

Leuchtstofflampen-Wechselrichter

Zum Betreiben von 220 V/8 Watt Leuchtstofflampen aus einer 12 V Batterie ist diese kleine Schaltung geeignet.

Allgemeines

Wie allgemein bekannt ist, weisen Leuchtstofflampen eine ganz erheblich höhere Lichtausbeute auf als Glühlampen bei gleicher Leistungsaufnahme. Nimmt man noch die hohe Lebensdauer hinzu, so ist es leicht zu verstehen, daß Leuchtstofflampen eine dominierende Bedeutung überall dort erlangt haben, wo es auf eine wirtschaftliche und gute Ausleuchtung ankommt (von Sonderfällen einmal abgesehen).

Im Bereich kleiner Leistungen hingegen (Taschenlampen usw.) werden auch weiterhin überwiegend Glühlampen eingesetzt, obwohl gerade bei batteriegespeisten Lichtquellen der Energiebedarf eine wesentliche Rolle spielt. Letztgenannte Tatsache ist in erster Linie wohl darauf zurückzuführen, daß Leuchtstofflampen zum Betrieb eine Wechselspannung in der Größenordnung von ca. 100 V und eine Zündspannung von mehreren Hundert Volt benötigen. Für den Betrieb aus einer Batterie ist deshalb ein Umformer erforderlich, der folgende Eigenschaften besitzt:

1. Für den Betrieb an einer 12 V Batterie bzw. einem 12 V Akku sollte der Eingangsspannungsbereich 10 bis 15 V betragen, ohne daß sich nennenswerte Veränderungen der Helligkeit der angeschlossenen Leuchtstofflampe ergeben.
2. Der Umformer sollte einen hohen Wirkungsgrad (ca. 90%) aufweisen, damit der Vorteil einer Leuchtstofflampe optimal genutzt werden kann.
3. Die Ausgangs-Leerlaufspannung muß bei nicht gezündeter Leuchtstofflampe mindestens 300 V betragen, um den Zündvorgang auslösen zu können.
4. Nach erfolgter Zündung der Leuchtstofflampe muß die Ausgangsspannung auf Werte zurückgehen, die für den Bereich der verwendeten Leuchtstofflampe günstig sind (ca. 100 V).
5. Bedingt durch die unter 3. beschriebene hohe Zündspannung erweist sich ein Leerlauf-Überspannungsschutz als sinnvoll. Zündet die angeschlossene Leuchtstofflampe nicht bzw. ist eine Unterbrechung der Lampenzuleitung aufgetreten, so steht am Ausgang des Umformers permanent die hohe Leerlauf-Zündspannung an, die unnötig große Verlustleistungen und damit Belastung des Akkus zur Folge haben kann (hier 2 bis 5 Watt). Nach 1 bis 2 Sekunden sollte eine automatische Abschaltung erfolgen.

Vorstehend genannte Forderungen lassen

sich mit Hilfe moderner Elektronik (es müssen nicht immer ICs sein) auf nahezu optimale Weise erfüllen.

Zusätzlich besitzt die hier vorgestellte Schaltung die Möglichkeit, über ein Poti die Helligkeit stufenlos zu verstellen, was besonders beim Einsatz im Campingbereich positiv zu bewerten ist.

Wie sich nun all die vorgenannten Forderungen in der Praxis unter einen Hut bringen lassen, zeigt die nachfolgend beschriebene elektronische Schaltung.

Zur Schaltung

Kernstück des Umformers ist ein Oszillator, bestehend aus dem Leistungstransistor T5, dem Übertrager Tr1 sowie C5, C6, R12 und R15. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Im Kollektorkreis von T5 liegt die Primärwicklung L1 des Übertragers, in den die am Kollektor von T5 anstehende Wechselspannung eingespeist wird. Über die Rückkoppelwicklung L2 sowie über C5 und R12 gelangt ein Teilbetrag der in L1 induzierten Spannung zurück auf die Basis von T5. Bei richtiger Polarität von L1 und L2 ist damit die Schwingungsbedingung erfüllt und die Anordnung oszilliert mit einer Frequenz von ca. 40 kHz. Die Einhaltung einer bestimmten Schwingfrequenz ist von untergeordneter Bedeutung, da die Schaltung bei 30 kHz oder 50 kHz gleichermaßen arbeitet.

Da auch Wechselspannungen eine „Polarität“ oder präziser ausgedrückt eine Phasenlage besitzen, ist der Anschluß der einzelnen Wicklungen des Übertragers Tr1 von ausschlaggebender Bedeutung. Das „heiße“ Ende einer jeden Wicklung ist mit einem Punkt gekennzeichnet. Da die Schaltung jedoch genauso gut arbeitet, wenn alle Wicklungen in ihrer Polarität gedreht werden, ist die praktische Ausführung und Inbetriebnahme recht einfach möglich, wie wir später noch sehen werden.

D3 dient dem Schutz des Basisanschlusses von T5 gegenüber zu großen negativen Spannungsspitzen (aus L2 kommend), während R11 einen geringen Basisvorstrom in T5 einspeist, um ein zuverlässiges Anschwingen des Oszillators zu gewährleisten.

Die Sekundärwicklungen L3, L4 und L5 dienen zum Betrieb der angeschlossenen Leuchtstofflampe (220 V/8 Watt). Die Hauptspannung (Brennspannung) stellt L4 bereit, während über L3 und L5 jeweils



eine kleine zusätzliche Heizspannung an die Leuchtstofflampe gelegt wird.

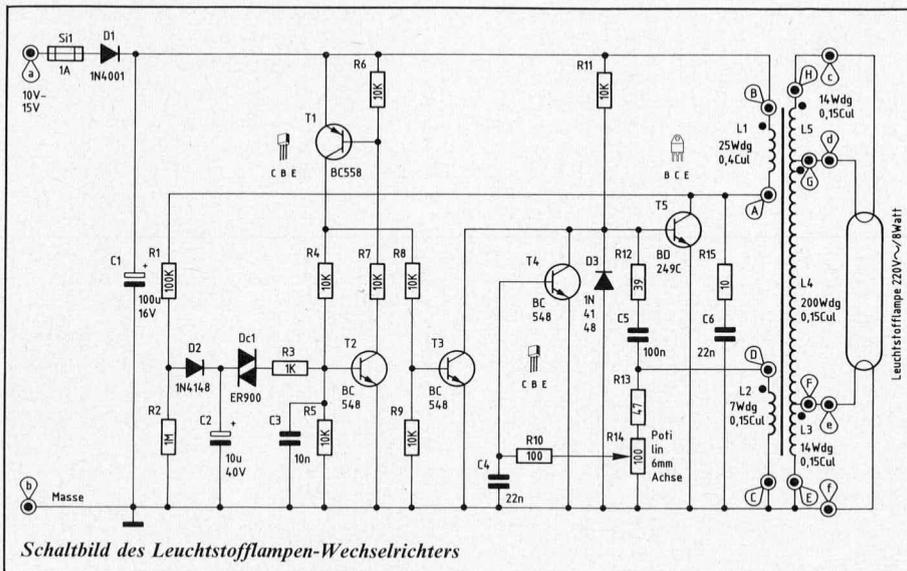
Mit dem Poti R14 wird ein einstellbarer Teilbetrag, der von der Rückkopplungsspule L2 kommenden Spannung, über R10 auf die Basis des Schalttransistors T4 gegeben. Je nach Stellung des zur Helligkeitsregelung eingesetzten Potis R14 schaltet T4 früher oder später einer jeden Schwingungsperiode durch und reduziert somit den Ansteuerstrom für den Schwingungstransistor T5. Auf diese Weise kann wirkungsvoll und effektiv die Helligkeit der angeschlossenen Leuchtstofflampe eingestellt werden.

Obwohl die Helligkeitseinstellung von Leuchtstofflampen nicht ganz unproblematisch ist, konnte mit der hier vorliegenden Schaltung ein weiter Einstellbereich erzielt werden, der so groß ist, daß die Stromaufnahme bei minimaler Helligkeit bis auf ca. 100 mA zurückgeht. Zur Erreichung des hohen Wirkungsgrades von ca. 90% ist neben einer sorgfältig durchdachten und dimensionierten Schaltung auch der Einsatz eines hochwertigen Übertragers erforderlich, um auch hier die Verluste so klein wie möglich zu halten.

Der eingesetzte Leistungstransistor T5 des Typs BD 249 ist hinsichtlich des zu verarbeitenden Stromes und der auftretenden Verlustleistung reichlich überdimensioniert. Er wurde jedoch gewählt, da speziell dieser Typ im Bereich der hier zu verarbeitenden Ströme (ca. 0,5 A) eine hohe Stromverstärkung aufweist. Auch dieser Umstand trägt zum hohen Wirkungsgrad der Schaltung bei. Hierzu muß man wissen, daß die Stromverstärkung bei Transistoren, abhängig von dem tatsächlich fließenden Kollektorstrom, Schwankungen unterworfen ist. Besonders deutlich macht sich dies bei Leistungstransistoren bemerkbar, die im Bereich ihrer Grenzbelastungen teilweise nicht einmal mehr 10% ihres maximalen Stromverstärkungsvermögens aufweisen. Für T5 wurde daher von uns ein Typ gewählt (BD 249), dessen Stromverstärkungmaximum beim Betriebs-Nennstrom dieser Schaltung liegt.

Als zusätzliche angenehme Begleiterscheinung kann auf den Einsatz eines Kühlkörpers für T5 verzichtet werden, da der eingesetzte Transistor auch ohne zusätzliche Kühlmaßnahmen bis zu 3 Watt verarbeiten kann (mit Kühlung bis zu 80 Watt).

Die Kombination R15/C6 dient zur Unterdrückung von Schaltimpuls-Störspitzen an der Kollektor-Emitter-Strecke von T5.



Kommen wir als nächstes zur Beschreibung des Leerlauf-Überspannungsschutzes, der mit T 1 bis T 3 sowie Zusatzbeschaltung aufgebaut ist.

Die am Kollektor von T 5 anstehende Wechselspannung ist gleichfalls ein direktes Maß für die entsprechende Ausgangsspannung. Sie wird über den Spannungsteiler R 1, R 2 abgefragt und mittels D 2/C 2 gleichgerichtet und geglättet. Im normalen Betriebsfall stellt sich über dem Kondensator C 2 eine Gleichspannung von ca. 20 V ein (nur meßbar mit hochohmigem Voltmeter $R_{i, \min} = 10 \text{ M}\Omega$). Wird mit R 14 eine geringere Helligkeit eingestellt, sinkt auch die Spannung an C 2. Der genaue Wert ist von untergeordneter Bedeutung.

Sobald die Schaltung im Leerlauf arbeitet, d. h. wenn keine Leuchtstofflampe angeschlossen bzw. die Zuleitung zur Leuchtstofflampe unterbrochen wurde, steigt die Spannung an C 2 innerhalb von wenigen Sekunden auf 30 V und mehr an. In dem Moment, in dem die Spannung an C 2 die Zündspannung der Triggerdiode Dc 1 des Typs ER 900 überschreitet (ca. 30 V), zündet Dc 1 und der Kondensator C 2 entlädt sich über Dc 1, R 3 sowie die Basis-Emitter-Strecke des Schalttransistors T 2 (mit dazu parallel liegendem Widerstand R 5). T 2 und infolgedessen auch T 1 und T 3 schalten durch, wobei über R 4 eine Selbsthaltung erfolgt. Auch wenn C 2 entladen wurde, bleibt T 2 (jetzt über R 4) durchgesteuert.

Der Kollektor von T 3 zieht nun die Basis des Schwingungstransistors T 5 auf Masse, wodurch der Oszillator gestoppt wird. Die Stromaufnahme der Gesamtschaltung reduziert sich auf weniger als 5 mA.

Die Zeitkonstante $R 1/C 2$ zur Überspannungsabschaltung ist so gewählt, daß die angeschlossene Leuchtstofflampe zuverlässig zünden kann, ohne daß die Schutzschaltung anspricht. Darüber hinaus spricht die Schaltung ebenfalls nicht an, wenn die Leistungsabgabe mit R 14 soweit reduziert wurde, daß die Gesamtleistungsaufnahme auch im Leerlauf die Schaltung nur noch unwesentlich erwärmt (ca. 1 bis 2 Watt).

Hat der Überspannungsschutz angespro-

chen, wird die Schaltung durch Unterbrechung der Betriebsspannung für mehrere Sekunden und erneutes Einschalten wieder aktiviert.

Da die Schaltung insgesamt zuverlässig arbeitet und sicher anschwingt, sollte das Ein- und Ausschalten der Leuchtstofflampe grundsätzlich nur durch einen Schalter in der Batteriespannungszuführung erfolgen. Die Leuchtstofflampe selbst wird fest mit den Platinenanschlußpunkten „c“ bis „f“ verdrahtet.

D 1 dient dem Schutz der Schaltung vor Verpolung, während C 1 eine Pufferung der Speisespannung vornimmt.

Zum Nachbau

Spulen, Drosseln, Übertrager, kurz alle Arten von Induktivitäten zählen bei den meisten Elektronikern nicht unbedingt zu den beliebtesten Bauelementen. Dies beruht zum einen sicherlich darauf, daß es eine fast unübersehbare, geradezu verwirrende Anzahl von verschiedenen Induktivitäten gibt und zum anderen darauf, daß viele Induktivitäten ihr Verhalten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen und Anwendungsfällen zum Teil erheblich verändern.

Vom Nachbau der hier vorgestellten interessanten elektronischen Schaltung sollte sich aber niemand abhalten lassen, nur weil ein nicht so geläufiges Bauteil wie der hier verwendete Übertrager ein (unverzichtbares) Bestandteil des Gerätes ist. Das Bewickeln des Spulenkörpers sowie der gesamte Aufbau werden entsprechend ausführlich beschrieben.

Wir wollen daher gleich mit dem schwierigsten Teil bei der Erstellung dieses Leuchtstofflampen-Wechselrichters beginnen:

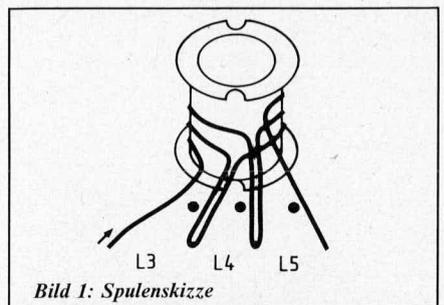
Mit dem Wickeln von L 1 bis L 5 auf den Spulenkörper des Übertragers Tr 1. Insgesamt besteht Tr 1 aus dem eben erwähnten Spulenkörper mit den darauf aufgetragenen Wicklungen sowie 2 Schalenkernhälften, die später von oben und unten einfach über den fertig gewickelten Spulenkörper gestülpt werden. Der Außendurchmesser beträgt 18 mm und die Bauhöhe 11 mm. Es handelt sich hierbei um einen Valvo-Schalenkern des Typs P 18/11 mit einem A_L -

Wert von 250, bei dem ein Luftspalt zur Erzielung des gewünschten A_L -Wertes gleich eingebracht ist. Es können jedoch auch ähnliche Schalenkerne anderer Firmen eingesetzt werden.

Auf den für diesen Schalenkern-Typ vorgesehenen Wickelkörper werden zuerst 25 Windungen Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,4 mm (Abkürzung: CuL 0,4 mm) aufgebracht (L 1). Zweckmäßigerweise kennzeichnet man das Ende der Wicklung (entsprechend dem Punkt im Schaltbild) mit einem Klebestreifen o. ä. Zu beachten ist, daß die Windungen sauber nebeneinander angeordnet sind und nicht „wild“ gewickelt werden. Nur durch sorgfältiges Aufbringen der Windungen findet die volle Anzahl sämtlicher Wicklungen auf dem Spulenkörper Platz.

Es folgt das Aufbringen der 7 Windungen (mit gleichen Wicklungssinn) für die Spule L 2. Der Drahtdurchmesser hierfür beträgt 0,15 mm. Bei dieser dünnen Drahtstärke ist ein sauberes Nebeneinanderlegen der einzelnen Windungen kaum zu erreichen aber doch anzustreben. Es sollte keinesfalls „kreuz und quer“ gewickelt werden. Auch bei L 2 ist das Wicklungsende zu kennzeichnen.

Als nächstes werden die Wicklungen der Spulen L 3 bis L 5 mit einem Kupferlackdraht (Durchmesser von 0,15 mm) mit gleichem Wicklungssinn aufgebracht. Der für alle 3 Spulen (L 3 bis L 5) verwendete Wickeldraht wird an keiner Stelle aufgetrennt, sondern es werden lediglich Anzapfungen herausgeführt, d. h. daß am Ende von L 3 der Wickeldraht ca. 2 cm aus dem Wickelkörper herausgeführt wird, um anschließend umgeknickt und an derselben Stelle zum Weiterwickeln der nächsten Spule benutzt zu werden. Der Endpunkt von L 3 ist somit gleichzeitig der Anfangspunkt von L 4 usw. Zur Veranschaulichung ist dies in Form einer Skizze in Bild 1 dargestellt.



Mit „gleichem Wicklungssinn“ ist gemeint, daß alle Windungen in der gleichen Weise gewickelt werden, d. h. daß nicht einmal links herum und einmal rechts herum gewickelt werden darf, sondern grundsätzlich immer in der gleichen Richtung. Welche Richtung dies ist, spielt hierbei überhaupt keine Rolle, wichtig für die Funktion ist nur, daß alle Windungen den gleichen Wickelsinn aufweisen. Sollte dennoch zwischen L 1 und den übrigen Wicklungen der Wickelsinn vertauscht worden sein, läßt sich dies zu einem späteren Zeitpunkt dadurch beheben, indem die beiden Anschlüsse von L 1 auf der Leiterplatte miteinander vertauscht werden (für den Fall, daß der Oszillator nicht anschwingt).

Nachdem das Ende der letzten Windung (von L 5) mit einem dünnen Streifen Tesafilm festgeheftet wurde, können die beiden Schalenkernhälften über die Spule gestülpt werden und mit einer Schraube M 2 x 20 mm mit der Platine verschraubt werden.

Bei manchen Schalenkernhälften ist zum Einbringen eines im vorliegenden Falle nicht erforderlichen Abgleichstiftes, die Zentralbohrung zur Durchführung der Schraube M 2 x 20 mm mit Kunststoff verengt. Dieser Kunststoff kann mit einem kleinen Bohrer oder auch mit einem Schraubenzieher vorsichtig entfernt werden, wobei zu beachten ist, daß keine zu großen Kräfte auf den Schalenkern ausgeübt werden, damit dieser nicht springt.

Auch beim Festziehen der Mutter auf der Platinenunterseite zur Befestigung des Schalenkerns, ist keine zu große Kraft anzuwenden, da der Schalenkern in der Mitte einen Luftspalt besitzt und somit nur wenig Widerstand einer mechanischen Belastung entgegenzusetzen in der Lage ist, bevor er springt.

Nachdem der Schalenkern auf der Platine festgeschraubt wurde, werden die einzelnen Anschlußdrähte durch die entsprechenden Bohrungen in der Leiterplatte geführt. Der Anfang der Wicklung L 1 wird durch die Bohrung des Platinenanschlußpunktes „A“ gesteckt und das Wicklungsende von L 1 durch die Bohrung des Platinenanschlußpunktes „B“. Als nächstes wird der Anfang der Wicklung L 2 durch die Bohrung des Platinenanschlußpunktes „C“ geführt, während das Ende an „D“ zu legen ist. Dem Platinenanschlußpunkt „E“ ist der Wicklungsanfang von L 3 zugeordnet. Das Wicklungsende von L 3 stellt gleichzeitig den Wicklungsanfang von L 4 dar und besteht aus 2 zusammenhängenden, nebeneinander herausführenden Wicklungsdrähten. Hier sind beide Drähte durch die Bohrung des Platinenanschlußpunktes „F“ zu führen. Gleiches gilt für die Anzapfung „G“, während das Wicklungsende von L 5 wieder als Einzel-Kupferlackdraht durch die

Bohrung des Platinenanschlußpunktes „H“ zu führen ist.

An der Leiterplattenunterseite werden die einzelnen Kupferlackdrähte soweit gekürzt, daß sie ca. 5 mm unterhalb der Leiterbahnseite hervorstehen. Sinnvoll ist es, wenn die einzelnen Drahtenden auf der Leiterplattenoberseite „etwas Luft“ haben, damit keine mechanischen Spannungen auftreten. Die jeweils aus 2 parallel liegenden Drähte bestehenden Anschlüsse, „F“ und „G“ werden beim Kürzen zwangsläufig aufgetrennt. Dies ist jedoch ohne Bedeutung, da durch die anschließend erfolgte Verlötlung mit der Leiterplatte wieder eine leitende Verbindung hergestellt wird. Vor dem eigentlichen Lötvorgang ist allerdings sorgfältig darauf zu achten, daß jeder einzelne Kupferlackdraht an seinem Ende auf einige Millimeter Länge abisoliert wird. Hierzu verwendet man zum Beispiel ein Messer o. ä. Der Kupferlackdraht muß richtig blank sein, bevor gelötet wird. Der Lötvorgang alleine reicht nicht, um die hochwertige Lackisolierung zu entfernen. Ein mechanisches Abschaben der Lackschicht ist unverzichtbar. Damit sich die M 2 Mutter mit der Zeit nicht lösen kann, empfiehlt es sich, diese mit einem Tropfen Klebstoff zu sichern.

Die weiteren Bauelemente werden in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet. Auf die richtige Polarität der Transistoren, Dioden sowie der Elkos C 1, C 2 ist hierbei zu achten. Die Trigger-Diode Dc 1 ist ungepolt, d. h. die Polarität beim Einbau spielt keine Rolle.

Der Leistungstransistor T 5 erwärmt sich im Betrieb geringfügig. Er sollte daher senkrecht stehend eingebaut werden, damit er gut belüftet wird. Ein zusätzlicher Kühlkörper ist nicht erforderlich.

Damit die Schaltung beim Anlegen der Betriebsspannung einwandfrei anschwingen kann, ist das Poti R 13 auf maximale Helligkeit einzustellen (Rechtsanschlag — im Uhrzeigersinn gedreht — der Potischleifer liegt auf Schaltungsmasse).

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß am Ausgang des Übertragers Tr 1 Leerlaufspitzenspannungen bis zu 600 V auftreten können, die lebensgefährlich sind. Auf die Einhaltung der einschlägigen Sicherheitsbestimmungen ist zu achten. Die Schaltung muß in ein isoliertes, berührungssicheres Gehäuse eingebaut werden. Die Zuleitungen zur Leuchtstofflampe sowie die Anschlüsse selbst an der Leuchtstofflampe müssen ebenfalls absolut berührungssicher ausgeführt werden.

Der Nachbau darf daher nur von Personen durchgeführt werden, die mit den einschlägigen Sicherheitsbestimmungen aufgrund ihrer Ausbildung hinreichend vertraut sind.

Stückliste: Leuchtstofflampen- Wechselrichter Halbleiter

T 1	BC 558
T 2-T 4	BC 548
T 5	BD 249
D 1	1 N 4001
D 2, D 3	1 N 4148
Dc 1	ER 900

Kondensatoren

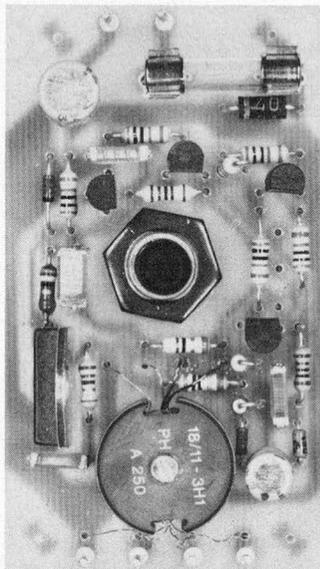
C 1	100 µF/16 V
C 2	10 µF/40 V
C 3	10 nF
C 4, C 6	22 nF
C 5	100 nF

Widerstände

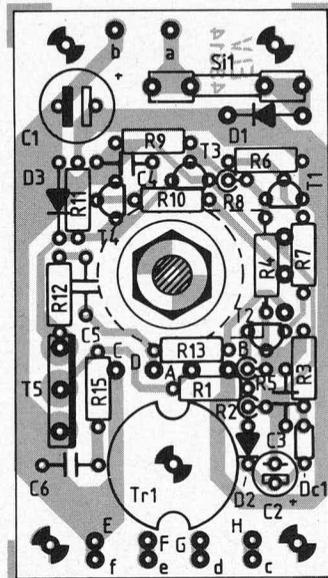
R 1	100 kΩ
R 2	1 MΩ
R 3	1 kΩ
R 4-R 9, R 11	10 kΩ
R 10	100 Ω
R 12	39 Ω
R 13	47 Ω
R 14	100 Ω, Poti, 6 mm Achse
R 15	10 Ω

Sonstiges

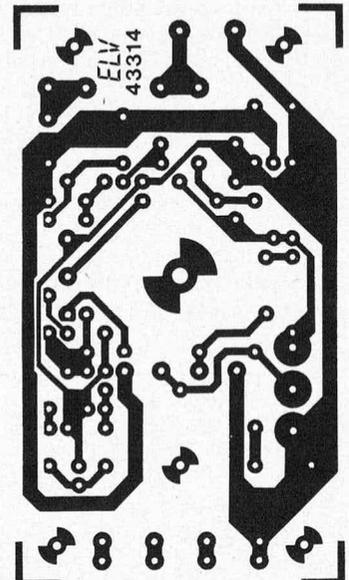
Si 1	Sicherung 1 A
1	Platinensicherungshalter
L 1	1 m CuL Ø 0,4 mm
L 2-L 5	9 m CuL Ø 0,15 mm
1	Valvo Schalenkern, P18/11, Al 250
6	Lötstifte



Ansicht der fertig bestückten Platine



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine