



SUN-Protector

Teil 2

Der ELV-SUN-Protector informiert Sie rechtzeitig während des Sonnenbadens, wann die für Ihre Haut verträgliche Strahlungsdosis erreicht ist.

Zur Schaltung

Abbildung 1 zeigt das Schaltbild des ELV-SUN-Protectors. Die Versorgung erfolgt aus einer handelsüblichen 9 V-Blockbatterie. Bei einer mittleren Stromaufnahme von ca. 2,5 mA reicht eine Alkali-Mangan-Batterie für ca. 200 Betriebsstunden. In der eingezeichneten Schalterstellung von S 1 ist das Gerät ausgeschaltet.

Wird der Schiebeschalter S 1 in die linke Position gebracht (Kontakte 3 und 4 sowie 7 und 8 miteinander verbunden), ist der SUN-Protector aktiviert. Mit C 1 wird die Betriebsspannung gepuffert.

Die grundsätzliche Funktion des ELV-SUN-Protectors beruht darauf, daß die von einem Oszillator kommenden Impulse auf eine Teiler-/Zählerkette gegeben werden, deren Ausgang beim Erreichen eines bestimmten Zählerstandes einen Signalgeber aktiviert. Das Teilungsverhältnis wird hierbei in Abhängigkeit von der Sonnenintensität gesteuert und die Eingangsimpulsfrequenz wiederum nach Hauttyp, Hautzustand und Sonnenschutzfaktor vorgewählt.

Steigt z. B. die Sonnenintensität an, wird der Teilungsfaktor der Zählerkette heruntergeschaltet und dadurch ein früheres

Auslösen des Signalgebers bewirkt, denn bei einer erhöhten Strahlungsintensität sollte die Besonnungsdauer verkürzt werden. Entsprechendes gilt für die Impulsfrequenz.

Bei empfindlicher Haut (Hauttyp 1) beträgt die Oszillatorfrequenz ca. 100 kHz und beim Hauttyp 4 lediglich ca. 12 kHz, d.h. der Auslösezählerstand wird nach einer etwa 8mal so langen Zeitspanne wie bei Hauttyp 1 erreicht, was ja auch der Definition entspricht.

Zusätzlich wirken die einstellbaren Oszillatoren für den Hautzustand und den Schutzfaktor der Sonnencreme auf die Impulszahl ein. Doch kommen wir jetzt zur Schaltungsbeschreibung im einzelnen.

Der obere, mit dem IC 1 A, B aufgebaute Oszillator arbeitet je nach Stellung des Potis R 2 in einem Frequenzbereich von ca. 12 kHz bis 100 kHz, entsprechend einem Frequenzverhältnis von etwa 1 : 8, wodurch die 4 Hauttypen eingestellt werden können. Der Ausgang (Pin 4) des IC 1 B ist über R 26 auf den Zählereingang (Pin 10) des IC 3 vom Typ CD 4020 geführt.

Auf eine Besonderheit des Spannungsteilers R 26, 27 sowie R 28, 29 soll an dieser Stelle eingegangen werden. Wie bekannt ist, benötigen CMOS-Bausteine im Ruhezustand einen verschwindend

geringen Betriebsstrom, der zu höheren Schaltfrequenzen hin zunimmt, und zwar wiederum in Abhängigkeit von der Betriebsspannung. Hauptstromverbraucher in der Schaltung des ELV-SUN-Protectors stellen die 3 Oszillatoren IC 1 A, B, IC 1 C, D, sowie IC 2 A, B dar. Damit hier eine Verringerung der Stromaufnahme erreicht wird, erhalten IC 1 und IC 2 über den Vorwiderstand R 25 eine reduzierte Betriebsspannung, C 7 dient hierbei der Pufferung. Durch den Strombedarf von IC 1, 2 fällt an R 25 eine so hohe Spannung ab, daß diese beiden ICs nur noch mit ungefähr der halben Betriebsspannung arbeiten.

Da nun eine Pegelanpassung an die nachfolgende, mit voller Betriebsspannung arbeitende Digitalschaltung erforderlich ist, wurden die Spannungsteiler R 26, 27 und R 28, 29 eingefügt, die eine Anhebung in Richtung positiver Versorgungsspannung bewirken.

Grundsätzlich könnten auch noch weitere Schaltungsteile mit der geringeren Betriebsspannung versorgt werden, da letztlich nur das IC 7 für die Ansteuerung des Piezo-Summers die volle Spannung erfordert (zur Erzielung einer größtmöglichen Lautstärke). Schaltungstechnisch hat sich jedoch die vorstehend beschriebene Pegel-Schnittstelle mit nur 2 Verbindungspunkten als optimal erwiesen.

Fahren wir fort mit der Beschreibung der Teiler IC 3, 4. Über den Widerstand R 23 liegt der Reset-Eingang (Pin 11) des Teilers IC 3 wie auch der entsprechende Eingang des folgenden Zählers IC 4 auf der Schaltungsmasse (Low-Potential), d.h. in der rechten Schalterstellung von S 1 sind diese beiden Zähler freigegeben.

Welcher Teilungsfaktor des IC 3 für die Impulszählung der an Pin 10 anstehenden Eingangsfrequenz herangezogen wird, hängt von der Stellung der 3 in IC 5 integrierten Analogschalter ab. In der eingezeichneten Stellung gelangen die am Ausgang Q 9 (Pin 12) des IC 3 anstehenden Impulse über IC 5 A auf den Eingang (Pin 10) des nachfolgenden Zählers IC 4. Diese Schalterstellung entspricht einer besonders starken Sonnenintensität (größer 150 Kilolux (klx)) und einem Spannungsabfall an R 22 von mehr als 450 mV. Dieser Spannungsabfall resultiert aus einem Strom von der Fotodiode, seinerseits ausgelöst durch eine entsprechend große Sonnenintensität. Das Potential an Pin 6 des IC 6 B ist daher größer als an Pin 5, und der Ausgang (Pin 7) dieses Komparators führt Low-Potential, wodurch der Schalter IC 5 A die eingezeichnete Stellung einnimmt.

Sinkt die Sonnenintensität unter 150 klx, so sinkt auch der von D 7 in R 22 eingespeiste Strom, und das Potential an Pin 6 des IC 6 B sinkt unter die an Pin 5 anstehende Spannung. Daraufhin nimmt der Aus-

gang (Pin 7) des IC 6 B High-Potential an, und IC 5 A wechselt in die entgegengesetzte Schaltposition.

Der Signalpfad von IC 3 zu IC 4 führt nun nicht mehr vom Ausgang Q 9 (Pin 12), sondern vom Ausgang Q 10 (Pin 14) über die eingezeichnete Stellung des IC 5 B weiter über die gewechselte Schaltposition von IC 5 A zum Eingang (Pin 10) des IC 4.

Am Ausgang Q 10 des IC 3 steht nur die halbe Impulszahl wie an Q 9 an, wodurch der für die Auslösung des Signaltons erforderliche Zählerstand des IC 4 entsprechend später erreicht wird. Dieses Verhalten entspricht genau der gewünschten Wirkungsweise, denn eine geringere Sonnenintensität erlaubt eine längere Besonnungsdauer.

Sinkt die Sonnenintensität weiter ab, wechselt auch der Ausgang (Pin 14) des IC 6 C von ursprünglich High- auf nunmehr Low-Potential, und IC 5 B wechselt ebenfalls in die entgegengesetzte Position. Nun sind die am Ausgang Q 11 des IC 3 anstehenden Impulse für die Ansteuerung

des IC 4 verantwortlich, d.h. die Signale, von Pin 15 des IC 3 kommend, gelangen über IC 5 C zu IC 5 B, weiter über IC 5 A zu IC 4. Die Impulsfrequenz von Q 11 ist gegenüber Q 10 halb so groß und gegenüber Q 9 nur 1/4, d.h. die Besonnungsdauer kann aufgrund der weiter gesunkenen Sonnenintensität wiederum verlängert werden.

In der untersten Intensitätsstufe hat auch der Ausgang des IC 6 D (Pin 8) von High nach Low gewechselt, und die noch geringere Impulsfrequenz des Ausgangs Q 12 des IC 3 gelangt über die nun entgegengesetzte Position des IC 5 C weiter über IC 5 B und IC 5 A auf das IC 4. Die Sonnenintensität liegt dabei unterhalb 35 klx.

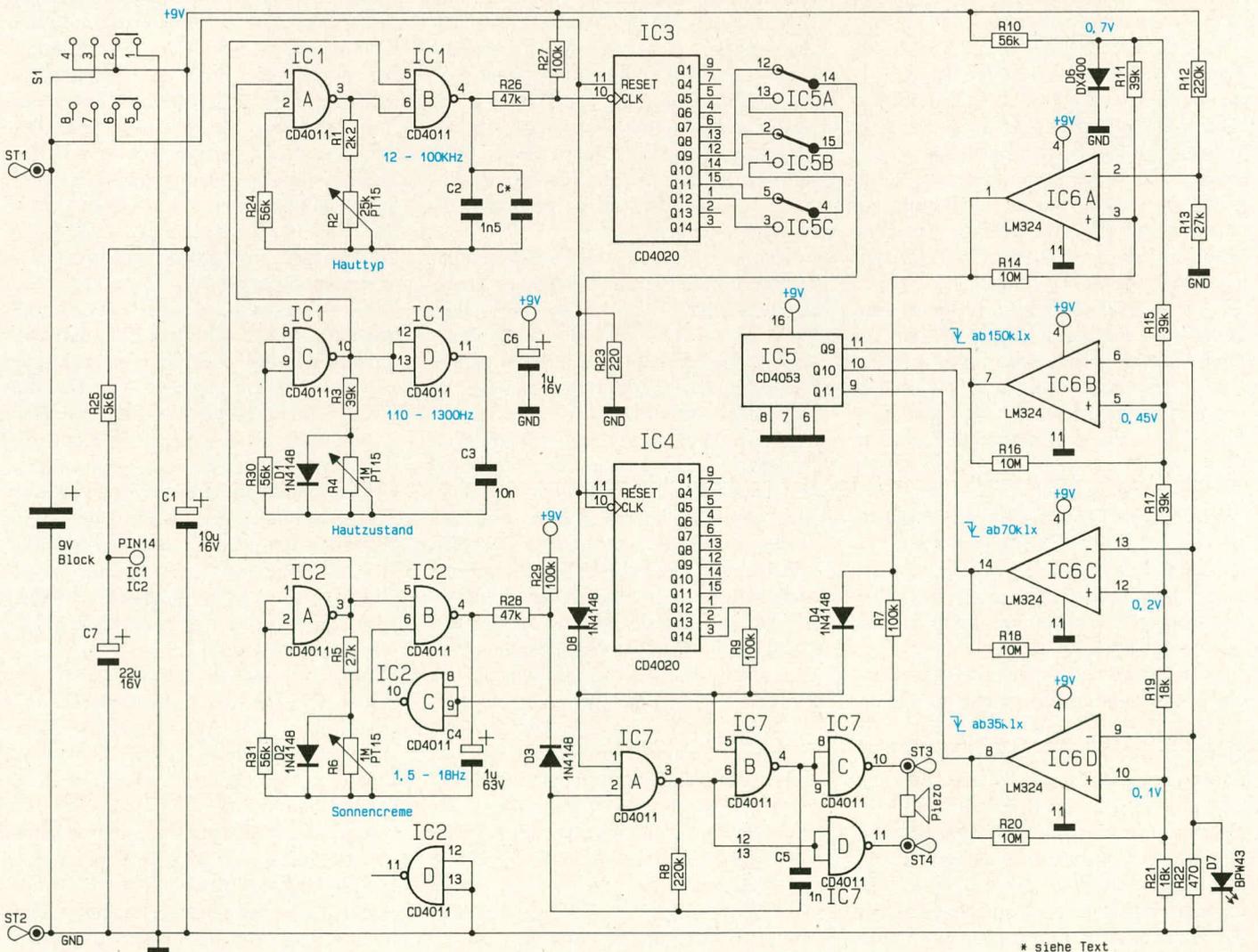
Nachdem das IC 4 an seinem Eingang (Pin 10) 8192 Impulse registriert hat, wechselt der Ausgang Q 14 (Pin 13) sein Poten-

tial von Low nach High, und die beiden Eingänge (Pin 1, 5) des Oszillators IC 7 A, B werden über R 9 freigegeben. Dieser mit R 8/C 5 bei ca. 2 kHz arbeitende Oszillator steuert über die Puffer IC 7 C, D den Piezo-Summer gegenphasig für eine möglichst große Lautstärke an.

Der mit IC 2 A, B aufgebaute Oszillator bewirkt über R 28, D 3 ein impulsartiges Sperren des Signaloszillators, wodurch ein periodisch unterbrochener Signalton erzeugt wird.

Wird vom Komparator IC 6 A eine Batterie-Unterspannung registriert, so wechselt der Ausgang (Pin 1) von Low nach High und gibt über D 4 den Signaloszillator IC 7 A, B frei zur Kennzeichnung, daß kein ordnungsgemäßer Betrieb des SUN-Protectors mehr gewährleistet ist. Zusätzlich wird über R 7 und IC 2 C der Impulsoszillator IC 2 A, B (an Pin 6) gesperrt. Die Folge ist ein 2 kHz-Dauerton als Signal für eine Unterspannung (im Gegensatz zum intermittierenden Ton beim Erreichen der gewünschten Strahlungsdosis).

Bild 1:
Schaltbild des ELV-SUN-Protectors



Die Referenzspannung für den Spannungs-Komparator IC 6 A wird über R 11 von der in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 10 als Referenzelement arbeitenden Diode D 6 zugeführt. Die zugehörige Batterie-Teilspannung gelangt über R 12, 13 auf den zweiten Eingang (Pin 2) des IC 6 A.

Zusätzlich werden von der Referenzdiode D 6 über den Spannungsteiler R 15, 17, 19, 21 die Eingangsspannungen der Komparatoren IC 6 B, C, D hergeleitet.

Kommen wir als nächstes zur Beschreibung der Einstellung von Hautzustand und Sonnencreme-Schutzfaktor (die Einstellung des Hauttyps hatten wir bereits anhand des Oszillators IC 1 A, B erläutert). Hautzustand und Schutzfaktor gehen multiplikativ in die Besonnungsdauer ein. Es mußte daher eine schaltungstechnische Lösung für die Multiplikation von 3 Faktoren gefunden werden.

Den ersten Faktor stellt die Frequenz des oberen, mit IC 1 A, B realisierten Oszillators dar. Die beiden darunter angeordneten Oszillatoren IC 1 C, D sowie IC 2 A, B sind als Impulsgeneratoren geschaltet. Sie geben eine konstante Impulslänge (= Dauer des High-Signals) und eine variable Pausenzeit ab. In der konstanten Impulszeit gibt der Oszillator IC 1 C, D den Oszillator IC 1 A, B über Pin 1 frei und IC 2 A, B analog dazu IC 1 A, B über Pin 5.

Je größer der mit dem Einstellregler R 4 vorgewählte Widerstandswert wird, desto größer ist auch die zugehörige Impulspause, in welcher IC 1 A, B über Pin 1 gesperrt wird. Diese eingestellte Sperrzeit reduziert die Anzahl der an den Eingang des Zählers IC 3 gelangenden Impulse. Besonders angenehm ist hierbei die Tatsache, daß der Drehwinkel von R 4 genau linear mit dem Faktor des einzustellenden Hautzustandes zunimmt. Gleiches gilt für den Schutzfaktor der Sonnencreme, der mit dem unteren Oszillator, IC 2 A, B, in entsprechender Weise vorwählbar ist.

Wichtig bei der Auswahl der Ansteuerfrequenzen der beiden Impulsgeneratoren ist, daß sich diese hinreichend voneinander unterscheiden, damit eine gegenseitige Beeinflussung, hervorgerufen durch Schwebungen, nicht auftreten kann.

Dem interessierten Leser wird im Verlaufe der Schaltungsbeschreibung vielleicht schon aufgefallen sein, daß keinerlei Abgleichpunkte vorhanden sind. Diese erfreuliche Tatsache beruht darauf, daß ein wesentlicher Teil der Schaltung rein digital arbeitet und der Genauigkeitsbestimmende Teil mit Komponenten aufgebaut werden konnte, die einen Abgleich im allgemeinen erübrigen. So kann die Frequenz des mit IC 1 A, B aufgebauten Oszillators hinreichend genau über R 1, R 2 in Verbindung mit einem eng tolerierten Folienkondensator (C 2) bestimmt werden. Sollte die

Abweichung dennoch bauteilbedingt etwas größer sein, steht zur Feinanpassung der parallelliegende Kondensator C_x zur Verfügung. Hierauf gehen wir jedoch unter dem Kapitel „Zum Nachbau“ noch näher ein.

Die Absolutfrequenzen der beiden Impulsgeneratoren (IC 1 C, D sowie IC 2 A, B) spielen eine untergeordnete Rolle, so daß z. B. die Kapazität des Elkos C 4 keinen relevanten Einfluß auf die Genauigkeit hat. Lediglich das Verhältnis von Impuls- zu Pausenzeit ist bei diesen beiden Generatoren von Bedeutung; es wird hauptsächlich durch das Widerstandsverhältnis von R 3 zu R 4 bzw. R 5 zu R 6 bestimmt.

Die Messung der Sonnenintensität wiederum basiert auf der vergleichsweise streuarmer Fotodiode des Typs BPW 43 in Verbindung mit einer Spannungsreferenz, die aufgrund der Fertigungstechnologie nur geringfügig schwankt. Der Temperaturkoeffizient von D 6 liegt bei ca. 2 mV/K, wodurch sich bei einem Temperaturanstieg von 25 °C auf 35 °C ein Fehler von rund 3 % ergibt. Dies spielt im allgemeinen keine Rolle, denn es ist unerheblich, ob die Besonnungsdauer z. B. 30 Minuten oder 30,9 Minuten beträgt. Würde die Schaltung hingegen nicht in ein weißes, sondern in ein schwarzes Gehäuse eingebaut werden, so könnte aufgrund der ungünstig hohen Strahlungsabsorption die extreme Aufheizung zu erheblichen Fehlern führen, weshalb ein weißes Gehäuse zwingend notwendig ist und nicht allein optische Gründe dafür sprechen.

Kommen wir zum Abschluß der Schaltungsbeschreibung zur mittleren „Test“-Schalterstellung von S 1 (Kontakte 2 und 3 sowie 6 und 7 miteinander verbunden). Auch in dieser Stellung von S 1 erhält die Elektronik ihre Versorgungsspannung von der 9 V-Blockbatterie zugeführt. Über die Kontakte 6 und 7 werden die beiden Reset-Eingänge von IC 3, 4 auf High-Potential gelegt und die Zähler dadurch zurückgesetzt. Zusätzlich liegt R 23 an der positiven Versorgungsspannung. Aufgrund seiner Dimensionierung stellt dieser Widerstand eine nennenswerte Belastung von knapp 0,4 W dar. Ist die Batteriekapazität weitgehend erschöpft, wird hierdurch die Spannung unter den Schwellwert des Komparators IC 6 A gezogen, und der Signalgeber ertönt unterbrechungsfrei als Kennzeichen für eine Batterieunterspannung. Vor der weiteren Benutzung des Gerätes ist daher die verbrauchte Batterie durch eine frische zu ersetzen. Ist die Batterie vollkommen erschöpft oder nicht angeschlossen, ertönt kein Signalton.

Bei ausreichender Batteriekapazität ist in der Schalterstellung „Test“ der intermittierende (unterbrochene) Signalton zu hören. Nun kann nach ca. 2 bis 3 Sekunden eine Stufe weiter geschaltet werden, und das Gerät nimmt seinen Betrieb auf.

Zum Nachbau

Der Aufbau ist denkbar einfach. Sämtliche Bauelemente sind auf einer einzigen, übersichtlich gestalteten Leiterplatte mit den Abmessungen 53 mm x 107 mm untergebracht.

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet. Der Schiebeschalter S 1 wird auf Lötstifte gesetzt, damit der Betätigungsknopf später ca. 3 mm über die Gehäuseoberseite hervorsteht. Hierbei kommen für die Schaltkontakte 8 Stifte ϕ 1,0 mm zur Anwendung, für die Eckbefestigung des Schalters 4 Stifte mit ϕ 1,3 mm. Alle überstehenden Drahtenden sind auf der Lötseite auf maximal 2 mm Restlänge abzukneifen. Die Fotodiode zur Messung der Sonnenintensität ist so einzulöten, daß die abgerundete Spitze des klaren Diodengehäuses 19 mm von der Bestückungsseite der Platine entfernt ist. Die Kuppe steht dann später ca. 2 mm aus dem Gehäuseoberteil hervor.

Zur Erzielung einer größtmöglichen Lautstärke wird der Piezo-Summer mit Zweikomponenten-, Sekunden- oder Alleskleber an geeigneter Stelle auf der Innenseite des Gehäuseoberteils angeklebt. Zuvor sind 2 ca. 5 cm lange, flexible, isolierte Leitungen an die Kontaktflächen dieses Summers anzulöten und mit den zugehörigen Platinenanschlüsselpunkten (ST 3, 4) zu verbinden. Die Polarität spielt dabei keine Rolle.

Der Batterieanschlußclip wird an die Platinenanschlüsselpunkte ST 1, 2 gelötet, wobei hier keine Lötstifte eingesetzt zu werden brauchen. Die rote Ader (Plus Zuleitung) wird in die Bohrung von ST 1 gesteckt, die schwarze Ader entsprechend in die Bohrung von ST 2 und auf der Leiterbahnseite verlötet.

Nun kann die so vorbereitete Konstruktion einem ersten Test unterzogen werden. Hierzu werden alle 3 Einstellregler an den Linksanschlag gebracht (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht) und die Fotodiode D 7 überbrückt (letztere Maßnahme erübrigt sich, wenn in Räumen gearbeitet wird, die keiner direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind).

Wird S 1 nun in Stellung „Test“ gebracht, muß ein intermittierender Signalton zu hören sein. Anschließend wird auf „On“ weitergeschaltet, und der ELV-SUN-Protector nimmt seinen Betrieb auf. Nach rund 20 Minuten muß der 2 kHz-Signalton aktiviert sein. Hierbei sind ohne weiteres Abweichungen von 20 % zulässig, da die Empfindung der menschlichen Haut hinsichtlich der Bestrahlung ungefähr logarithmisch verläuft, d. h. eine Verdoppelung der Bestrahlungsintensität hat im Mittel nur eine 25%ige Wirksamkeitserhöhung zur Folge.

Bei größeren Abweichungen sollte eine

Korrektur durch Anpassung des Kondensators C 2 erfolgen. Hierzu steht für den Feinabgleich der Parallel-Kondensator C_x zur Verfügung. Wird z. B. der Signalton unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen Grundeinstellung nicht nach 20 min., sondern bereits nach 14 min. ausgelöst (ca. 30 % früher), so ist der frequenzbestimmende Kapazitätswert entsprechend zu erhöhen. In unserem Fall müßte, damit man von 14 auf 20 min. Auslösezeit kommt, die Gesamtkapazität den Wert von

$$C_{ges.} = \frac{C_2 \times 20 \text{ min}}{14 \text{ min}} = 2,18 \text{ nF}$$

aufweisen.

Da C 2 bereits eine Kapazität von 1,5 nF aufweist, sind noch 680 pF (C_x) parallelzuschalten.

Wird hingegen der Signalgeber verspätet

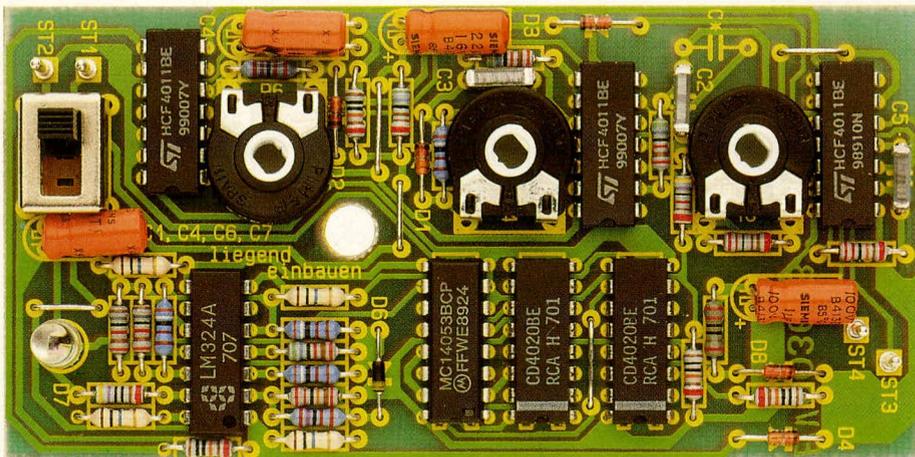
Überbrückung von D 7, sofern eingesetzt, wieder entfernt, ein 10 k Ω -Widerstand von Pin 6 des IC 6 B nach + 9 V gelegt und Pin 5 desselben ICs mit der Schaltungsmasse verbunden. Die Ausgänge der 3 Komparatoren IC 6 B, C, D müssen nun alle auf Low-Potential liegen.

Der während der Arbeiten am SUN-Protector auf „Off“ gestellte Schalter wird nun zunächst wieder in Mittelstellung („Test“) und anschließend in Stellung „On“ gebracht. Die jetzt auftretende Zeitspanne bis zum Ertönen des Signalgebers muß exakt 1/8 der zuerst gemessenen Zeitspanne, d. h. also 2,5 min. betragen.

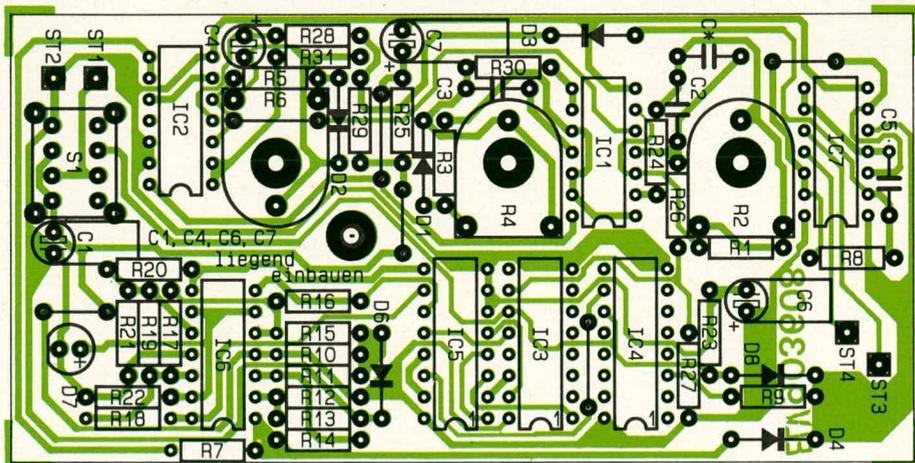
Nach Abschluß dieser Tests können zusätzlich die Frequenzen der 3 Oszillatoren gemessen werden, die ungefähr in den im Schaltplan angegebenen Dimensionen liegen müssen. Der erste (obere) Oszilla-

fen, kann die Leiterplatte in die untere Gehäusehalbschale (mit der durchgehenden Bohrung) eingesetzt werden. Da die Bohrung nicht exakt in der Mitte angeordnet ist, muß die Leiterplatte erforderlichenfalls um 180 Grad gedreht werden, damit ihre Befestigungsbohrung mit derjenigen des Gehäuses übereinstimmt. Die Batterie wird daneben angeordnet, der Gehäusedeckel aufgesetzt und von der Unterseite mit einer Knippingschraube festgeschraubt.

Abschließend sind die 3 Steckachsen zur Betätigung der Einstellregler einzusetzen und auf die richtige Länge zu kürzen, woraufhin die Drehknöpfe mit Deckeln und Pfeilscheiben angeschraubt werden. Nun steht dem Einsatz des ELV-SUN-Protectors nichts mehr im Wege, und die ELV-Redaktion wünscht Ihnen ungetrübten Sonnengenuß. **ELV**



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV-SUN-Protectors



Bestückungsplan der Platine (Originalgröße 53 x 107 mm)

ausgelöst, muß C 2 durch einen entsprechend kleineren Kapazitätswert ersetzt werden, wobei auch hier eine Feinabstufung mit C_x möglich ist. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß die Auslösung des Signalgebers um so später erfolgt, je größer die Kapazität der Parallelschaltung, bestehend aus C 2, C_x , ist.

Als nächstes wird die provisorische ELV journal 4/90

tor, dessen Einfluß auf die Zeitspanne bis zum Signalton wesentlich ist, wurde bereits anhand des zuvor beschriebenen Tests überprüft, während die beiden anderen Oszillatoren lediglich in ihrem Puls-Pausen-Verhältnis von Bedeutung sind und die angegebenen Frequenzen durchaus um +/- 50 % abweichen dürfen.

Sind alle Tests zur Zufriedenheit verlau-

Stückliste: SUN-Protector

Widerstände:

220 Ω	R 23
470 Ω	R 22
2,2k Ω	R 1
5,6k Ω	R 25
18k Ω	R 19, R 21
27k Ω	R 5, R 13
39k Ω	R 3, R 11, R 15, R 17
47k Ω	R 26, R 28
56k Ω	R 10, R 24, R 30, R 31
100k Ω	R 7, R 9, R 27, R 29
220k Ω	R 8, R 12
10M Ω	R 14, R 16, R 18, R 20
Trimmer, liegend,	
PT 15, 25k Ω	R 2
Trimmer, liegend,	
PT 15, 1M Ω	R 4, R 6

Kondensatoren

1nF	C 5
1,5nF	C 2
10nF	C 3
1 μ F/16V	C 4, C 6
10 μ F/16V	C 1
22 μ F/16V	C 7

Halbleiter

CD4011 (SGS)	IC 1, IC 2, IC 7
CD4020 (SGS/Toshiba)	IC 3, IC 4
CD4053	IC 5
LM324	IC 6
BPW43	D 7
DX400	D 6
1N4148	D 1-D 4, D 8

Sonstiges

Schiebeschalter, 2 x um+0	S 1
1 Piezo-Summer	
1 Batterieclip	
100 mm flexible Leitung, 0,22 mm ²	
100 mm Silberdraht	
8 Lötstifte, 1,3 mm ϕ	
8 Lötstifte, 1,0 mm ϕ	