

Shore Power Distribution Controller

1. Grundausslegung

Die Elektronik soll bei Vorhandensein eines Landanschlusses unter Verwendung eines Ladegerätes mit IUoU- Kennlinie dafür sorgen, dass sowohl die Starter Batterie als auch die Domestic Battery bank geladen werden, wobei die Starter Batterie Priorität genießt.

Dabei ist zu beachten, dass die IUoU- Fähigkeit des Ladegerätes nur von der Domestic Batterie bank voll ausgenutzt wird. Die Starter Batterie dagegen soll beim Einschalten des Landanschlusses mit maximalem Strom gespeist bis sie 13,8 V erreicht hat. Danach soll die Elektronik auf das Aufladen der Domestic Batterien wechseln, welche nun entsprechend der IUoU- Eigenschaften des Ladegerätes geladen werden sollen. Die Ladung der Domestic Batterien muss allerdings unterbrochen werden, wenn die Spannung der Starter Batterie (U_s) unter 12,75 V gefallen ist.

2. Dimensionierung Steuerelektronik

Ref. Anlage „Neraida Shore Power Charge controller“

2.1. Ansteuerung von T3

Der maximale Kollektorstrom von T3 ist identisch mit dem LEDd Strom vom 30mA, wobei die Vorwärtsspannung der LED $U_f = 2V$ beträgt.

Die typische Gleichstromverstärkung von T3 für $2mA \leq I_{C3} \leq 100mA$ beträgt laut Datenblatt ca. $h_{FE} = 235$. Aus Fig. 2 ergibt sich demnach, dass die Gleichstromverstärkung bei $I_{C3} = 30mA$ ebenfalls 235 beträgt und dass damit zur Ansteuerung des Transistors ein Basisstrom von $I_B = 0,13 mA$ benötigt werden. Aus Sicherheitsgründen wird der Basisstrom um den Faktor 7 größer gewählt d.h. $I_B = 1mA$.

Aus Fig. 1 entnimmt man bei einem Kollektorstrom von $I_{C3} = 30mA$ und einen Basisstrom von $I_{B3} = 1mA$ eine Kollektoremitterspannung von $U_{CE3(sat)} = 0,2V$. Bei eine Maximale Starterbatteriespannung von $U_{Smax} = 13,8V$ beträgt der LED Vorwiderstand:

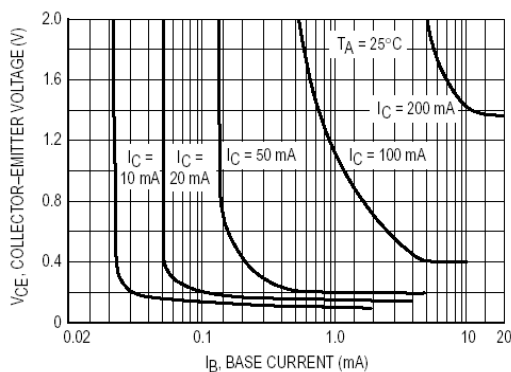


Fig. 1 Collector saturation region of BC546B

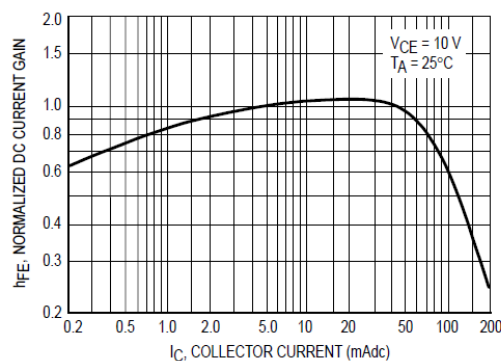


Fig. 2 Normalized DC current gain of BC546B

Shore Power Distribution Controller

$$R_{LEDd} = \frac{U_{S \max} - U_{CE3(sat)} - U_f}{I_{C3}} = \frac{13,8 - 0,2 - 2}{30} = 0,39k\Omega$$

Und wird durch 2 x 0,18kΩ (R12 + R13) realisiert. Die genannte Dimensionierung wird auch für den Vorwiderstand der LEDs (R9 + R14) verwendet.

Bei einem Kollektorstrom von 30mA erhält man aus Fig. 3 ein $V_{BE3(on)} = 0,8V$. Für ein sicheres Durchschalten von T3 bei $U_{smin} = 12,75V$ benötigt man demnach einen Basis Widerstand von:

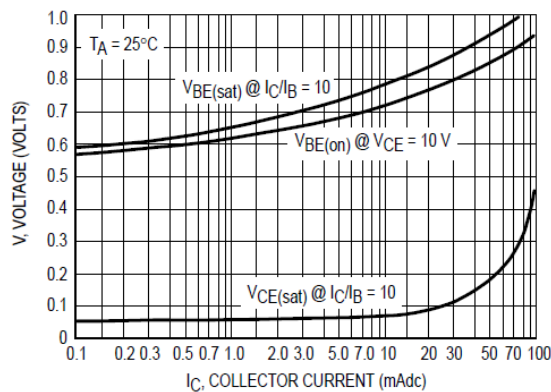


Fig. 3 Saturation and „ON Voltages“ (BC546B)

$$R_{11} = \frac{U_{S \min} - U_{D12} - U_{D13} - U_{BE3(on)}}{I_B} = \frac{12,75 - 0,6 - 0,6 - 0,8}{1} = 10,75k\Omega$$

Gewählt wird: R11=10kΩ

Ob T3 auch sicher über T2 gesperrt werden kann, wird unter §2.2. untersucht.

2.2. Ansteuerung von T2

Aus dem Datenblatt des Transistors 2N1711 entnimmt man, dass die Kollektoremitter Sättigungsspannung zwischen 0,5V (Typisch) und 1,5V (Maximum) schwanken kann. so dass Für die vorliegende Anwendung wird ein $U_{CE2(sat)} = 0,5V$ angenommen.

Das Relais Rel1 besitzt eine 80 Ohm Spule und verursacht bei dem Treibertransistor T2 bei $U_{CE2(sat)} = 0,5V$ und $U_{smax}=13,8$ einen Kollektorstrom von etwa 166 mA. Addiert man noch dazu 30mA LED- Last und einen Beitrag von etwa 1mA von R11, so beträgt der gesamte Kollektorstrom von T2 197mA. Laut Datenblatt weist der Transistor 2N1711 bei $I_c = 197$ mA eine h_{FE} von etwa 120 und benötigt demnach einen I_{B2min} von 1,64mA. Aus Sicherheitsgründen wird der Basisstrom um den Faktor 5 größer gewählt d.h. $I_B=8mA$.

Für ein sicheres Durchschalten von T2 bei $U_{smin} = 12,75V$ benötigt man einen Basis Widerstand von:

Shore Power Distribution Controller

$$R_{10} = \frac{U_{s\min} - U_{D9} - U_{BE2}}{I_B} = \frac{12,75 - 0,6 - 0,6}{8} = 1,44k$$

Gewählt wird: R10 = 1,2k

Ist T2 durchgeschaltet, so steht an der Anode von D11 eine Spannung von:

$$U_{CE2(\text{sat})} + U_{D11} = 0,5 + 0,6 = 1,1V$$

Zum Durchschalten von T3 wird aber an der Anode von D11 eine Spannung von:

$$V_{BE3(\text{on})} + U_{D12} + U_{D13} = 0,8 + 0,6 + 0,6 = 2,0V$$

Benötigt. Damit ist sichergestellt, dass T3 bei durchgeschalteten T2 gesperrt bleibt.

2.3. Ansteuerung von T1

Der maximaler Kollektorstrom von T1 überschreitet bei $R_{10}=1,2k\Omega$ nicht den Wert von 12mA. Für diesen Kollektorstrom erhält man aus Fig. 3 $V_{BE1(\text{on})} = 0,75V$. Für $2mA < I_{C1} < 12mA$ erhält man aus dem Datenblatt des Transistors BC549B schätzungsweise eine Gleichstromverstärkung von etwa $h_{FE} = 235$. Für die spezielle Anwendung erhält man dann aus Fig. 2 ebenfalls eine Gleichstromverstärkung von 235 und damit einen Mindestbasisstrom von $I_{B1\min} = 12/235 = 0,05mA$, und für ein sicheres Durchschalten von T1 demnach ein Basisstrom von $I_{B1} = 5 \cdot 0,05 = 0,25mA$. Damit erhält man für den Basisvorwiderstand:

$$R_{8\max} = \frac{U_{s\min} - V_{BE1(\text{on})} - U_{D7} - U_{D8}}{I_{B1}} = \frac{12,75 - 0,75 - 0,6 - 0,6}{0,25} = 43,2k\Omega$$

Gewählt wird: **R8 = 39kΩ**

Wenn man bei der Dimensionierung des Komparators dafür sorgt, dass sein „Output sink current“ (I_o) 5mA nicht übersteigt, so kann man laut Fig. 4 davon ausgehen, dass seine Ausgangssättigungsspannung (V_o) 0,5 V nicht überschreitet. Wählt man **R7 = 9,1k**, so ist die genannte Bedingung selbst für $V_o=0V$ erfüllt. I_o beträgt in diesem Fall:

$$I_o = \frac{U_{s\max}}{R7} + \frac{U_{s\max} - U_{D6}}{R8} = \frac{13,8}{9,1} + \frac{13,8 - 0,6}{39} = 1,86mA$$

und ist damit $< 5mA$. Bei einem I_o ca. 2mA und eine Umgebungstemperatur von 50° erhält man aus Fig. 4 ein $V_{o\max} = 0,2V$.

Die maximale Spannung welche in diesem Fall an der Anode von D7 liegt, beträgt dann:

$$V_o + U_{D6} = 0,2 + 0,6 = 0,8V$$

Shore Power Distribution Controller

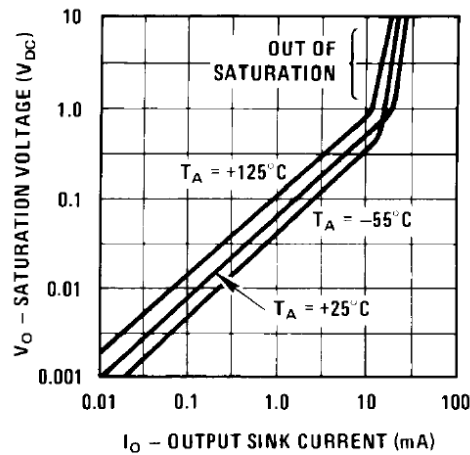


Fig. 4 Output saturation voltage (LM393)

Damit T1 durchschaltet, muss an der Anode von D7 eine Spannung anliegen von:

$$U_{D7} + U_{D8} + V_{BE1(on)} = 0,6 + 0,6 + 0,75 = 1,95V > 0,8V$$

Damit ist sichergestellt, dass im Komparatorzustand „0“ der Transistor T1 gesperrt bleibt.

2.4. Dimensionierung des Komparators

Der Komparator soll von „0“ auf „I“ bei $U_s > 13,8V$ wechseln und bei $U_s < 12,75V$ zurück auf „0“ gehen. Die Referenzspannung am Pin 2 wird auf 5V eingestellt. Unter §2.3. wurde unter Vernachlässigung der über die Mitkopplungswiderstände zufließenden Ströme bereits für den Komparator eine Ausgangssättigungsspannung von 0,2V ermittelt.

Bei der nachfolgenden Betrachtung werden R5/R6/P3 zu R_x und R2/R3/P2 zu R_y zusammengefasst. Die Ersatzschaltung beim wechseln von „0“ auf „I“ ist in Fig. 5 dargestellt.

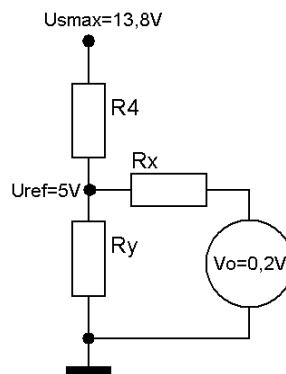


Fig. 5 Ersatzschaltung beim wechseln von „0“ auf „I“

Shore Power Distribution Controller

Daraus kann folgende Beziehung entnommen werden.

$$\frac{U_{s\max} - U_{ref}}{R4} = \frac{U_{ref}}{Ry} + \frac{U_{ref} - V_o}{Rx} \quad (1) \quad \text{bzw.} \quad \frac{8,8}{R4} = \frac{5}{Ry} + \frac{4,8}{Rx} \quad (2)$$

Die Ersatzschaltung beim wechseln von „I“ auf „0“ ist in Fig. 6 dargestellt. Daraus kann folgende Beziehung entnommen werden.

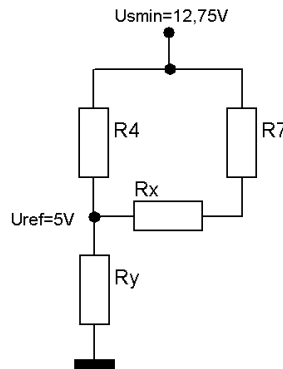


Fig. 6 Ersatzschaltung beim wechseln von „I“ auf „0“

$$\frac{U_{ref}}{Ry} = \frac{U_{s\min} - U_{ref}}{R4} + \frac{U_{s\min} - U_{ref}}{Rx + R7} \quad (3) \quad \text{bzw.} \quad \frac{5}{Ry} = \frac{7,75}{R4} + \frac{7,75}{Rx + 9,1} \quad (4)$$

aus den Gleichungen (2) und (4) lässt sich folgende Beziehung ableiten:

$$\frac{8,8}{R4} = \frac{7,75}{R4} + \frac{7,75}{Rx + 9,1} + \frac{4,8}{Rx} \quad \text{bzw.} \quad \frac{1,05}{R4} = \frac{4,8}{Rx} + \frac{7,75}{Rx + 9,1}$$

welche wiederum zu der unten angegebene quadratische Gleichung für Rx führt:

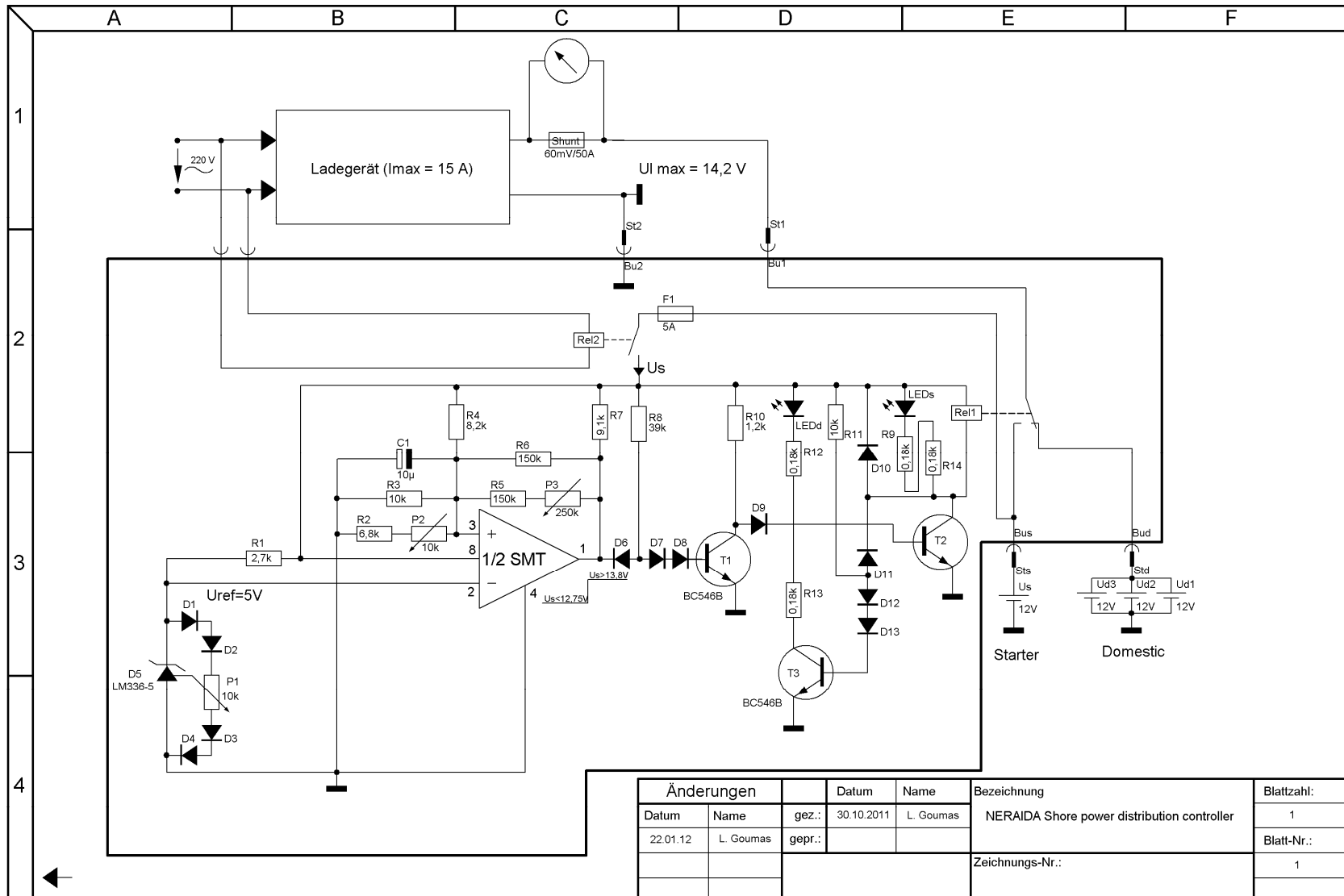
$$Rx^2 + (9,1 - 11,9524 * R4) * Rx - 41,6 * R4 = 0 \quad (5)$$

Zur Lösung von Gleichung (5) wird folgender Ansatz benutzt.

$$R_{x1,2} = \frac{11,9524 * R4 - 9,1 \pm \sqrt{(9,1 - 11,9524 * R4)^2 + 4 * 41,6 * R4}}{2} \quad (6)$$

Auf Grund der Tatsache, dass der Wurzel Ausdruck in Gleichung (6) immer positiv bleibt, kann R4 frei gewählt werden. Da die Komparator Eingänge relativ hochohmig beschaltet werden können, kann der Strom durch Ry auf etwa 1mA gesetzt werden, was dazu führt, dass **R4=8,2k** gewählt werden kann. Damit erhält man aus Gleichung (6) **Rx=92,6k**. Setzt man R4 und den soeben ermittelten Rx in Gleichung (2) ein so erhält man **Ry=4,9k**.

Shore Power Distribution Controller



Shore Power Distribution Controller

Stückliste

R1	= 2,7k
R2	= 6,8k
R3	= 10k
R4	= 8,2k
R5	= 150k
R6	= 150k
R7	= 9,1k
R8	= 39k
R10	= 1,2k
R12	= 0,18k
R13	= 0,18k
R11	= 10k
R9	= 0,18k
R14	= 0,18k
D1	= 1N4148
D2	= 1N4148
D3	= 1N4148
D4	= 1N4148
D5	= LM336-5
D6	= 1N4148
D7	= 1N4148
D8	= 1N4148
D9	= 1N4148
D10	= 1N4004
D11	= 1N4148
D12	= 1N4148
D13	= 1N4148
P1	= 10k
P2	= 10k
P3	= 250k
T1	= BC546B
T3	= BC546B
T2	= 2N1711
F1	= 5A
C1	= 10 μ
1/2 SMT	= LM 393
LEDs	= 5mm / 2V / 30mA / Nr. 144389 & Fassung / M8*0,75 / l=13,9mm / Nr. 185957
Bu2	=
Bu1	=
Rel2	= 230V/16A/1 Umschalter/Nr. 504255/6,63€
LEDd	= 5mm / 2V / 30mA / Nr. 144389 & Fassung / M8*0,75 / l=13,9mm / Nr. 185957
Bud	=
Bus	=
Rel1	= 12V / 150mA / 28x28x53mm / Nr. 504209