

Ali-Ihsan Söylemez

● Batteriebetriebene Vorschaltgeräte für 8-W-Leuchtstofflampen

In vielen mobilen Fahrzeugen wie PKW, LKW, Campingwagen und dergleichen gehört eine Innenbeleuchtung heute zu den Selbstverständlichkeiten der Ausrüstung. Kurzzeitbeleuchtung wird dabei mit Glühlampen vorgenommen. Bei längeren Beleuchtungszeiten stellt sich die Frage nach der Verfügbarkeit der dafür benötigten Energie und deren Kosten. Leuchtstofflampen sind dann eine interessante Alternative, da sie gegenüber Glühlampen nicht nur eine fünf- bis zehnmal höhere Lebensdauer haben, sondern, einschließlich des benötigten Vorschaltgeräts, bei gleicher erzeugter Helligkeit nur etwa ein Fünftel der Energie benötigen.

Funktionsbeschreibung

Bild 1 zeigt das Schaltbild des elektronischen Leuchtstofflampen-Vorschaltgeräts für 12 V Betriebsspannung, Bild 2 das der 24-V-Version. Beide Schaltungen sind für 8-W-Leuchtstofflampen dimensioniert. Sie haben Verpolungsschutz und Unterspannungsüberwachung. Der Lampenstrom wird dabei nicht stabilisiert.

Anlauf der Schaltung

Beim Anlegen der Batteriespannung U_E und nach der Freigabe durch die Unterspannungsüberwachung beginnt ein Anlaufgenerator, der aus den Transistoren T1 und T2 besteht, zu schwingen. Es handelt sich um eine astabile Kippstufe, deren Wiederholfrequenz vom RC-Glied R_1, C_2 bestimmt wird. Der Anlaufgenerator gibt an den Gatekreis des SIPMOS®-Transistors T3 Steuerimpulse mit einer Impulsdauer von etwa $0,5 \mu\text{s}$ ab. Der dadurch angesteuerte Transistor T3 erzeugt Span-

nungsimpulse am Transformator Tr 2, was zu einer gedämpften Schwingung am Serienschwingkreis Dr 2, C7 führt. Wenn nicht schon beim ersten Startimpuls die hochfrequente Eigenschwingung einsetzt, wird der gedämpften Schwingung durch wiederholte Startimpulse solange Energie zugeführt, bis ein ausreichend großer Schwingkreisstrom entsteht. Dieser wird über den Stromwandler Tr 1 zu den Gateelektroden der SIPMOS-Transistoren T3 und T4 rückgekoppelt, und somit wird die Eigenschwingung aufrechterhalten. Über die Diode D4 entlädt sich der Kondensator C2 im Takt der hohen Nennbetriebsfrequenz (75 kHz), wodurch der Anlaufgenerator zuverlässig stillgelegt wird.

Ansteuerung der SIPMOS-Transistoren

Der Schwingkreisstrom fließt über die Primärwicklung n_1 des Ansteuertrafos Tr 1 (Bilder 1 und 2), wobei in den Sekundärwicklungen n_2 und n_3 die Ansteuerspannungen für die Transistoren T3 und T4 induziert werden. Die internen Gate-Kapazitäten dieser Transistoren werden über die niederohmigen Widerständen R8 und R9 jeweils direkt

von den Trafowicklungen n_2 und n_3 aufgeladen bzw. entladen. Vor der Zündung sind die Spannungen an diesen Wicklungen höher als die zulässigen Gate-Source-Spannungen U_{GS} der SIPMOS-Transistoren. Daher wurde U_{GS} mit den Z-Dioden D6, D7 und den Widerständen R8, R9 auf 10 V (Bild 3 und Bild 4) und die negativen Halbwellen in Durchlaßrichtung auf etwa 0,7 V begrenzt.

Bereitstellung der Lampenzündspannung

Die SIPMOS-Transistoren T3 und T4 schalten abwechselnd je eine Primärwicklung des Transformators Tr 2 an die Eingangsspannung U_E . Die so in Wechselspannung umgewandelte Bordnetzspannung (8 bis 16 V beim 12-V- bzw. 19 bis 32 V beim 24-V-Gerät) wird hochtransformiert. Die rechteckförmige Spitzenwechselspannung an der Wicklung n_3 von Tr 2 beträgt (bei $U_{E \text{ Nenn}} = 13$ bzw. 28 V, je nach Gerät) etwa 180 V (Bild 5). Nach den Daten der Lampe (L 8 W/25 von Osram) ist die Brennspannung $U_L = 56$ V. Mit den in den Bildern 1 und 2 angegebenen Werten für C7, Dr 2 und mit der Dimensionierung von Tr 1 besteht vor der Zündung der Lampe (beim Einschalten mit $U_{E \text{ Nenn}}$) eine Leerlauffrequenz, wegen starker Sättigung des Trafos Tr 1, von etwa 110 kHz und die Spannung an C7 (Zündspannung der Lampe) beträgt durch Resonanzüberhöhung am Schwingkreis etwa 600 V (Spitze-Spitze). Nach der Zündung der Lampe bricht die Spannung (Bild 7) an C7 bzw. an der Lampe auf die Brennspannung zusammen (Bilder 6 und 7). Die Frequenz beträgt nach einigen Betriebsminuten etwa 75 kHz. Ältere

Ing. (grad.) Ali-Ihsan Söylemez,
Siemens AG, Bereich Bauelemente,
Anwendungstechnik, München

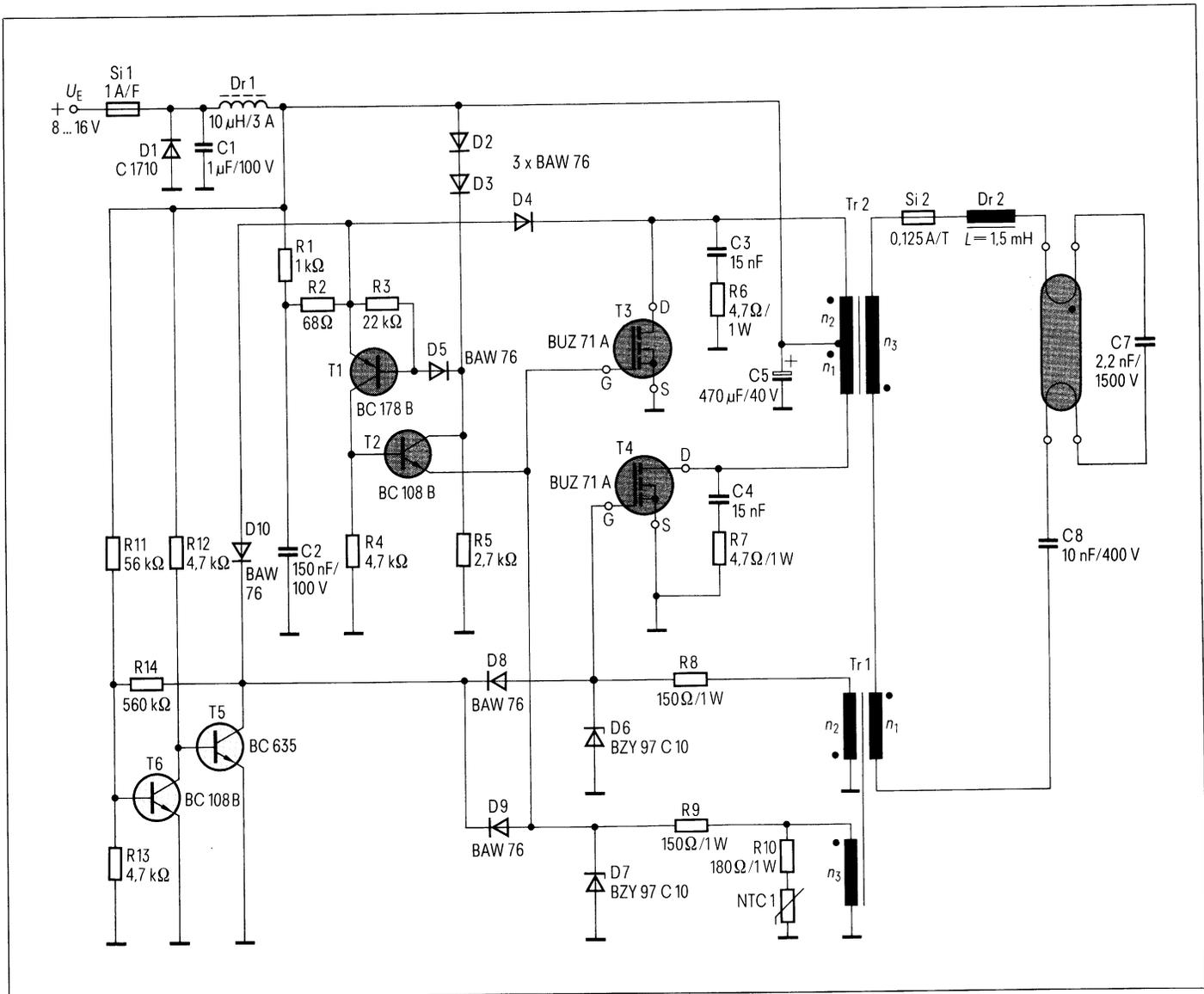


Bild 1 Schaltbild eines batteriebetriebenen Leuchtstofflampen-Vorschaltgeräts mit Verpolungsschutz und Unterspannungsüberwachung für eine 8-W-Leuchtstofflampe. Betriebsspannung 12 V

bzw. schlechte Lampen können Gleichrichtereffekte haben, um Gleichstromanteile über die Lampe bzw. im Sekundärkreis des Trafos Tr 2 zu verhindern, wurde der Kondensator C8 vorgesehen.

Strombegrenzung

Die 1,5-mH-Drosselinduktivität bestimmt den Lampenstrom. Beim Betrieb mit 50 Hz ist der Lampenstrom für die 8-W-Lampe 0,145 A. Er wurde bei hochfrequentem Betrieb auf etwa $0,125 \text{ A} \cong 0,35 \text{ A}$ (Spitze-Spitze) reduziert. Im Nennbetrieb (Nenneingangsspannung 13 bzw. 28 V) und der Betriebsfrequenz $f = 75 \text{ kHz}$, stellt sich dieser Strom bei der Brennspannung $U_L = 56 \text{ V}$ ein (Bilder 6 und 7).

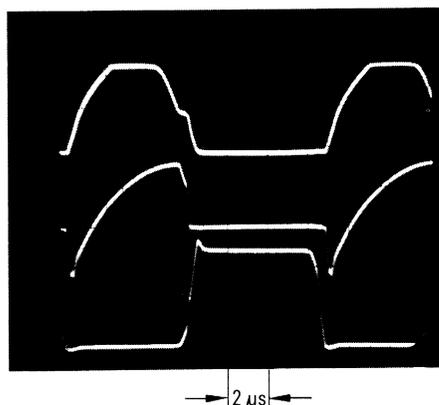


Bild 3 Begrenzung der zulässigen Gate-Source-Spannung U_{GS} bei $U_{E \text{ Nenn}} = 13 \text{ V}$ bei Schaltung nach Bild 1 (12-V-Gerät)
oben: $U_{GST4} = 5 \text{ V/T}$
Mitte: $I_{DT4} = 1 \text{ A/T}$
unten: $U_{DST4} = 10 \text{ V/T}$

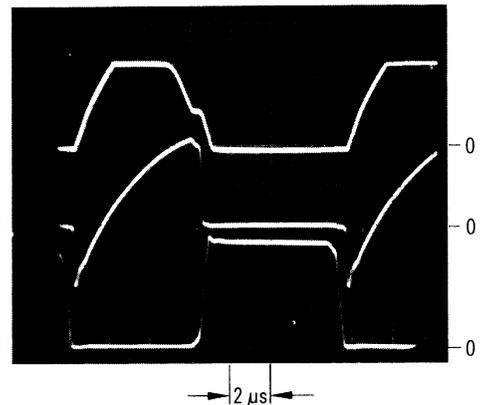


Bild 4 Begrenzung der zulässigen Gate-Source-Spannung U_{GS} bei $U_{E \text{ Nenn}} = 28 \text{ V}$ (24-V-Gerät)
oben: $U_{GST4} = 5 \text{ V/T}$
Mitte: $I_{DT4} = 0,5 \text{ A/T}$
unten: $U_{DST4} = 20 \text{ V/T}$

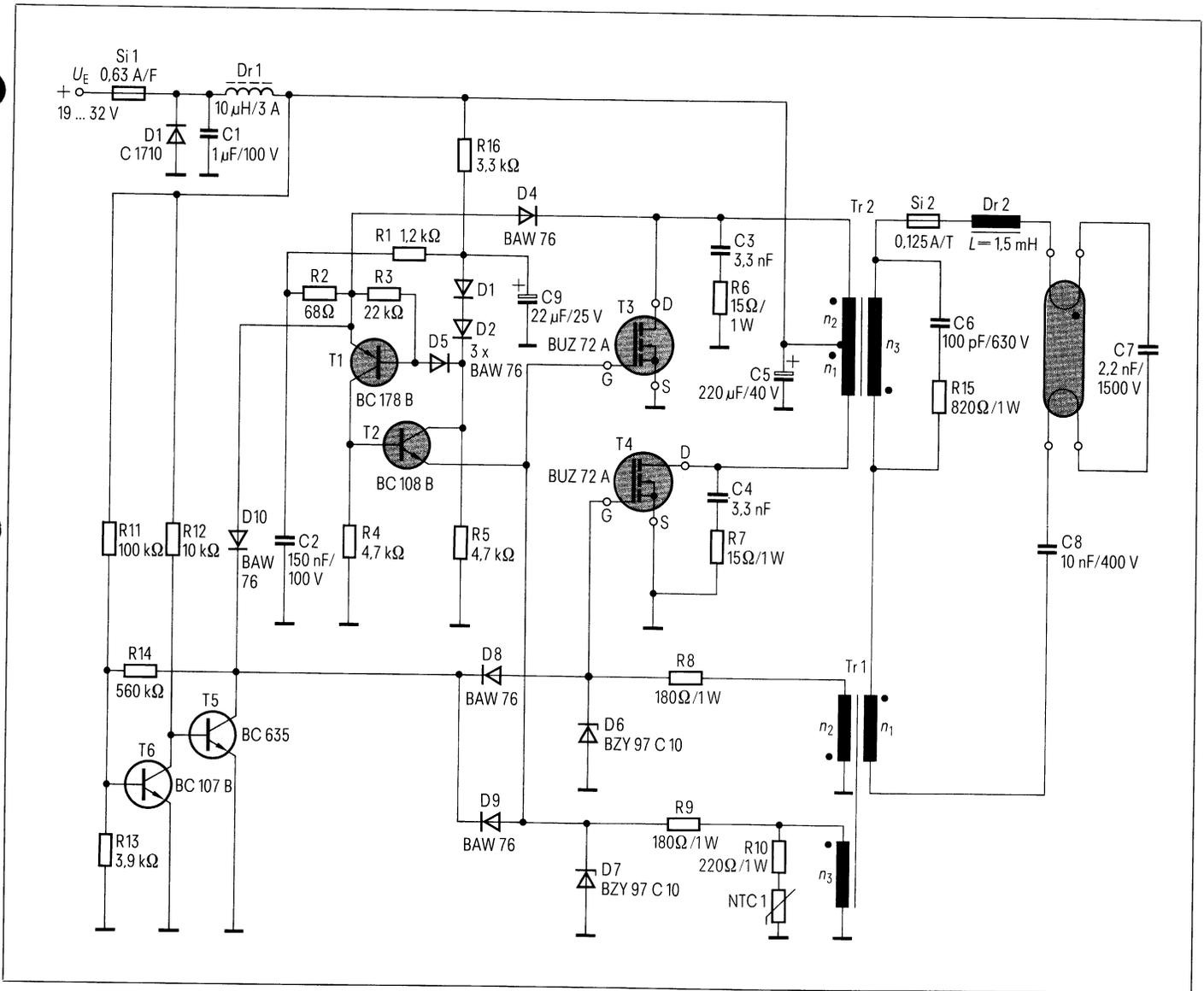


Bild 2 Schaltbild eines batteriebetriebenen Leuchtstofflampen-Vorschaltgeräts mit Verpolungsschutz und Unterspannungsüberwachung für eine 8-W-Leuchtstofflampe. Betriebsspannung 24 V

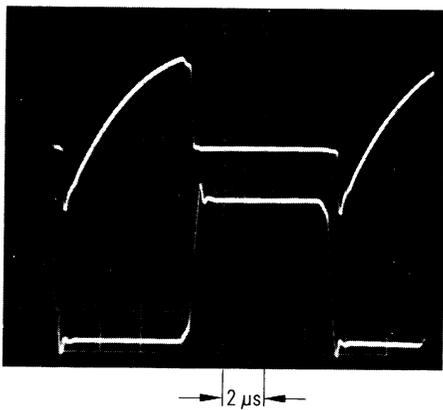


Bild 5 Wechselspannung an der Wicklung n_3 von Tr 2 bei $U_E = 28 \text{ V}$ (24-V-Gerät)
oben: $I_{DT4} = 0,5 \text{ A/T}$
unten: $U_{n3/Tr2} = 50 \text{ V/T}$

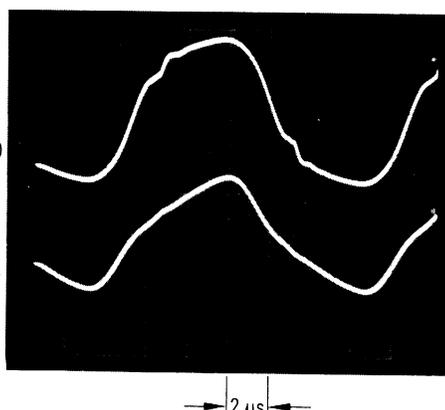


Bild 6 Lampenstrom und Lampenspannung bei $U_E = 28 \text{ V}$ (24-V-Gerät)
oben: $I_{Lampe} = 0,1 \text{ A/T}$
unten: $U_{Lampe} = 50 \text{ V/T}$

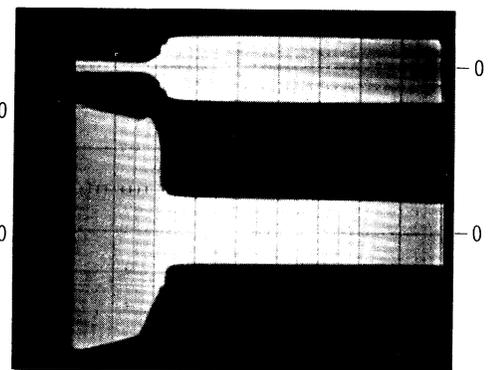


Bild 7 Zündvorgang der Leuchtstofflampe bei $U_E = 28 \text{ V}$ (24-V-Gerät) bei $T_U = 24 \text{ °C}$
oben: $I_{Lampe} = 0,2 \text{ A/T}$
unten: Zünd- und Brennspannung der Lampe = 100 V/T

Verpolungsschutz

Werden aus Versehen die Batterieklemmen vertauscht angeschlossen, so leitet die Diode D1, und die Sicherung Si 1 wird durch einen Stromstoß zerstört.

Unterspannungsüberwachung

Um eine Tiefentladung der Batterie zu verhindern, wurde eine Überwachungsschaltung, bestehend aus T5, T6 und R11 bis R14 vorgesehen (Bilder 1 und 2). Der Transistor T5 ist durch den Basisvorwiderstand R12 leitend vorgespannt, wodurch dieser über die Diode D10 den Anlaufgenerator am Schwingen hindert. Bei $U_E \approx 8\text{ V}$ (Bild 1, 12-V-Gerät) und bei $U_E = 19\text{ V}$ (Bild 2, 24-V-Gerät) wird der Transistor T6 leitend und sperrt T5. Der Anlaufgenerator schwingt an und das Vorschaltgerät geht in Betrieb. Sinkt während des Betriebszustandes die Batteriespannung von höheren Werten auf 8 V (Bild 1) oder auf 19 V (Bild 2), wird durch den Spannungsteiler R11, R13 der Transistor T6 gesperrt und dadurch T5 wieder leitend. Nun schließt dieser über die Dioden D8 und D9 die Gatespannung der Transistoren T3 und T4 kurz, wobei über die Diode D10 der Anlaufgenerator stillgelegt und das Gerät abgeschaltet wird. Bedingt durch den Widerstand R14 hat die Überwachungsstufe eine kleine Hysterese von etwa 0,3 bis 1 V.

Lampenüberwachung

Vor der Zündung sind der Schwingkreisstrom und die Drainströme von T3 und T4 um den Faktor 1,8 bis 2,2 höher als im Nennbetrieb. Der Zündvorgang kann je nach Raumtemperatur, Alterungszustand der Lampe, bereitgestellter Zündspannung, von wenigen ms bis zu einigen 100 ms dauern. Bei den hier vorgestellten Schaltungen dauert der Zündvorgang etwa 0,2 s (Bild 7). Im Nennbetrieb besteht der Schwingkreisstrom aus dem Lampenstrom und dem Strom über C7, der auch über die Heizwendel fließt. Bei defekter Gasentladungsstrecke hat man die gleichen Verhältnisse wie vor der Zündung, es kann jetzt jedoch keine Zündung stattfinden. Wegen des 1,8- bis 2,2fach höheren Leerlaufstroms gegenüber Nennbetrieb werden die sonst nicht gekühlten Transistoren T3, T4 und die Drossel Dr 2 allmählich

Eingangsspannung (Schaltung 1)	$U_E = 8 \text{ bis } 16\text{ V}$
Eingangsspannung (Schaltung 2)	$U_E = 19 \text{ bis } 32\text{ V}$
Zündspannung	$U_{Zünd} \leq 600\text{ V}_{ss}$
Brennspannung	$U_L = 56\text{ V}$
Lampenstrom	$I_L = 0,125\text{ A} \triangleq 0,35\text{ A}_{ss}$
Lampenleistung	$P_L = 8\text{ W}$
Frequenz bei Leerlauf (vor Zündung)	$f \approx 110\text{ kHz}$
Frequenz bei Nennbetrieb nach 2 bis 3 min und bei $T_u = 25\text{ °C}$	$f = 75\text{ kHz}$
Wirkungsgrad	$\eta = 80\%$

Tabelle 1 Technische Daten der Schaltungen 1 und 2 (bei $U_{E\text{ Nenn}} = 13\text{ V}$ bzw. $U_{E\text{ Nenn}} = 28\text{ V}$)

Anzahl	Bezeichnung	Typ	Bestellnummer
2	SIPMOS-Transistoren	BUZ 71 A	C67078-A1316-A3
2	Transistoren	BC 108 B	*)
1	Transistor	BC 178 B	*)
1	Transistor	BC 635	Q68000-A3360
1	Diode	C1710	*)
7	Dioden	BAW 76	*)
2	Z-Dioden	BZY 97 C 10	*)
1	Elko	470 $\mu\text{F}/40\text{ V}$	B41316-A7477-T
1	MKT-Kondensator	1 $\mu\text{F}/100\text{ V}$	B32562-E1105-J
2	MKT-Kondensatoren	15 nF/250 V	B32560-D3153-J
1	MKT-Kondensator	150 nF/100 V	B32560-D1154-J
1	MKT-Kondensator	10 nF/400 V	B32560-D6103-J
1	MKP-Kondensator	2,2 nF/1500 V	B32650-K1222-J
1	Drossel Dr 1	10 $\mu\text{H}/3\text{ A}$	B82111-A-C23
1	Heißleiter NTC 1	K164/10%/680	Q63016-M4668-K
1	Schmelzsicherung Si 2	0,125 A/T	*)
1	Schmelzsicherung Si 1	1 A/F	*)

*) nicht im Lieferprogramm des Siemens Bauteile Service

Tabelle 2 Stückliste der Schaltung 1 (12-V-Gerät)

Anzahl	Bezeichnung	Typ	Bestellnummer
2	SIPMOS-Transistoren	BUZ 72 A	C67078-A1313-A3
1	Transistor	BC 108 B	*)
1	Transistor	BC 107 B	*)
1	Transistor	BC 178 B	*)
1	Transistor	BC 635	Q68000-A3360
1	Diode	C 1710	*)
7	Dioden	BAW 76	*)
2	Z-Dioden	BZY 97 C 10	*)
1	Elko	22 $\mu\text{F}/25\text{ V}$	B41326-A5226-T
1	Elko	220 $\mu\text{F}/40\text{ V}$	B41316-B7227-T
1	MKT-Kondensator	1 $\mu\text{F}/100\text{ V}$	B32562-E1105-J
2	MKT-Kondensatoren	3,3 nF/400 V	B32560-D6332-J
1	MKT-Kondensator	150 nF/100 V	B32560-D1154-J
1	MKT-Kondensator	10 nF/400 V	B32560-D6103-J
1	MKP-Kondensator	2,2 nF/1500 V	B32650-K1222-J
1	Polypropylen-Kondensator	100 pF/630 V	B33061-C6101-H
1	Drossel Dr 1	10 $\mu\text{H}/3\text{ A}$	B82111-A-C23
1	Heißleiter NTC 1	K164/10%/680	Q63016-M4668-K
1	Schmelzsicherung Si 2	0,125 A/T	*)
1	Schmelzsicherung Si 1	0,63 A/F	*)

*) nicht im Lieferprogramm des Siemens Bauteile Service

Tabelle 3 Stückliste der Schaltung 2 (24-V-Gerät)

BV.1 für Dr 2 (für Schaltung 1 und 2)	Bestellbezeichnung
Kern: EF 16 (N27)	B66307-G0000-X127
ein Kern ohne Luftspalt	B66307-G0500-X127
ein Kern mit $A_L \approx 70$ nH	B66308-A1001-T001
Spulenkörper:	
Wicklung: $n = 144$ Wdg/20 \times 0,05 mm CuLS	
$L = 1,5$ mH	
BV.2 für Tr 1 (für Schaltung 1 und 2)	Bestellbezeichnung
Kern: R 12,5 (N27)	B64290-K0044-X027
Wicklungen: $n_1 = 10$ Wdg/0,4 mm CuLL	
$n_2, n_3 = 7$ Wdg/0,4 mm CuLL	
BV.3 für Tr 2 (für Schaltung 2)	Bestellbezeichnung
Kern: EF 20 (N27)	B66311-G0000-X127
ein Kern ohne Luftspalt	B66311-G0090-X127
ein Kern mit $A_L \approx 400$ nH	B66206-A1006-T001
Spulenkörper:	B66206-A2001-X000
Bügel:	
Wicklungen: $n_1 = n_2 = 30$ Wdg/20 \times 0,05 CuLS bifilar	
$n_3 = 104$ Wdg/20 \times 0,05 CuLS	
BV.4 für Tr 2 (für Schaltung 1)	Bestellbezeichnung
Kern: 1 Satz EF 20 (N27, ohne Luftspalt)	B66311-G0000-X127
Spulenkörper:	B66206-A1006-T001
Bügel:	B66206-A2001-X000
Bewicklung:	
1. Die erste Hälfte der Sekundärwicklung 60 Wdg/20 \times 0,05 CuLS; HF-Litze wickeln	
2. 1 \times Lageisolation/0,06 mm Makrofol	
3. Zwei Primärwicklungen 15 Wdg/25 \times 0,1 CuLS; HF-Litze bifilar wickeln	
4. 1 \times Lageisolation/0,06 mm Makrofol	
5. Die zweite Hälfte der Sekundärwicklung 60 Wdg/20 \times 0,05 CuLS; HF-Litze wickeln	
6. 2 \times Spulenisolation/0,06 mm Makrofol	
Stiftbelegung: 1-2 Wicklung I	
3-1 Wicklung II	
4 (Wicklungs-Anfang)	} Wicklung III
5 (Mittel)	
6 (Wicklungs-Ende)	

Tabelle 4 Bauvorschriften zum 12-V- und 24-V-/75-kHz-Lampenbetriebsgerät für eine 8-W-Leuchtstofflampe

Frequenzstabilisierung

Der Drain-Source-Einschaltwiderstand $R_{DS(on)}$ der SIPMOS-Transistoren und das SIFERRIT®-Material des Ansteuertransformators Tr 1 haben beide positive Temperaturkoeffizienten. Die Folge ist eine ansteigende Betriebsfrequenz bei höherer Temperatur durch Eigenerwärmung dieser Bauelemente oder durch hohe Umgebungstemperatur. Der Ferritkern des Transformators Tr 1 wird leichter bzw. stärker in die Sättigung kommen. Mit ansteigender Frequenz sinkt der Lampenstrom bzw. die Lampenleistung. Um die Betriebsfrequenz und damit den Lampenstrom trotz sich ändernder Bauelemente- bzw. Umgebungstemperatur konstant zu halten, wurde der Heißleiter NTC 1 in Reihe mit dem Widerstand R10 an die Sekundärwicklung n_3 des Ansteuertrafos Tr 1 angeschlossen. Bei steigender Temperatur wird der Heißleiter wegen seines negativen Temperaturkoeffizienten niederohmiger und somit steigt die Belastung an allen drei Trafowicklungen n_1 bis n_3 . Für die Kernsättigung ist an erster Stelle die Spannung an n_1 ursächlich. Wird diese Spannung bei schwankender Temperatur wegen Belastungsänderung durch NTC 1 gesteuert, z.B. bei höherer Temperatur gesenkt und bei niedrigerer erhöht, so läßt sich auf diese Weise die Frequenz und damit der Lampenstrom recht gut konstant halten.

heiß. Um eine Zerstörung dieser Bauelemente zu vermeiden, wurde eine Schmelzsicherung (Si 2) 0,125 A/T im Sekundärkreis des Transformators Tr 2 vorgesehen. Bei einer nicht leuchtenden Lampe steigt der Spitzenschwingkreisstrom von 0,4 auf etwa 0,7 bis 0,9 A, und die Sicherung schmilzt innerhalb von 2 bis 7 s. Der Sekundärstromkreis ist somit unterbrochen. Beim Betrieb ohne Lampe bzw. defekter Heizwendel fließt kein Schwingkreisstrom. Der Transistor T3 erhält dabei nur Anlaufimpulse.

Das Eingangfilter

Die Batteriezuleitungen können einige Meter lang sein und Induktivitäten von etlichen μ H aufweisen. Der Strom über

die Plusleitung zur Mittelanzapfung der Primärwicklung von Tr 2 und über die Minusleitung zurück zur Batterie kann erhebliche Wechselanteile mit doppelter Arbeitsfrequenz, also etwa 150 kHz haben. Erstens werden durch die Batteriezuleitungen elektromagnetische Felder, also Funkstörungen, erzeugt und zweitens werden je nach Leitungslängen und daraus sich ergebenden Leitungsinduktivitäten Wechselspannungsabfälle entstehen. Um diese Effekte zu verhindern, wurden der Kondensator C1 und die Drossel Dr 1 vorgesehen. Diese beiden Bauelemente bilden mit dem Elko C5 ein π -Filter, und dadurch wird der Wechselanteil des Stroms aus der Batterie um mehr als den Faktor 10 gedämpft.