Safety-Light SL 400

Mikroprozessorgesteuerter Zufallsgenerator für Beleuchtung

Unter dem Motto „Vorbeugen ist besser" stellen wir Ihnen einen Zufallsgenerator zur automatischen Beleuchtungsein- und ausschaltung vor, der sich durch besondere, praxisorientierte Features auszeichnet. Das Gerät stellt einen aktiven Sicherheitsbeitrag zur Vorbeugung gegen Einbruch-Diebstahl dar.

Allgemeines

Vor mehr als fünf Jahren wurde von ELV einer der ersten, vollelektronisch arbeitenden Zufallsgeneratoren für Beleuchtung entwickelt und im „ELV journal" Nr. 25 vorgestellt. Inzwischen ist die Technik weiter fortgeschritten, so daß im Zeitalter der Mikroprozessoren in Verbindung mit den Erfahrungen, basierend auf der ursprünglichen Schaltung, ein neues Gerät mit wesentlichen Verbesserungen entwickelt werden konnte.

Sobald es dämmert, wird ein angeschlossener Verbraucher (z. B. eine Stehlampe) in unregelmäßigen Zeitabständen, die von einem Single-Chip-Mikroprozessor kontrolliert werden, ein- und wieder ausgeschaltet, wobei das Gerät einige Besonderheiten bietet, auf die wir in der folgenden Bedienungsanleitung näher eingehen wollen.

Bedienung und Funktion

Die gesamte Elektronik findet in einem kleinen Stecker-Steckdosen-Gehäuse Platz. Über den Schukostecker erfolgt die Verbindung zum 220 V-Wechselspannungsnetz. Die Stromaufnahme beträgt im Ruhezustand ca. 0,01 A, entsprechend ca. 2,5 W. Die Stehlampe wird an die integrierte Schukosteckdose angeschlossen. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß praktisch jeder beliebige 220 V-Wechselspannungsverbraucher mit einer Leistungsaufnahme bis zu 400 VA über dieses Gerät betrieben werden kann, also auch induktive Lasten.

Mit dem auf der Frontseite angeordneten Einstellregler kann die Hell-Dunkel-Einschaltschwelle des Gerätes vorgewählt werden, bei der die Schaltung ihre Arbeit aufnimmt. Befindet sich der Regler am linken Anschlag („AUS"), bleibt der angeschlossene Verbraucher grundsätzlich ausgeschaltet. Wird der Regler etwas aus der Nullposition herausgedreht, startet der Ein-/Ausschaltzyklus am Abend erst, wenn es bereits recht dunkel ist (ca. 5 lux.). Je weiter der Regler im Uhrzeigersinn, d. h. bis zum rechten Anschlag bewegt wird, desto früher beginnt die Aktivphase des angeschlossenen Verbrauchers. Zur Kontrolle der Aktivphase dient eine rote Leuchtdiode auf der Frontseite des Gerätes. Diese leuchtet auf, sobald der vorgewählte Helligkeitswert unterschritten wird.

In der rechten Endstellung startet der Ein-/Ausschaltzyklus bereits beim Unterschreiten einer Helligkeit von ca. 500 lux. Üblicherweise befindet sich daher der Einstellregler im unteren Drittel des Einstellbereiches (für den Betrieb jedoch mindestens 10 Grad aus der Nullposition herausgedreht).

Nachdem das Gerät mindestens 1 Minute über seinen Lichtsensor ausreichende Helligkeit registriert hat, wird der Grundzustand eingenommen, d. h. die Schaltung ist zurückgesetzt und in Bereitschaftsstellung. Wird jetzt der vorgewählte Helligkeitswert unterschritten, startet nach 1 Minute der Ein-/Ausschaltzyklus. Dieser Zyklus, der normalerweise zufällig ablaufen sollte, wird bei der hier vorliegenden Schaltung in besonderer Weise durch einen Single-Chip-CMOS-Mikroprozessor gesteuert und basiert auf praktischen Erfahrungen unter Einbeziehung von Energieeinsparungsaspekten. Die Einschaltphasen werden nämlich keineswegs dem Zufall überlassen, sondern laufen nach festgelegten Programmstrukturen ab. In den ersten Stunden nach dem Hell-/Dunkel-Wechsel sind die Einschaltphasen verhältnismäßig lang mit kürzeren Unterbrechungen. Dies signalisiert einem unbeteiligten Beobachter einen „regulären Haushaltsbetrieb", besonders, wenn zwei oder mehrere Geräte im Einsatz sind (denn wer sitzt schon gern im Dunkeln). Zu einem späteren Zeitpunkt, d. h. während der allgemeinen Schlafperiode, schaltet das Gerät in größeren Zeitabständen nur für wenige Minuten die Beleuchtung ein, um hierdurch zum einen Energie einzusparen, zum anderen aber immer noch Aktivitäten zu signalisieren (z. B. für eine kurze Schlafunterbrechung). Diese recht kurzen Einschaltphasen mit recht geringem Energiebedarf ziehen sich bis zum Morgen beim Überschreiten der vorgewählten Helligkeitsschwelle hin und bieten somit bezogen auf den vorliegenden Anwendungsfall ein Optimum an Sicherheit.
Während die Beleuchtung eingeschaltet ist, wird der Helligkeitssensor nicht abgefragt, um zu vermeiden, daß sich die Schaltung selbst zurücksetzt.

Nachdem das Gerät mindestens 1 Minute (im Normalfall einen ganzen Tag) Helligkeit registriert hat, wird wieder der Grundzustand eingenommen und beim Unterschreiten der vorgewählten Helligkeitsschwelle ein neues, jetzt anderes Schaltprogramm ausgeführt, das jedoch nach ähnlichen Strukturen arbeitet. Erst am dritten Tag wiederholt sich der Programmablauf. Durch Bauteilestreuungen der drei zeitbestimmenden Komponenten wird darüber hinaus kein Gerät hinsichtlich der Einschaltzeiten exakt mit einem anderen übereinstimmen. Streuungen von bis zu $\pm 20\,\%$ sind möglich, da hier bewußt in diesem Bereich auf den Einsatz eng tolerierter Bauelemente verzichtet wurde. Die typischen Schaltzyklen sind in Tabelle 1 angegeben, wobei der Abbruch, d. h. der Übergang in den Ruhezustand zu einem beliebig früheren Zeitpunkt erfolgen kann, sofern die gewählte Helligkeitsschwelle wieder überschritten wird.

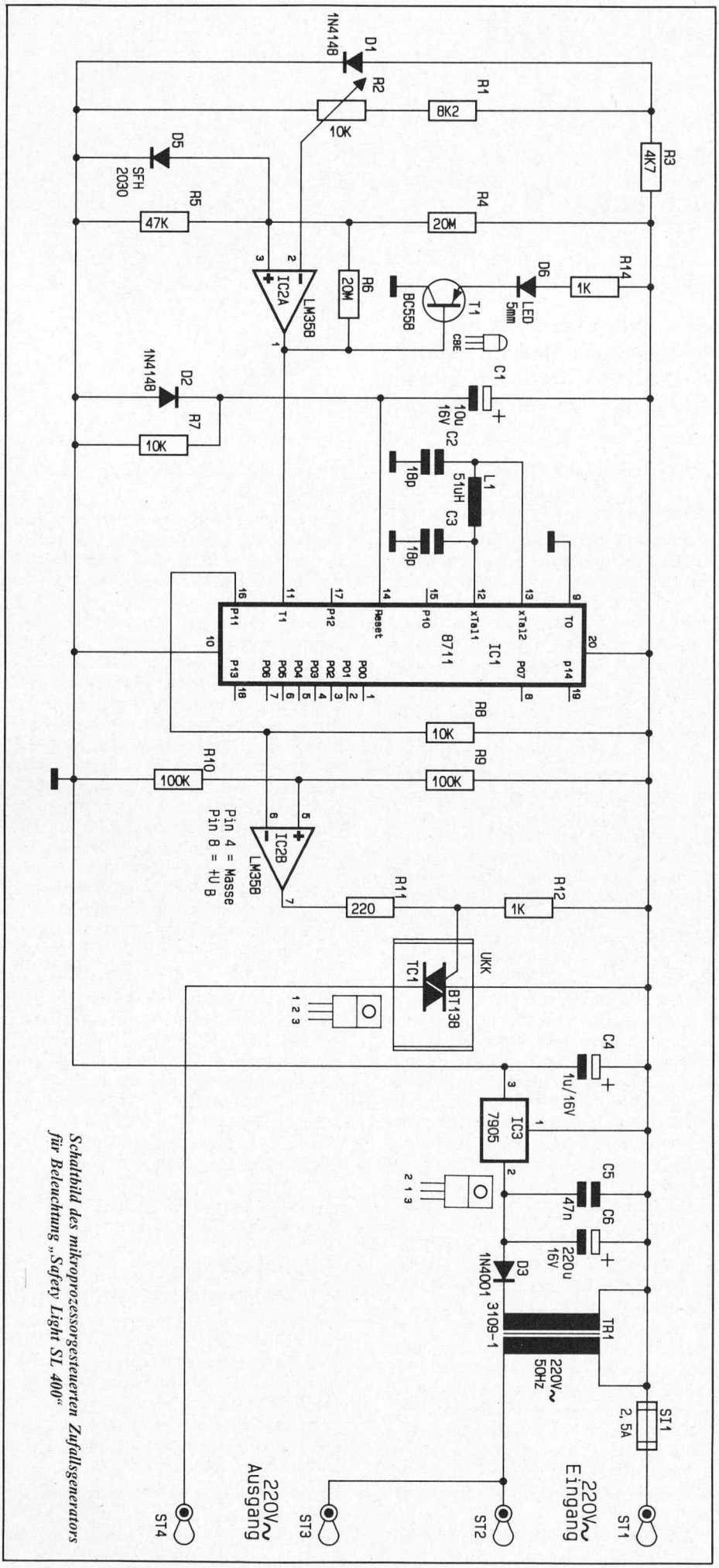
Durch den Einsatz von mindestens zwei Geräten bei unterschiedlich eingestellten Helligkeitsschwellen kann einem unbeteiligten Beobachter ein belebtes Haus mit einem aktiven Familienleben signalisiert werden. Die Geräte leisten somit einen aktiven Sicherheitsbeitrag. Durch die vollelektronische Steuerung arbeitet die Schaltung langfristig wartungsfrei, zumal auch der Schaltausgang nicht mit einem Relais, sondern mit einem elektronischen Wechselspannungsschalter (Triac) bestückt ist.

Zur Schaltung

Der anwendungsspezifische Schaltkreis

Zentraler Baustein der Schaltung des Safety-Light SL 400 ist das IC 1 des Typs ELV 8711. Es handelt sich hierbei um einen Single-Chip-CMOS-Mikroprozessor der Firma VALVO, in den das von ELV entwickelte kundenspezifische Programmpaket für die komplette Ablaufsteuerung bereits vom Hersteller implementiert wurde.

Da uns des öfteren Briefe unserer Leser erreichen, die das Thema der kundenspezifischen ICs betreffen, wollen wir an dieser Stelle hierauf etwas näher eingehen.



Schaltbild des mikroprozessorgesteuerten Zufallsgenerators für Beleuchtung „Safety Light SL 400"

Das IC des Typs ELV 8711 basiert auf einem VALVO-Mikroprozessor der Reihe „84 C 21". Hierbei handelt es sich um einen Basisprozessor, der ohne kundenspezifisches Programm nicht einsetzbar ist. Ein externes Programm z. B. aus einem EPROM, wie es bei ROM-losen Prozessortypen teilweise verwendet wird, kann nicht eingespeist werden.

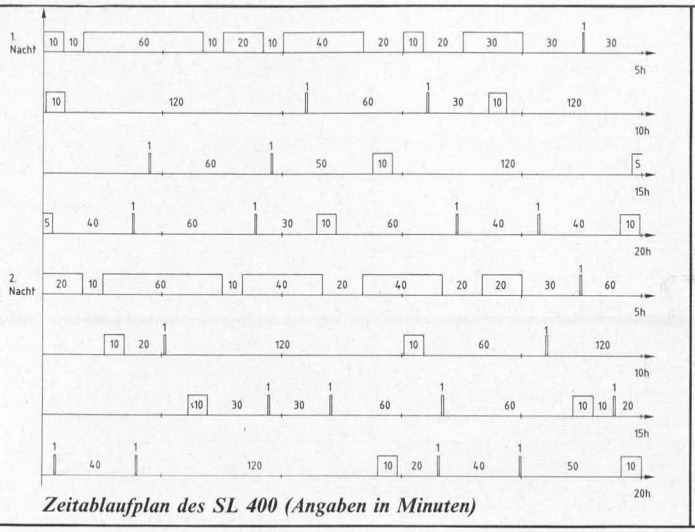
Das kundenspezifische Programm, das im vorliegenden Fall von ELV entwickelt wurde, wird dem IC-Hersteller zur Verfügung gestellt, der es anschließend in Form einer kundenspezifischen Maske in einem der letzten Herstellungsschritte der Chips in diese implementiert. Erst aus der Kombination des Know-hows vom IC-Hersteller und von dessen Auftraggeber, in diesem Fall ELV, läßt daraus das einsatzfertige IC entstehen.

Daß nun der IC-Hersteller (in unserem Fall die Firma VALVO) diese ICs ausschließlich an den betreffenden Auftraggeber (in diesem Fall ELV) liefert, ist selbstverständlich, da auch vom letzteren ein wesentlicher Beitrag für die Erstellung herrührt.

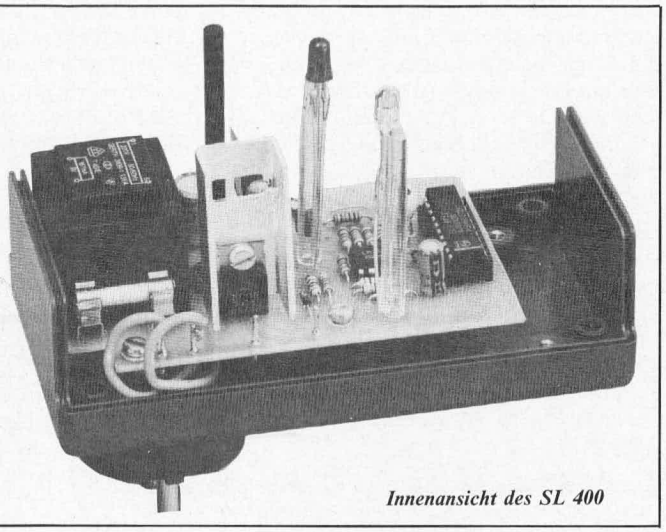
Welcher Basisprozessortyp für den jeweiligen Anwendungsfall eingesetzt wird, hängt ab von den verschiedensten Randbedingungen wie z. B. dem Programmspeicherplatz, der Stromaufnahme, dem Betriebsspannungsbereich, dem zur Verfügung stehenden Platzbedarf (z. B. 20 Piner oder 40 Piner), der erforderlichen Anzahl der Portleitungen usw.

Abschließend noch einige Worte zu der viele Leser sicherlich interessierenden Preisgestaltung. Wesentlicher Ausgangspunkt für den Verkaufspreis ist selbstverständlich der Einkaufspreis dieser Bauelemente. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen stehen hier verschiedene Basisprozessoren zur Verfügung, wodurch sich entsprechende Preisunterschiede ergeben. So wird z. B. in der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 einer der leistungsfähigsten Single-Chip-Mikroprozessoren eingesetzt, dessen Bauteilepreis verständlicherweise ganz erheblich über dem Preis des in der hier vorliegenden Schaltung eingesetzten Prozessors liegt.

Darüber hinaus spielen die Programmherstellungskosten eine gewisse Rolle. Im allgemeinen werden diese Kosten bereits durch das Entwicklungsbudget im Zusammenhang mit der Erstellung des redaktionellen Teils des „ELV journal" abgedeckt, so daß diese Kosten keinen Beitrag zum Bauteileverkaufspreis darstellen. Ausnahmen ergeben sich bei extrem aufwendigen Programmentwicklungen wie z. B. bei dem Funkuhrensystem DCF 7000 (Programmherstellungskosten ca. DM 100 000,—) und der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000, deren Gesamtentwicklungskosten bei über DM 250 000,— lagen (u. a. waren hierfür einige Grundlagenentwicklungen, so auch in Kooperation mit der Universität Oldenburg erforderlich, die alle von ELV finanziert werden mußten). In letztgenannten Fällen wird dann ein Teil der Entwicklungskosten auf den IC-Verkaufspreis umgelegt.



Zeitablaufplan des SL 400 (Angaben in Minuten)



Innenansicht des SL 400

Als letzter Punkt seien marketing-strategische Überlegungen in Verbindung mit Absatzstückzahlen zu nennen. Ist z. B. der Einsatz eines Single-Chip-CMOS-Mikroprozessors aus technischen Gründen erforderlich (Platzbedarf, Stromaufnahme, Notstrompufferung usw.), spielt die Absatzmöglichkeit bei der Preisfindung eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Je nach Basisprozessortyp werden vom IC-Hersteller z. B. mindestens 5000 Stück, bei manchen Typen 10 000 Stück als kleinste Abnahmemenge vorausgesetzt. Kann nun mit hinreichender Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß nur die halbe Menge absetzbar ist, verdoppelt sich dadurch automatisch der Einkaufspreis, und auch der Verkaufspreis erhöht sich entsprechend (wenngleich er sich nicht verdoppelt, da die für ein gesundes Unternehmen erforderliche Handelsspanne prozentual kleiner werden kann bei größeren Einstandspreisen).

Um die Mengen besser nutzen zu können und die Kosten zu senken, haben wir beim ELV 8711 einen kleinen Kunstgriff angewandt, indem wir zwei Programme ganz unterschiedlicher Art in ein und denselben Prozessor implementiert haben. Dies wurde möglich, da das ursprünglich für den ELV 8711 vorgesehene Programmpaket des Funkuhren-Systems „C 64/IBM-PC" den Programmspeicher nicht voll nutzte, so daß ein weiteres kleines Programm zusätzlich darin untergebracht werden konnte (und zwar das hier vorliegende Programm des Zufallsgenerators für Beleuchtung). Durch eine externe Codierung, die der Prozessor als erstes unmittelbar nach dem Einschalten abfragt, arbeitet das System wahlweise nach dem einen oder anderen Programmsystem. Auf diese Weise können auch kleine Programme für mittlere Stückzahlen kostengünstig zum Nutzen des Kunden realisiert werden.

Wir würden uns freuen, wenn vorstehende Ausführungen und Erläuterungen etwas mehr zum Verständnis um die Belange der kundenspezifischen ICs beigetragen haben, wobei sich die Existenzberechtigung entsprechender Schaltkreise allein schon aus der nahezu grenzenlosen Funktionsvielfalt in bezug auf die vielfältigen Leistungsmerkmale ergibt (s. DCF 7000, WS 7000 oder auch den ELV-Fahrtcomputer). Hardwaremäßig sind solch aufwendige Systeme praktisch nicht mehr realisierbar, so daß man für zahlreiche Anwendungsfälle vor die Entscheidung gestellt wird: High-Tech und kundenspezifisch oder Verzicht auf wesentliche Leistungsmerkmale. Daß selbstverständlich darüber hinaus jede Menge Schaltungen mit sinnvollem Anwendernutzen nur mit Standardbauelementen aufgebaut werden können, dafür tritt das ELV-Ingenieurteam in jeder Ausgabe wieder vielfältig den Beweis an.

Doch fahren wir nun mit der eigentlichen Schaltungsbeschreibung fort.

Schaltungsbeschreibung

Das IC 1 des Typs ELV 8711 erhält seine positive Versorgungsspannung über den Anschlußpin 20 und die Massezuführung über Pin 10.

Die frequenzbestimmenden Bauelemente für den integrierten Oszillator werden durch C 2, 3 sowie L 1 realisiert.

Über die Beschaltung C 1, D 2, R 7 erhält das IC 1 an Pin 14 seinen Reset-Impuls unmittelbar nach dem Einschalten.

An Pin 11 des IC 1 steht die Information bezüglich der Umgebungshelligkeit an. Ein „High"-Signal (ca. + 4 V) entspricht hierbei der Information „Es ist hell" und ein „Low"-Signal (ca. 0 V) der Information „Es ist dunkel". In letzterem Fall leuchtet zusätzlich die LED D 6 auf, die ihren Steuerstrom über T 1 erhält. R 14 dient zur Begrenzung des LED-Stroms.

Der Ausgang Pin 16 des IC 1 wird über das als Komparator geschaltete IC 2 B gepuffert, dessen Ausgang (Pin 7) über R 11 das Gate des Triacs TC 1 ansteuert.

Ist dieser Triac gezündet, fließt der Strom vom Platinenanschlußpunkt ST 1 über die Sicherung SI 1 und dem Triac TC 1 zum Platinenanschlußpunkt ST 4. Von dort über den angeschlossenen Verbraucher zum Platinenanschlußpunkt ST 3 und ST 2. Der Stromkreis ist geschlossen. Ist der Triac gesperrt (Pin 7 des IC 2 B liegt auf „High"-Potential), kann in vorstehend beschriebenem Stromkreis kein Strom fließen, und der angeschlossene Verbraucher ist ausgeschaltet.

Zur Versorgung dieses Prozessorsystems wird eine Gleichspannung von ca. 5 V benötigt. Hierzu dient der 1 VA-Netztrafo in Verbindung mit der nachgeschalteten Gleichrichtung (D 3), Siebung (C 6) und Stabilisierung (IC 3). C 4 und C 5 bewirken eine zusätzliche Brumm- und Schwingneigungsunterdrückung.

Die Aufbereitung der vom Umgebungshelligkeitssensor D 5 kommenden Informationen erfolgt über den Operationsverstärker IC 2 A mit seiner Zusatzbeschaltung. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Je größer die Umgebungshelligkeit, desto höher ist der von D 5 in den Widerstand R 5 eingespeiste Strom und damit der Spannungsabfall an R 5. Dieser Spannungsabfall steht am nicht inventierenden (+) Eingang (Pin 3) des als Komparator geschalteten IC 2 A an. R 6 sorgt für eine geringe Hysterese und R 4 für eine leichte Verschiebung des Nullpotentials, damit beim Linksanschlag (Stellung „AUS") von R 2 die Schaltung auch tatsächlich ausgeschaltet ist.

Die Vergleichsspannung des Komparators wird direkt vom Mittelabgriff des Einstellreglers R 2 auf den invertierenden (–) Eingang (Pin 2) des IC 2 A gegeben. Je größer der hier anliegende Spannungswert eingestellt wird, desto früher wechselt der Ausgang (Pin 1) von „High"-Potential auf „Low"-Potential (ca. 0 V), wodurch die Schaltung freigegeben wird.

D 1 dient in Verbindung mit R 3 zur Erzielung einer hinreichend definierten Referenzspannung, die über R 1 nochmals herabgesetzt wird. Mit R 2 kann somit eine Spannung zwischen 0 V und ca. 0,45 V vorgewählt werden, die einen sinnvollen mit D 5/R 5 vergleichbaren Bereich überstreicht.

Zum Nachbau

Obwohl es sich um ein komplettes Mikroprozessorsystem handelt, gestaltet sich der Nachbau dieser interessanten elektronischen Schaltung recht einfach. Dies resultiert nicht zuletzt auf der Tatsache, daß sämtliche Bauelemente auf einer einzigen übersichtlich gestalteten Platine untergebracht sind.

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet.

Das Potentiometer R 2 wird von der Leiterbahnseite aus durch die entsprechende Bohrung gesetzt und auf der Bestückungsseite mit der zugehörigen Mutter fest verschraubt. Die drei Potianschlußbeinchen befinden sich hierbei entsprechend dem Bestückungsplan in den zugehörigen Bohrungen, wo sie auf der Leiterbahnseite zu verlöten sind.

Der Triac TC 1 des Typs BT 138/500 ist mit stehenden Beinchen auf den U-Kühlkörper zu setzen. Eine Schraube M 3 x 10 mm wird zuerst durch den Triac und dann durch die Kühlkörperbohrung gesteckt. Die Verschraubung erfolgt mit einer Mutter M 3, wie dies auch aus der Abbildung 1 ersichtlich ist.

Besondere Bedeutung kommt auch dem Einbau der beiden 5 mm LEDs D 5 und D 6 zu (Bild 1). Die Anschlußbeinchen dieser LEDs werden mit Silberschaltdrähten auf ca. 50 mm verlängert. Über je ein Beinchen von D 5 und D 6 wird ein ca. 40 mm langes Plexiglas-Abstandsröllchen geschoben, dessen Länge so bemessen wird, daß D 5 und D 6 entsprechend der Abbildung 1 im Gehäuse positioniert sind. Bei aufgesetztem Gehäusedeckel schließen die gerundeten LED-Frontseiten mit der Gehäusefront ab. Die Plexiglas-Abstandsröllchen sind in ihrer Länge ggf. anzupassen. Es ist hierbei gewollt, daß die Bohrungen im Gehäuseoberteil nur 4 mm Durchmesser aufweisen, um in Verbindung mit den dicht anliegenden LEDs ein Höchstmaß an Berührungssicherheit zu erhalten (es sollten auch keine Drähte o. ä. von außen in das Gehäuse gesteckt werden können).

Für die Verbindung zwischen der Platine und dem Stecker sowie der Steckdose verwenden wir ladrige flexible isolierte Zuleitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,75 mm². Zwei jeweils ca. 50 mm lange Abschnitte verbinden die spannungsführenden Anschlüsse des im Gehäuseunterteil integrierten Schukosteckers mit den Platinenanschlußpunkten ST 1 und ST 2. Zwei weitere ca. 100 mm lange Abschnitte führen von den beiden Polen der Schutzkontaktsteckdose im Gehäuseoberteil zu den Platinenanschlußpunkten ST 3 und ST 4. Eine weitere Verbindung, und zwar vom Schutzleiteranschluß der Steckdose direkt zum Schutzleiteranschluß des Stekkers wird mit einem ca. 100 mm langen gelbgrünen Leitungsabschnitt hergestellt (Querschnitt ebenfalls 0,75 mm²).

Die Befestigung der Leiterplatte im Gehäuseunterteil erfolgt über vier Schrauben M 3 x 16 mm, die von der Bestückungsseite aus durch die entsprechenden Bohrungen der Platine zu stecken sind. Zur Erzielung des gewünschten Abstandes zum Gehäuseunterteil werden vier 10 mm lange Abstandsröllchen darübergesetzt, um anschließend die Leiterplatte am Gehäuseboden festzuschrauben.

Wichtiger Hinweis

Obwohl ein Netztrafo verwendet wurde, steht im Betrieb die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher Netzspannung. Das Gerät darf daher nur in Betrieb genommen werden, wenn es sich in einem berührungssicheren ordnungsgemäß geschlossenen Gehäuse befindet. Sofern Messungen am eingeschalteten Gerät durchgeführt werden sollen, dürfen diese ausschließlich von Profis durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt und hinreichend mit den entsprechenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen vertraut sind. Außerdem ist bei Messungen unbedingt ein Trenntrafo vorzuschalten.

Die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind sorgfältig zu beachten.

Stückliste: Safety-light SL 400

Widerstände

220 Ω	R 11
1 kΩ	R 12, R 14
4,7 kΩ	R 3
8,2 kΩ	R 1
10 kΩ	R 7, R 8
47 kΩ	R 5
100 kΩ	R 9, R 10
20 MΩ	R 4, R 6
10 kΩ, Poti, 4 mm Achse	R 2

(R 13 entfällt)

Kondensatoren

18 pF	C 2, C 3
47 nF	C 5
1 µF/16 V	C 4
10 µF/16 V	C 1
220 µF/16 V	C 6

Halbleiter

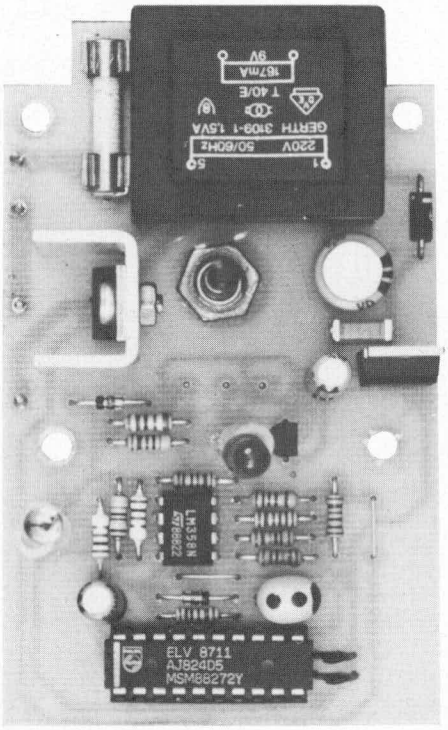
LM 358	IC 2
8711	IC 1
7905	IC 3
BC 558	T 1
BT 138	TC 1
1 N 4001	D 3
1 N 4148	D 1, D2
LED, 5 mm, rot	D 6
SFH 2030	D 5

(D 4 entfällt)

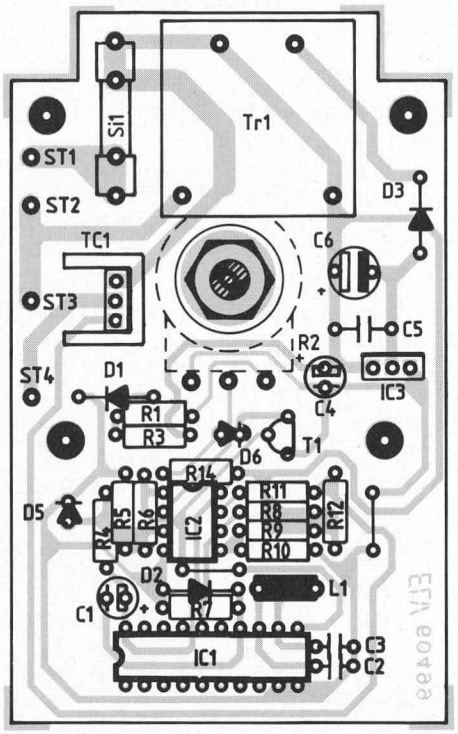
Sonstiges

51 µH Spule	L 1
Trafo prim.: 220 V/1,6 VA	TR 1
sek.: 9 V/180 mA	

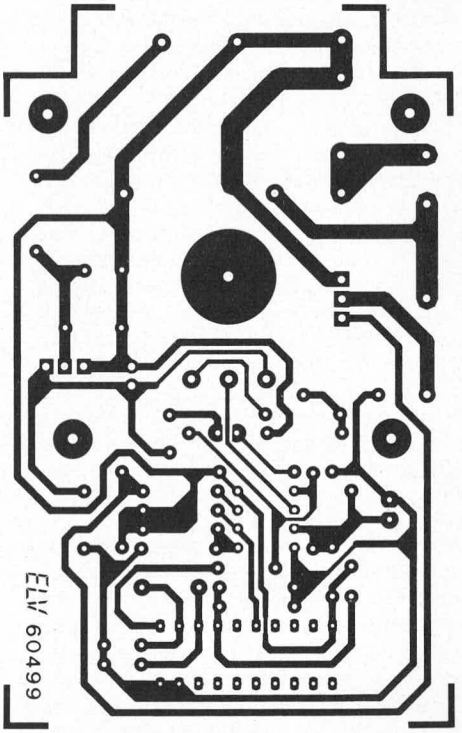
1 Platinensicherungshalter
U-Kühlkörper SK 13
1 Sicherung 2,5 A
4 Lötstifte
1 Schraube M 3 x 8
1 Mutter M 3



Ansicht der fertig bestückten Platine des SL 400



Bestückungsseite der Platine des SL 400



Leiterbahnseite der Platine des SL 400