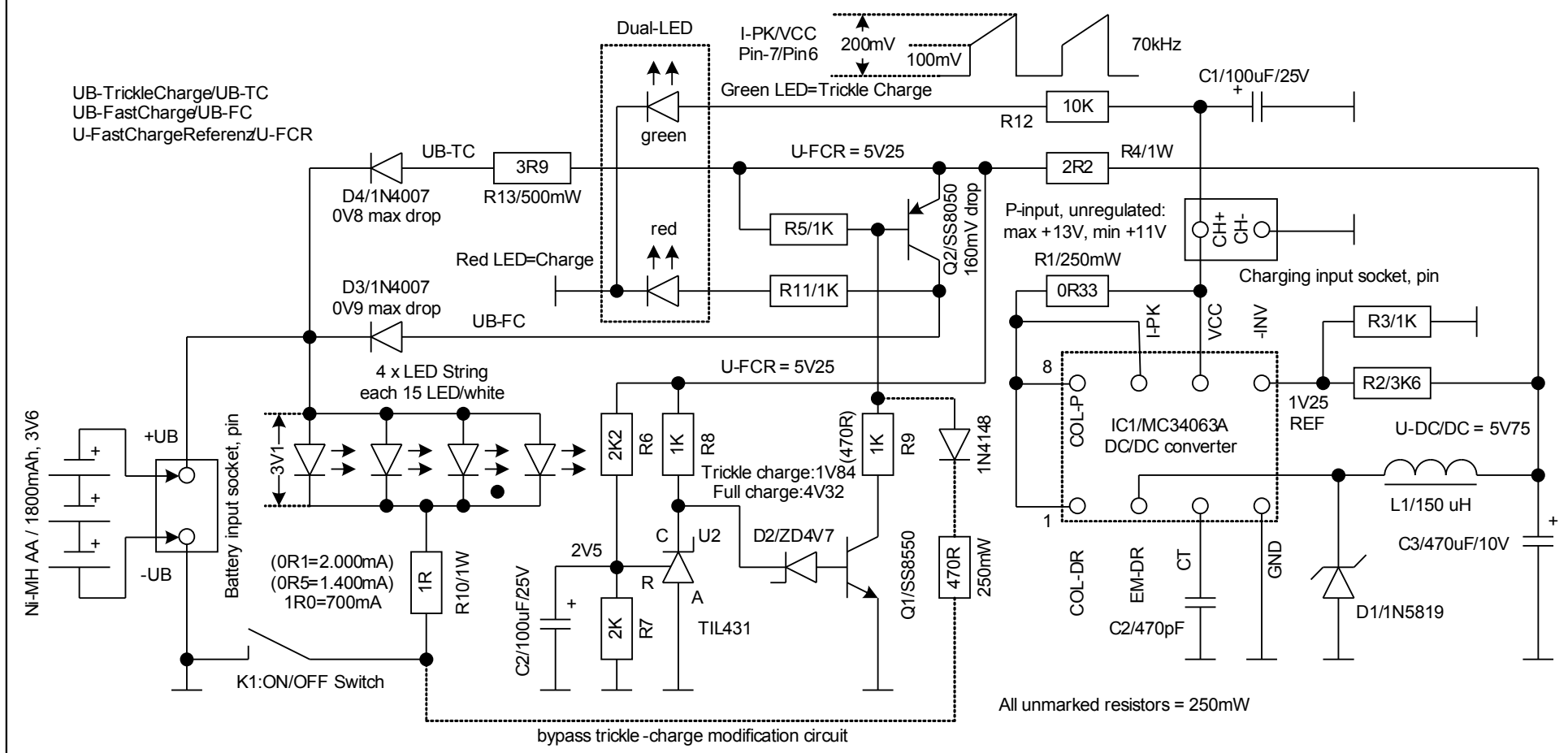
Komma und Dezimalpunkt:

Die europäische Zahlenbezeichnung vom Komma und Dezimalpunkt als Kommastelle oder Tausender Trennung hat im Gegensatz zu dem amerikanischen Zahlensystem genau die umgekehrte Bedeutung, hat schon zu vielen Missverständnissen und Fehlern beigetragen. Bei einer schlechten Kopie eines Stromlaufes kann auf diese Art und Weise schon mal ein Dezimalpunkt komplett verschwinden, ein Komma kann evt. als ein Dezimalpunkt gedeutet werden.

Deshalb meine Schreibweise: Aus 3,1V wird 3V1. Auf diese Art und Weise wird auch noch ein Zeichen gespart.

Display-LED's: Alle 60 LED's sind parallel geschaltet und haben eine nominale Vorwärtsspannung von 3V1.

Stromlaufanalyse: 60 LED Arbeitsleuchte / Peter Krueger 02.03.2011



60 LED-Arbeitsleuchte Schaltungsanalyse und Funktionsbeschreibung / Peter Krüger, den 09.04.2011

Leuchtdauer nur im Batteriebetrieb:

Batterie: nominale Zellspannung = 3V75, 1.800 mAh, 6,75Wh

Die Leuchte wird über den Schalter K1 eingeschaltet.

R10 ist in Serie mit den LED's geschaltet und dient als Strombegrenzung.

Spannungsabfall an R10: $3V75 - 3V1 = 650mV$. Strombegrenzung von R10: $I = U/R = 650mV/1 = 650mA$

Maximale Verlustleistung an R10 in mW: $P = U * I = 650mV * 650mA = 430mW$

Leuchtleistung der 60 LED's W: $P = U * I = 3V1 * 650mA = 2W$

Nominale Leuchtdauer: Batterie-Wh / nominalen Verbrauch in W = $6W75 / 2W = 3,4$ Std.

Die LED's verlöschen bei einer Spannung von $< 3V$ / UB-deep, die Batterie ist jetzt tiefentladen!

IC1/MC34063A DC/DC Wandler arbeitet als Buck-, Step-Down Converter.

Mit der internen Referenz von 1V25 und den beiden Spannungsteilern R2 und R3 wird die Ausgangsspannung U-DC/DC eingestellt.

$U-DC/DC = (R2+R3) * (IC1-Ref/R3) = (3K6+1K) * (1V25/1K) = 5V75$.

Mit R1 wird ein maximaler Strom von etwa 700mA eingestellt/begrenzt.

Im Strombegrenzungsbetrieb/current limit wird IC1 über 70° Grad warm!

Referenzspannung U-FastChargeReferenz/U-FCR:

U2-TIL431 ist Spannungskomparator mit einer internen Spannungsreferenz von 2V5.

Die Cathode ist ein o.C. Ausgang und arbeitet als Stromsenke. Im aktiven Klemmzustand ist das Spannungspotenzial von Cathode gegen GND + 1V8

Solange an dem Referenzeingang „R“ eine Spannung $< 2V5$ gegen GND anliegt ist Cathode „C“ hochohmig.

Bei einer Spannung an „R“ $> 2V5$ tritt der Klemmzustand ein, „C“ wird gegen GND leitend.

Die Klemmspannungsschwelle wird mit R6 und R7 eingestellt.

U-FCR = $(R6+R7) * (U2-Ref/R7) = (2K2+2K) * (2V5/2K) = 5V25$.

Spannungsabfall an R4: $U = R * I = U-DC/DC - U-FCR = 5V75 - 5V25 = 0V5$.

Strom in mA an R4: $I = U / R = 0V5 / 2R2 = 227mA$

Solange an R4 eine Spannungsabfall von $< 0V5$ anliegt und ein Strom von $> 227mA$ fließt, ist Kanal UB-FC eingeschaltet, sonst UB-TC.

Kanal UB-FastCharge/UB-FC:

Solange $U-FCR < 5V25$ ist der Cathodeneingang von U2 hochohmig, Transistor Q1 und Q2 sind leitend/durchgeschaltet.

Maximale Batteriespannung bei UB-FC:

$UB-max = UB-FCR - Q2-drop - D3-drop = 5V25 - 0V16 - 0V9 = 4V19$

I-FastCharge/I-FC:

$IB-nom = (U-DC/DC - U-FCR) / R4 = (5V75 - 5V25) / 2R2 = 0V5 / 2R2 = 227mA$, umschaltung auf Kanal UB-TC.

Im Batteriebetrieb und einer Leuchtdauer von länger 4h ist die Batteriespannung auf 3V abgesunken.

Batterieladung über Steckernetzteil, Kanal UB-FC ist eingeschaltet:

IB-max: $I = U / R = ((U_{DC/DC} - (UB_{deep} + D3_U-drop + Q2_U-drop)) / R4 = ((5V75 - (3V + 0V9 + 0V16)) / 2R2 = 768mA$

I-DC/DC max Strombegrenzung = 700mA. IC1 geht in den Current limit mode, die U-DC/DC Spannung sinkt etwas ab.

Verlustleistung von IC1:

Über den internen Darlingtonschalter entsteht ein Spannungsabfall von VCC nach dem Emitterausgang „EM-DR“ > 1V5.

Im Current limit mode entsteht eine maximale Verlustleistung von etwa 1W.

IC1 erwärmt sich dabei auf über 70°C.

Umschaltung von Kanal UB-FC nach Kanal UB-TrickleCharge/UB-TC, Anzeigewechsel LED-Ladungsanzeige rot nach grün:

Bei $U_{FCR} > 5V25$ wird der Cathodeneingang „C“ von U2 gegen GND leitend, Q2 wird über Zener-Diode D2/4V7 abgeschaltet.

Kanal UB-FC wird hochohmig, UB-TrickleCharge/UB-TC übernimmt jetzt die Ladungserhaltung der Batterie.

I-TrickleCharge/I-TC, die LED-Ladungsanzeige leuchtet grün:

$I = U / R = ((U_{DC/DC} - (UB_{nom} + D4-drop)) / (R4 + R13) = ((5V75 - (4V19 + 0V8)) / (2R2 + 3R9) = 125mA$

Die Batterie wird eine maximale Endspannung von 4V35 erreichen und dort stehen bleiben,

entspricht einer Batteriezellspannung von: $4V35 / 3 = 1V45$, ist i.O.

I-TC-min = $((U_{DC/DC} - (UB_{max} + D4-drop)) / (R4 + R13) = ((5V75 - (4V35 + 0V8)) / (2R2 + 3R9) = 98mA$, ist i.O.

Entspricht einer Ladungserhaltung von 1/18 der Batteriegesamtkapazität von 1.800mAh.

Problem bei geladener Batterie und eingeschalteten Steckernetzteil:

Leuchte ist eingeschaltet: Die Leuchte wird mit dem Strom von der Batterie, und dem Kanal I-TC/Ladungserhaltung versorgt.

Umschaltung von Kanal UB-TC nach UB-FC:

$UB_{min} = U_{DC/DC} - ((R13 * 227mA) + 0V5 + D4-drop) = 5V75 - ((3R9 * 227mA) + 0V5 + 0V8) = 3V56$.

$3V56 / 3 = 1V19$ pro Zelle, die Batterie ist jetzt fast entladen.

Schaltungsoptimierung durch 470R und Diode:

Die Q2-Basis wird mit über Widerstand 470R und Signaldiode mit dem Ausgang von Switch K1 verbunden/verlötet.

Die Diode verhindert im ausgeschalteten Zustand der Leuchte eine Kriechstromentladung der Batterie über die Bauteile der Schaltung und der LED's.

Die Optimierung hat im ausgeschalteten Zustand der Leuchte keinen Einfluß auf die Ladefunktion von Kanal UB-FC & UB-TC.

Steckernetzadapter ist eingeschaltet:

Bei einschalten der Leuchte wird Kanal UB-FC zwangsweise miteingeschaltet, die Stromversorgung erfolgt nun von der Batterie und der U-DC/DC Versorgung.

Die Leuchtdauer ist infinit solange der Netzadapter in Betrieb ist, Die Batterie wird nach etwa 5h auf etwa die Hälfte ihrer Kapazität entladen sein.

Wichtiger Hinweis: Durch das auseinandernehmen der Leuchte und die nachträgliche Modifikation ist die Garantiezeit erloschen!