

# Elektronische LötKolbenregelung

Schon seit der LötKolben noch auf dem Kohlefeuer erwärmt wurde, steht die Entwicklung dieses für die Elektronik unentbehrlich gewordenen Geräts nicht mehr still. LötKolben sind gegenwärtig in vielen Varianten erhältlich, wobei Material, Form und Leistung dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt werden können.

Die heute gebräuchlichen LötKolben lassen sich in drei Gruppen einteilen: LötKolben, die kontinuierlich erwärmt werden und solche, deren Lötspitzen-temperatur durch eine elektrische Regelung konstant gehalten wird. Elektrische Lötstippen nehmen eine Sonderstellung ein. Der wichtigste Vorteil der ersten Gruppe ist der günstige Preis (zwischen DM 20,— . . . DM 50,—); allerdings muß mit dem geringen Preis auch ein großer Nachteil in Kauf genommen werden: In Löt-pausen läuft die Lötspitzen-temperatur hoch, die Folgen kann man sich leicht vorstellen. Sobald die überhitzte Spitze ein empfindliches Bauteil berührt, kann ein irreparabler Schaden am Bauteil entstehen, außerdem setzt eine häufige Überhitzung die Lebensdauer der Spitze, aber auch der Heizwicklung spürbar herab. LötKolben geringer Leistung bergen bei starker Belastung die latente Gefahr kalter Lötstellen.

Dagegen bietet ein elektronisch geregelter LötKolben ausschließliche Vorteile, wenn man vom Anschaffungspreis einmal absieht (ca. DM 200,—). Die Entwicklung führt zu immer kleineren Prints und immer empfindlicheren Bauteilen, so daß an die Qualität des Lötgeräts immer höhere Anforderungen gestellt werden müssen. Aus diesem Grund sollte man bei der Neuanschaffung eines LötKolbens nicht am falschen Ende sparen, der Mehrpreis ist durch den Komfort und die zusätzliche Sicherheit schnell aufgewogen (zumal, wie gezeigt wird, der Selbstbau sich lohnt).

Vom elektronisch geregelten LötKolben wird nicht nur verlangt, daß er die Lötspitzen-temperatur konstant hält (innerhalb weniger K), sondern zusätzlich, daß die Temperatur der Lötspitze dem zu verlötenden Objekt optimal anzupassen ist oder die vom Hersteller vor-

**Elektronisch geregelte LötKolben bieten eine Reihe von Vorteilen: empfindliche Bauteile sind vor thermischer Überlastung gesichert, die Überhitzung der Lötspitze entfällt, damit steigt die Lebensdauer sowohl der Spitze als auch des Heizelements, usw.**

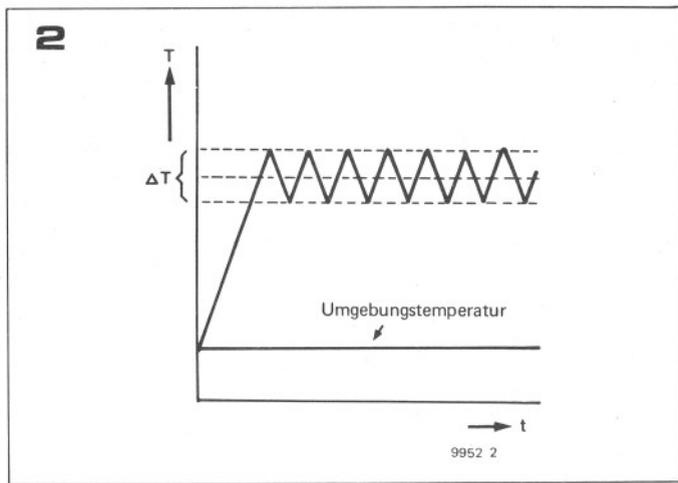
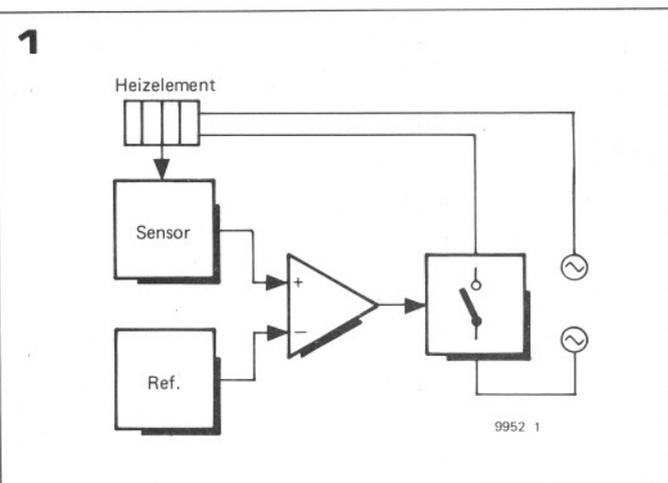
**Hier wird eine elektronische LötKolbenregelung beschrieben, die einfach im Nachbau und mit gängigen Bauteilen bestückt ist. Geeignete LötKolben mit eingebautem Temperaturfühler sind von mehreren Herstellern lieferbar.**

geschriebene Löttemperatur exakt eingestellt werden kann. Eine solche Schaltung zu entwickeln, stellt keine leichte Aufgabe dar, wenn der technische und finanzielle Aufwand in Grenzen bleiben soll, so daß der Nachbau für den Hobby-Elektroniker noch interessant ist.

Der Preis für das fertige Gerät wird dann auch etwa in der Mitte zwischen einem einfachen LötKolben und einem industriell gefertigten, elektronisch geregelten LötKolben liegen. Grundvoraussetzung für einen einfachen und sicheren Nachbau ist die Verwendung eines käuflichen LötKolbens mit einem in die Spitze eingebauten Temperaturfühler.

## Die elektronische Regelung

Bild 1 zeigt das Blockschema der elektronischen Temperaturregelung für den LötKolben. Im LötKolben befindet sich ein Sensor (so dicht wie möglich an der Lötspitze). Der Sensor liefert analog zur Temperatur eine Spannung, die mit einer Referenzspannung verglichen wird. Der Komparator steuert einen nachfolgenden Schalter, über den der Strom der Heizwicklung fließt. Ist die Sensorspannung niedriger als die Referenzspannung, so ist der Schalter geschlossen, die Lötspitze erwärmt sich. Erreicht die Temperatur den voreingestellten Wert, dann schaltet der Komparator, der Strom wird unterbrochen und die Spitze kühlt sich ab, bis der Komparator die Schaltschwelle erreicht und der Schalter schließt. Auf diese Art läßt sich die Temperatur der Lötspitze innerhalb gewisser Grenzen konstant halten. Innerhalb dieser Grenzen schwankt die Temperatur um einen Mittelwert. Die Spitztemperatur ist nämlich zu jedem Zeitpunkt eine andere als die des Temperaturaufnehmers, denn die Wärmeübertragung erfolgt relativ langsam und hängt in erster Linie von den Abmessungen, dem Material der Spitze und der eigenen Trägheit des Sensors ab. Die Abweichung von der Solltemperatur, durch die Trägheit des gesamten Regelsystems verursacht, ist schematisch in Bild 2 dargestellt. Um den eingestellten Sollwert erkennt man



**Bild 1.** Blockschema einer elektronischen Lötcolben-Temperaturregelung. Die vom Sensor gelieferte Spannung wird mit einer Referenzspannung verglichen und abhängig vom Resultat des Vergleichs der Strom durch das Heizelement ein- oder ausgeschaltet.

**Bild 2.** Diese typische Charakteristik ist für die meisten Temperaturregelungen zu erwarten. Zunächst nimmt die Temperatur vom Ausgangswert (zum Beispiel Raumtemperatur) bis zum gewünschten (eingestellten) Wert zu. Durch die Trägheit des Regelsystems findet ein mehr oder weniger starkes Überschwingen statt, bevor der Ausschaltvorgang einsetzt. Daraufhin sinkt die Temperatur wieder und wegen der Trägheit auch unter den eingestellten Wert, bis das Einschalten erfolgt. Die tatsächliche Temperatur schwingt also um einige Grad um den Sollwert; diese Schwingung ist für die elektronische Lötcolben-Temperaturregelung ohne Bedeutung.

PTC-Widerstand und damit einfacher in der Nähe der Lötspitze unterzubringen. Der Hauptvorteil dieser geringeren Größe liegt aber in der kleineren Masse, die das Thermoelement besitzt. Die Reaktion auf Temperaturänderungen ist erheblich schneller. Die Charakteristik (Spannung als Funktion der Temperatur) ist über einen großen Bereich nahezu linear, während bei NTC- und PTC-Widerständen deutliche Nichtlinearitäten auftreten. Zuletzt, aber sicher nicht weniger bedeutungsvoll, ist der fehlende Ruhestrom des Thermoelements (damit keine "Selbsterwärmung") zu nennen, sowie der geringere Preis, wenn es um Temperaturen von einigen hundert Grad geht.

### Die Elektor-Regelung

Aus dem Vorhergehenden wurde deutlich, daß das Thermoelement für diesen Anwendungsfall am geeignetsten erscheint. Beim Entwurf der Schaltung fiel dann auch die Wahl des Temperaturempfängers zugunsten des Thermoelements aus. Geeignete Lötcolben mit Regelelektronik sind von mehreren größeren und bekannten Herstellern lieferbar, von denen einige die Lötcolben auch ohne die elektronische Regelung vertreiben. Gerade der Selbstbau der elektronischen Regelung bewirkt die ansehnliche Ersparnis gegenüber einem fertigen Gerät. So ist zum Beispiel von der Firma Antex ein 35 W-Lötcolben (Antex CTC) inklusiv Thermoelement (XTC, 50 W, in Kürze lieferbar), von der Firma Ersa ein 50 W-Lötcolben (TE 50) und von Selekra ein 40 V/50 W-Lötcolben (TE 6) erhältlich. Die Zuverlässigkeit der Elektor-Regelung mußte zweifelsfrei bewiesen werden, deshalb wurde die Schaltung der Firma Antex zugeschickt, um von einem echten Insider ein Urteil zu erhalten. Zusammenfassend der Kommentar der Entwickler von Antex: "The performance of the sample tested should be perfectly adequate for the Home Constructor". Das bedeutet soviel wie: Die getestete Schaltung ist für den Hobby-Elektroniker hervorragend geeignet.

Die Elektor-Regelung arbeitet übrigens

den oszillierenden Temperaturverlauf. Die Steilheit der angenähert sägezahnförmigen Schwingung hängt auf der ansteigenden Flanke hauptsächlich von der Leistung der Heizwicklung und auf der abfallenden Flanke von der Wärmeentnahme (Abkühlung an der Luft und Wärmeabfuhr an Lot, Bauteile und Platine) ab. Praktisch sind die Temperaturschwankungen der Spitze aber so gering, daß ohne nennenswerte Ungenauigkeit von einer mittleren Temperatur gesprochen werden kann. Zur Einstellung und Einhaltung der vorgesehenen Temperatur sind bei den verschiedenen Herstellern jeweils andere Methoden gebräuchlich. Die Firma Weller zum Beispiel macht sich die Eigenschaften ferro-magnetischen Materials zunutze. Diese (oft unerwünschte) Eigenschaft ist der Verlust der magnetischen Fähigkeiten bei Temperaturen oberhalb der sogenannten Curie-Temperatur. In der Spitze eines solchen Weller-Lötcolbens befindet sich ein Stück ferro-magnetischen Materials mit der Curie-Temperatur, für die der Lötcolben bestimmt ist. Bei niedriger Temperatur ist das ferro-magnetische Material noch magnetisch, so daß ein Schalter geschlossen gehalten wird. Sobald die Temperatur den Curie-Punkt erreicht, verlieren sich die magnetischen Eigenschaften und der Schalter öffnet sich. Für alle gängigen Löttemperaturen sind Spitzen mit einem Stück ferro-magnetischen Materials des entsprechenden Curie-Punkts erhältlich. Andere Hersteller verwenden als Temperaturfühler NTC- oder PTC-Widerstände oder Thermolemente. Diese Bauteile sind meist Bestandteil einer Brückenschaltung. Ein Zweig dieser Brücke enthält einen einstellbaren Widerstand, mit dem sich die Brücke in den Gleichgewichtszustand versetzen läßt, das bedeutet praktisch, daß über diesen Widerstand die Temperatur der Lötspitze einstellbar ist.

Von den genannten Temperaturfühlern verdient das Thermolement den Vorzug. Die Gründe werden im Vergleich mit einem temperaturempfindlichen Widerstand klarer. Zunächst wären die Abmessungen anzuführen: Das Thermolement ist kleiner als ein NTC- oder

3

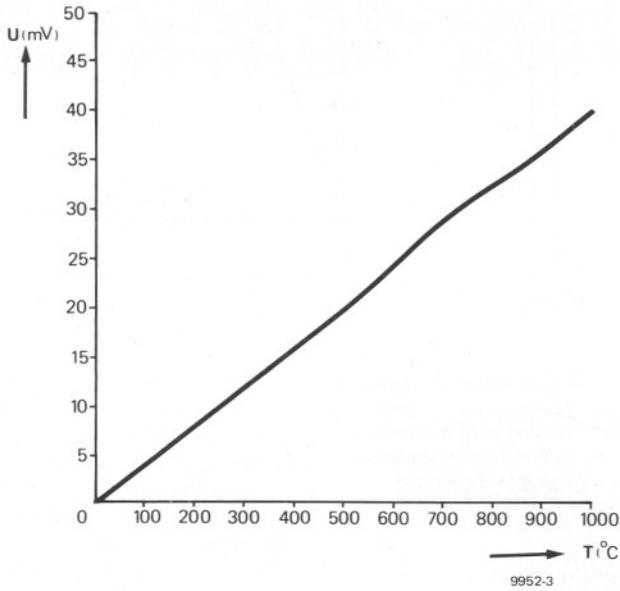
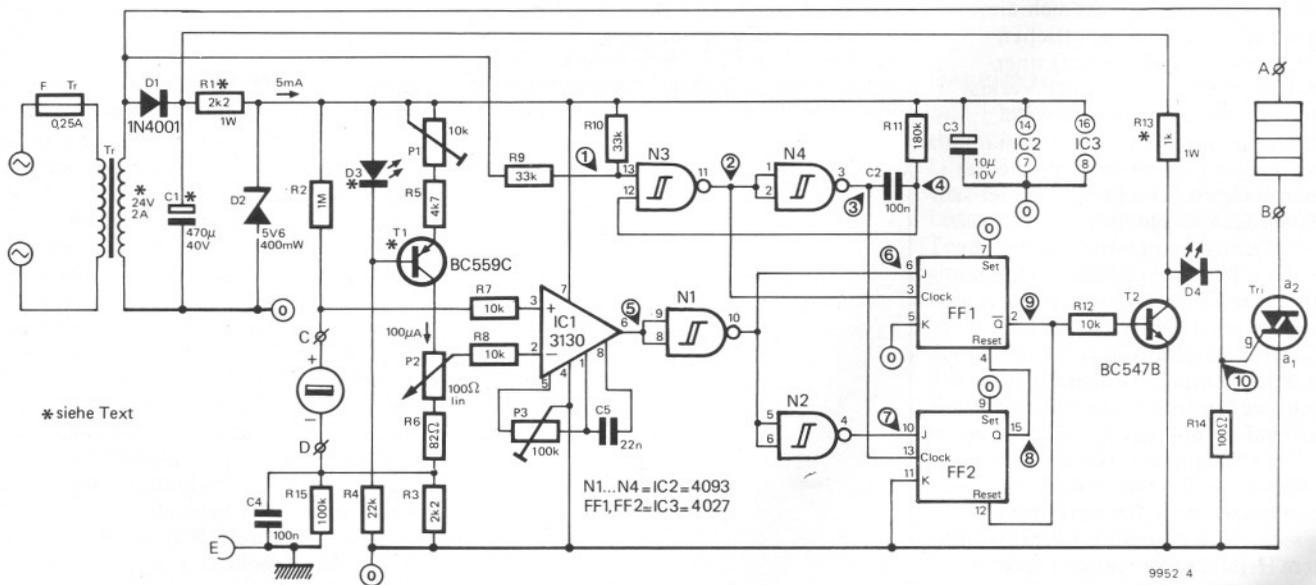


Bild 3. Die Temperatur-Spannungs-Charakteristik eines Nickel-Chrom/Nickel-Aluminium-Thermoelements, wie es auch zum Beispiel in Antex-Lötcolben Verwendung findet. Erfreulicherweise verläuft die Kurve im für diesen Anwendungsfall interessanten Bereich nahezu linear.

Bild 4. Schaltung der elektronischen Lötcolben-Temperaturregelung. Für eine 40 V-Version werden einige Bauteile nach Tabelle 1 abgeändert.

Bild 5. Impulsdigramm der Schaltung nach Bild 4. Die mit den Ziffern 1...10 bezeichneten idealisierten Kurvenverläufe treten in der Schaltung an den mit den gleichen Zahlen versehenen Stellen auf.

4

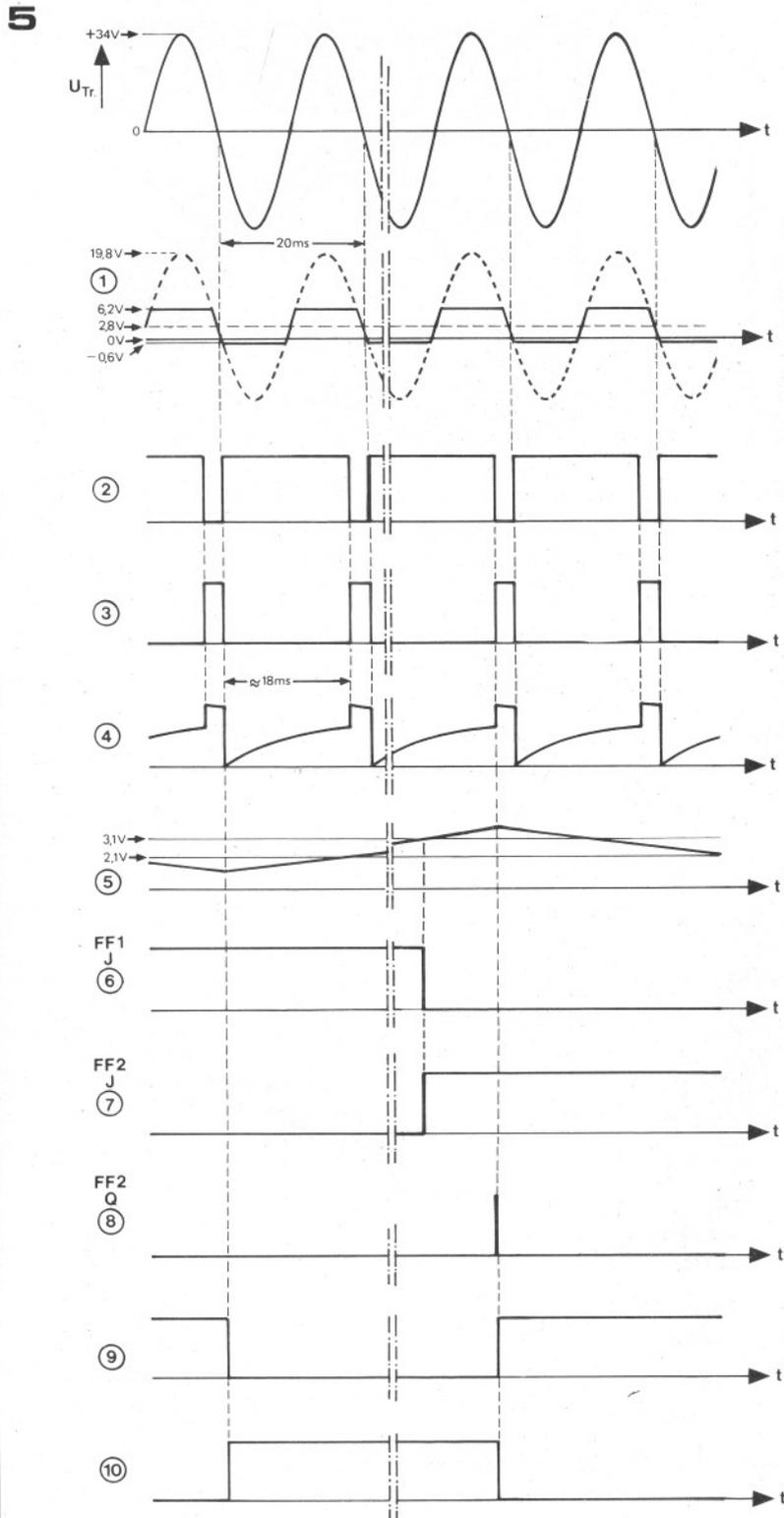


auch in Verbindung mit den meisten Lötcolben anderer als der genannten Hersteller; allerdings sind dann Anpassungen erforderlich. In Bild 3 ist die Charakteristik eines Thermoelements dargestellt. Zu erkennen ist der nahezu lineare Kurvenverlauf im für diesen Zweck interessanten Bereich von ca. 150...400°C. Ein Thermoelement (im englischen Sprachgebrauch "Hot Junction", womit der Kontaktpunkt der beiden Materialien des Thermoelements gemeint ist, der gleichzeitig als Meßpunkt dient) liefert eine von der

Temperatur abhängige Spannung. Ohne weiter auf die theoretischen Grundlagen einzugehen, sei hier nur gesagt, daß verschiedene Materialien zur Herstellung von Thermoelementen herangezogen werden können. Die unterschiedlichen Kombinationen liefern jeweils andere Ausgangsspannungen bei einer bestimmten Temperatur. Antex verwendet für die Lötcolben CTC und XTC Thermoelemente des Typs K, welche aus einer Kombination von Nickel-Chrom und Nickel-Aluminium bestehen. Bild 3 basiert auf diesem Typ.

**Die Schaltung**

Bild 4 zeigt die Schaltung der elektronischen Lötcolbenregelung. Mit Bild 5, das die wichtigsten Signale an den gekennzeichneten Stellen darstellt, fällt das Verständnis der Schaltung leichter. Zuvor muß aber noch erklärt werden, weshalb die Wahl gerade auf die verwendeten Bauteile fiel. Wie bereits erwähnt, ist während der Regelung die Stromzufuhr zum Heizelement zeitweise unterbrochen. Die Verwendung eines Relais bringt erhebliche Nachteile mit sich (Einbrennen



der Kontakte, Kontaktpellen, usw.), die mit einer rein elektronischen Lösung entfallen; der Triac bietet sich hierfür an. Der Triac besitzt den zusätzlichen Vorteil, daß der Einschaltmoment präzise wählbar ist, deshalb kann, um den Einschaltstrom so gering wie möglich zu halten, das Schalten während des Nulldurchgangs der Trafospaltung erfolgen. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß das Umschalten nur während des Nulldurchgangs möglich ist.

R4, D3, T1 und die Widerstände der

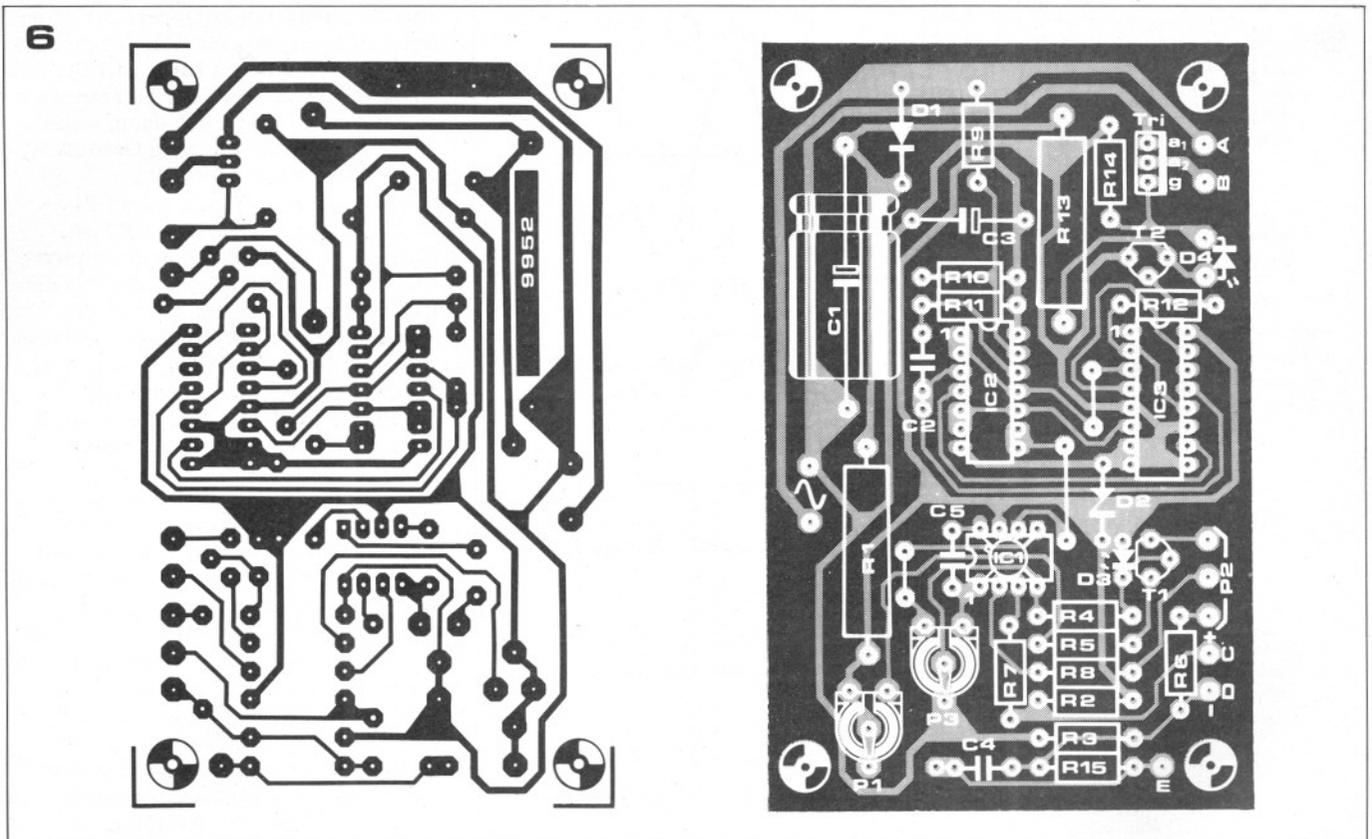
Emitterstrecke von T1 bilden eine einstellbare Stromquelle. D3 dient hier zur Basisvorspannungseinstellung und leuchtet kaum auf, denn es fließt nur ein geringer Strom. Der Vorteil dieser ungewöhnlichen Lösung liegt darin, daß die LED den gleichen Temperaturkoeffizienten wie T1 besitzt, die Stabilität der Stromquelle ist somit temperaturunabhängig. Dies gilt allerdings nur dann, wenn die Temperaturunterschiede nicht zu groß sind. Bei Montage der Schaltung und des Trafos in einem (Kunststoff-) Gehäuse, wenn

also die "Umgebungstemperatur" ohne weiteres gegenüber der Ruhetemperatur um 30 K höher liegen kann, ist D3 durch einen Widerstand von 8k2 zu ersetzen. Das gleiche gilt z.B. auch dann, wenn die Lötcolbenhalterung am Gehäuse montiert wird. Der durch P2 und R6 fließende Strom ist mit P1 einstellbar. Die Stellung von P2 ist maßgebend für die Spannung am invertierenden Eingang von IC1. Dies ist die Referenzspannung, mit der sich die gewünschte Temperatur des Lötcolbens einstellen läßt. Das Thermoelement ist auf der einen Seite mit dem Knotenpunkt von R6/R3 und auf der anderen Seite mit dem nichtinvertierenden Eingang von IC1 verbunden. Die Spannungsdifferenz an den Eingängen von IC1 wird hauptsächlich von der Spannung des Thermoelementes verursacht. Ist der Lötcolben noch kalt, dann ist die vom Thermoelement gelieferte Spannung sehr gering, demzufolge führt der Ausgang von IC1 niedrige Spannung. Steigt nun die Temperatur des Lötcolbens, so erhöht sich die Temperatur und damit auch die Spannung des Thermoelementes, so daß die Spannungsdifferenz an den Eingängen zunimmt und infolgedessen die Ausgangsspannung beim Überschreiten der Schaltschwelle des Komparators ansteigt.

Der Ausgang von IC1 führt auf einen Schmitt-Trigger N1, der schaltet, sobald die Eingangsspannung ca. 3,2 V erreicht und dessen Ausgangsspannung wieder auf null Volt sinkt, wenn die Eingangsspannung etwa 2,1 V unterschreitet. An dieser Stelle könnte dem Prinzip nach das Heizelement ein- und ausgeschaltet werden, nur ist noch nicht gewährleistet, daß das Schalten im Nulldurchgang der Trafospaltung erfolgt. Um dies zu erreichen, sind einige weitere Maßnahmen notwendig.

Die Trafospaltung liegt über die Widerstände R9 und R10 an der stabilisierten Versorgungsspannung von 5,6 V, so daß die Spannung am Knotenpunkt 1 (Eingang N3) der Trafospaltung folgt, nur daß sie zu jedem Zeitpunkt 2,8 V höher ist (R9 = R10). Der Teil der Kurve in Bild 5, der unter der 0,6 V-Linie liegt, ist gestrichelt hervorgehoben. In den CMOS-Schmitttriggern befindet sich nämlich eine Begrenzungsdiode, die negative Spannungen kurzschließt. Ebenso ist der Bereich oberhalb 6,2 V gekennzeichnet, denn eine weitere Diode leitet zu hohe Spannungen zur Versorgungsspannung des ICs ab.

Den Nutzen der Potentialverschiebung verdeutlicht Bild 5. In dem Augenblick, in dem die Trafospaltung null Volt wird, ist die Spannung am Punkt 1 2,8 V. Da der Schmitt-Trigger seinen Ausgangszustand ändert, wenn die Schaltschwellen von 2,1 und 3,1 V überschritten werden, kann man sagen, daß trotz der Hysterese dann umgeschaltet wird, sobald die Spannung den Null-



punkt erreicht (Bild 5, 2). Die geringe Abweichung vom idealen Schaltpunkt läßt sich durch einen regelbaren Widerstand R9 beseitigen, ein Oszilloskop ist dabei aber unentbehrlich; in der Praxis wirkt sich der minimale Fehler jedoch nicht nachteilig aus.

Wenn beide Eingänge von N3 logisch 1 sind, dann ist der Ausgang logisch 0 und, da N4 als Inverter geschaltet ist, nimmt der Ausgang von N4 den Zustand logisch 1 an; C2 ist deshalb nicht geladen. Wird nun Punkt 1 logisch 0, dann wird, weil C2 nicht geladen war, auch Punkt 4 logisch 0. Über R11 läßt sich C2 aber sofort wieder auf. Die Zeitkonstante für das RC-Glied aus R11/C2 beträgt 18 ms. Nach etwas weniger als 18 ms ist die Spannung an Pin 12 von N3 so hoch, daß sie als logische 1 erkannt wird. In diesem Moment ist die Spannung an Pin 13 von N3 wieder logisch 1, so daß Punkt 3 logisch 1 wird. Da der Kondensator bereits aufgeladen ist, würde die Spannung weiter ansteigen, wenn die Begrenzungsdiode dies nicht verhinderte. Der Kondensator entlädt sich sehr schnell (Bild 5 4) und es beginnt ein neuer Zyklus.

Die Signale der Punkte 2 und 3 bilden die Clock-Signale der Flipflops FF1 und FF2. Die J-Eingänge sind mit den Punkten 6 und 7 verbunden, deren Spannung von der LötKolbentemperatur abhängt, während die K-Eingänge an Masse liegen. Nur wenn die J-Eingänge logisch 1 sind, kann sich der Clock-Impuls auswirken und den Zustand des Flipflops verändern. Die Spannung an Punkt 5 ist gegenüber 6 invertiert und bei einer logischen 0 an Punkt 5 kann die erste positive

Flanke von 2 den Ausgang  $\bar{Q}$  von FF1 (Punkt 9) auf logisch 0 setzen; das Sperren von T2 und Durchschalten des Triacs ist die Folge: Der LötKolben erwärmt sich. Die Spannung an 5 steigt nun bis zur Triggerschwelle von N1 an: N1 schaltet um, 6 wird logisch 0, Punkt 7 dagegen 1 und bei der ersten folgenden positiven Flanke von Punkt 3 wird der Ausgang Q von FF2 logisch 1 und setzt damit FF1 zurück, hierdurch wird Punkt 9 logisch 1 und FF2 zurückgesetzt. T2 leitet wieder, das Triac wird nicht mehr gezündet und damit die Stromzufuhr zum Heizelement unterbrochen. Jetzt sinkt die Spannung an Punkt 5 wieder bis die untere Triggerschwelle erreicht ist. Der beschriebene Ablauf beginnt aufs neue. LED D4 zeigt die Aufheizphasen an, d.h., wenn D4 leuchtet, ist das Triac gezündet.

### Der Bau

Bild 6 zeigt das Platinen-Lay-out und den Bestückungsplan nach der Schaltung aus Bild 4. Auf der Platine sind die Anschlußpunkte A... E aus dem Schaltplan leicht wiederzufinden; es sind die Anschlüsse für den LötKolben. Bild 7 zeigt den DIN-Stecker des Antex CTC-LötKolbens mit Angabe der Anschlüsse A... E und der Farbkennzeichnung der Anschlußdrähte. Der Triac braucht im Normalbetrieb kein Kühlblech; wenn aber das verwendete Gehäuse sehr klein und luftdicht ausgeführt ist und der LötKolben eine höhere Leistung abgeben muß, ist ein Kühlkörper doch empfehlenswert (Lüftungsbohrungen nicht vergessen).

### Stückliste

#### Widerstände:

R1 = 2k2 1 W  
 R2 = 1 M  
 R3 = 2k2  
 R4 = 22 k  
 R5 = 4k7  
 R6 = 82  $\Omega$   
 R7, R8, R12 = 10 k  
 R9, R10 = 33 k  
 R11 = 180 k  
 R13 = 1 k 1 W  
 R14 = 100  $\Omega$   
 P1 = 10 k Trimmer  
 P2 = 100  $\Omega$  lin Potentiometer  
 P3 = 100 k Trimmer

#### Kondensatoren:

C1 = 470  $\mu$ /40 V  
 C2 = 100 n  
 C3 = 10  $\mu$ /10 V  
 C4 = 100 n  
 C5 = 22 n

#### Halbleiter:

D1 = 1N4001  
 D2 = 5V6/400 mW  
 D3 = LED rot  
 D4 = LED  
 T1 = BC 559C  
 T2 = BC 547B  
 Tri = 2 A/100 V  
 IC1 = CA 3130  
 IC2 = 4093  
 IC3 = 4027

#### Sonstiges:

Trafo 24 V/2 A  
 Sicherung 0,25 träge  
 LötKolben mit eingebautem Temperaturfühler z.B. Antex CTC oder XTC, Ersa TE50, Selekttra TE 6 (40 V!)

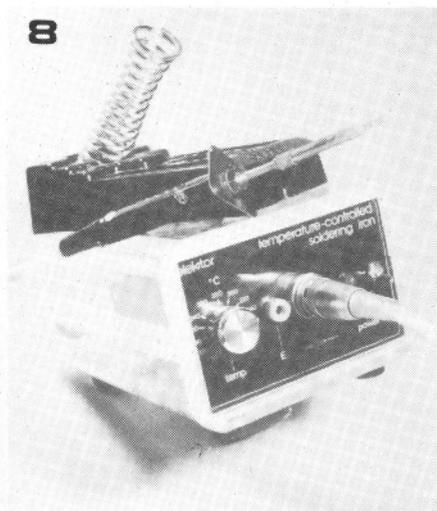
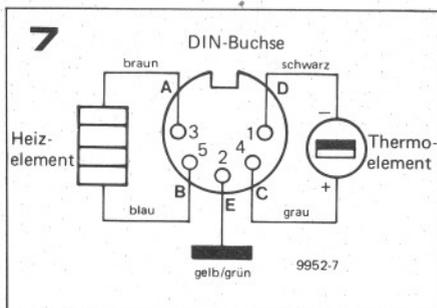


Bild 6. Platinenlayout und Bestückungsplan nach der Schaltung in Bild 4.

Bild 7. Der Antex-LötKolben ist mit einem DIN-Stecker versehen. Die Punkte A . . . E korrespondieren mit den Anschlüssen A . . . E auf der Platine. Anschluß E ist als Masseanschluß gekennzeichnet und mit den Metallteilen des LötKolbens verbunden. Eventuell kann dieser Anschluß auf ein anderes Potential gelegt werden, zum Beispiel auf das der Platine, auf der gerade gelötet wird. Auf keinen Fall darf die Masse der Regelelektronik geerdet werden.

Bild 8. Das Foto macht deutlich, wie kompakt der Aufbau des kompletten Geräts erfolgen kann.

Tabelle 1. Diese Änderungen in der Dimensionierung sind für die 40 V-Version (Versorgungsspannung) erforderlich. Auf diese Weise können leicht LötKolben der Firma Selekttra eingesetzt werden. Leider ist die Farbkennzeichnung der Anschlüsse noch nicht einheitlich geregelt. Bei Selekttra ist der Minus-Anschluß des Thermoelements grün, der Plus-Anschluß rot gekennzeichnet und die Anschlüsse des Heizelements braun und schwarz.

Tabelle 1.

40 V-Version	
U <sub>tr</sub>	40 V/1 A
R <sub>1</sub>	4k7, 3 W
C <sub>1</sub>	470 µ/63 V
R <sub>13</sub>	2k2, 3 W
T <sub>1</sub>	BC 546

Bild 8 zeigt das Elektor-Labormuster des elektronisch geregelten LötKolbens. Das Gehäuse besteht aus Gründen der besseren Demonstration aus Plexiglas. Die LötKolbenhalterung ist in den verschiedensten Ausführungen in den meisten Elektronik-Fachgeschäften erhältlich. Die abgebildete Halterung ist für LötKolben geringerer Leistung nicht ideal geeignet. Durch den Kontakt zwischen LötKolben und Metallspirale wird ständig Wärme abgeführt, häufiges Einschalten der Heizung ist die Folge. Es gibt Haltesysteme, die den direkten Kontakt vermeiden, sie sollten bevorzugt werden.

### Der Abgleich

Nach dem sorgfältigen Aufbau folgt der Abgleich, der für die einwandfreie Funktion des Gerätes leider nicht zu umgehen ist. Zuerst schließt man die Eingänge von IC1 kurz, der LötKolben ist dabei noch nicht angeschlossen. Mit P3 läßt sich die Ausgangsspannung von IC1 auf null Volt einstellen; zunächst wird der Punkt ermittelt, bei dem D4 aufleuchtet, dann der Schleifer soweit zurückgedreht, bis D4 gerade erlischt. Der Kurzschluß wird wieder beseitigt und der Schleifer von P2 bis zum Anschlag in Richtung R6 gedreht. Jetzt erfolgt die Inbetriebnahme des LötKolbens. Die Spitze wird gegen ein Stück Lötdraht gehalten. Das Elektronik-Lötzinn 60/40 besitzt einen Schmelzpunkt von 189°C. Bei etwa 185°C ist aber schon ein merkliches Erweichen festzustellen. Mit P1 wird nun langsam versucht, die Temperatur so einzustellen, daß man sich kurz vor dem Schmelzpunkt des Lots befindet (185°C). P1 muß also so justiert sein, daß das Lot

nur weich bleibt, der Strom sich aber immer wieder abschaltet (D4 erlischt). Dann ist es möglich, mit P2 den Temperaturbereich der Lötspitze von 185°C . . . 400°C einzustellen. Da im allgemeinen keine weiteren Referenztemperaturen zur Verfügung stehen, muß man sich auf andere Art und Weise helfen, um eine Temperaturskala mit ausreichender Genauigkeit zu erhalten. Für einen beliebigen Widerstandswert von P2 (zwischen 0 . . . 100 Ω) gilt die folgende Zahlenwertgleichung:

$$T = 185 + (P_2/82) \cdot 185$$

$$P_2 \text{ in } \Omega; T \text{ in } ^\circ\text{C}$$

Diese Methode ist genau genug.

### Hinweise

Das Labormuster arbeitete in Verbindung mit dem Antex CTC-LötKolben, es wurde aber bereits erwähnt, daß auch andere Typen, vor allem wenn sie mit einem Thermoelement ausgestattet sind, ebenso einwandfrei funktionieren. Es sind auch LötKolben mit Thermoelementen im Handel, die eine Betriebsspannung von 40 V benötigen. Aus Tabelle 1 gehen die dann erforderlichen Abänderungen hervor. Um Problemen aus dem Weg zu gehen, sollte die Versorgungsspannung der Platine, auf der gerade gelötet wird, in jedem Fall abgeschaltet sein. Zuletzt sei noch gesagt, daß die Anwendung dieser elektronischen Temperaturregelung nicht auf LötKolben begrenzt zu sein braucht, viele andere Einsatzmöglichkeiten sind denkbar: Zentralheizung, Bügeleisen usw., allerdings sind in der Regel Modifizierungen erforderlich.

