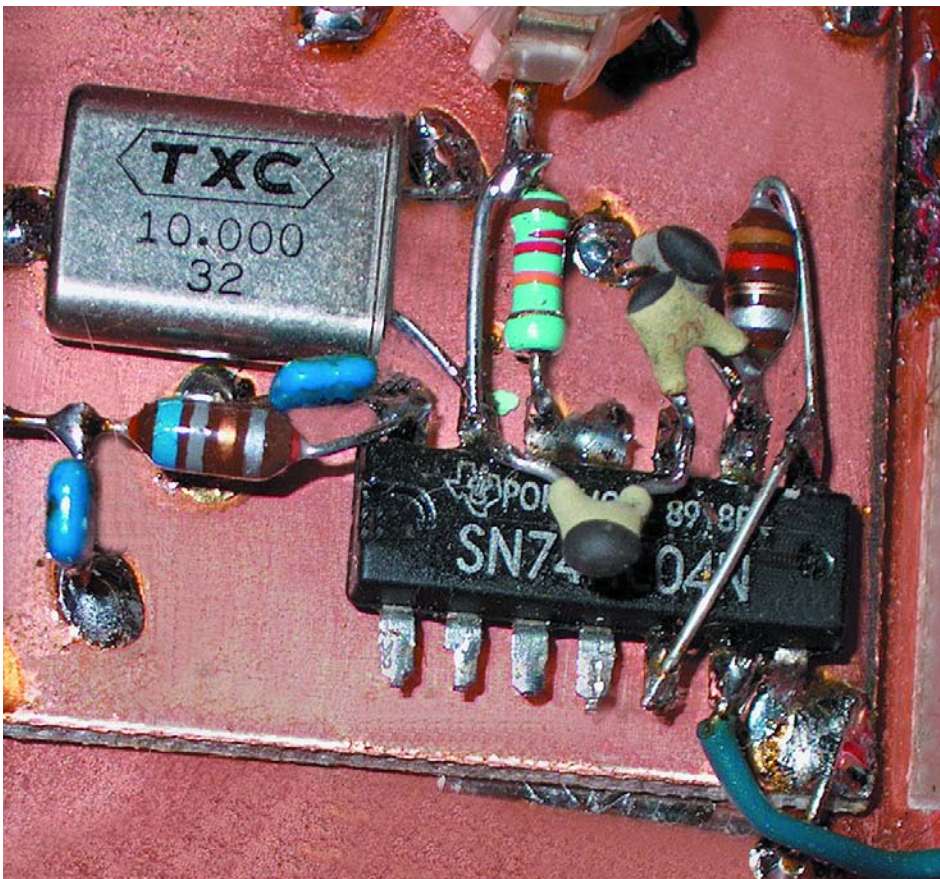


HF-Schaltungen bauen

Ohne gedruckte Verdrahtung

Von Gert Baars

Für den fachgerechten Aufbau einer HF-Schaltung braucht man nicht unbedingt eine geätzte und gebohrte Platine. Ein Stück unbearbeitetes Platinen-Material ist die Basis, auf der eine HF-Schaltung mindestens ebenso bequem aufgebaut werden kann. Diese Methode hat sogar einige Vorzüge, insbesondere wenn die Schaltung mit Signalen sehr hoher Frequenz arbeitet.



Das insbesondere unter den aktiven Funkamateuren als "Spin-Methode" bekannte Verfahren ist eine spezielle Art des "fliegenden" (oder auch "schwebenden") Aufbaus einer Schaltung. Die Anschlüsse der Bauelemente werden unmittelbar, ohne zusätzliche verbindende Leitungen oder Leiterbahnen aneinander gelötet. Die Kupfer-Fläche einer unbearbeiteten Platine ist die Basis für die Masse-Stützpunkte, sie gibt dem Aufbau den nötigen mechanischen Halt. Wo die mechanische Stabilität allein durch die Masse-Stützpunkte nicht ausreicht, werden Inseln aus der Kupferschicht ausgefräst und als zusätzliche Stützpunkte verwendet, oder es werden kleine Platinen-Reststücke mit Sekundenkleber oder doppelseitigem Klebeband auf die Träger-Platine aufgeklebt. Der Schaltungsaufbau sieht dann zwar nicht so professionell wie beim Gebrauch einer "richtigen" Platine aus, doch das Ziel ist wesentlich schneller erreicht. Es muss kein Platinen-Lay-out entworfen werden, und das Ätzen und Bohren entfällt. Die

beschriebene Methode bietet sich zum Beispiel für den Probe-Aufbau während der Entwicklungsphase einer Schaltung an, denn notwendige oder experimentelle Schaltungsänderungen lassen sich besonders leicht durchführen.

Der erfolgreiche Aufbau von Schaltungen aus der Hochfrequenz-Technik ist manchmal nicht ganz einfach. Hochfrequente Signale verhalten sich anders als Gleichspannungen, für sie gelten eigene Gesetzmäßigkeiten. Damit die aufgebaute Schaltung wie erwartet arbeitet, dürfen diese Gesetzmäßigkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Von den Regeln, die beim Aufbau von HF-Schaltungen nach der hier beschriebenen Methode zu beachten sind, wird später noch die Rede sein.

Vorbereitung

Der erste Schritt ist das Absägen eines Stücks Platinen-Material in der richtigen Größe von einem käuflich erworbenen Stück. Die Trägerplatte für die aufzubauende Schaltung darf weder zu groß noch zu klein sein. Als Nächstes muss die Kupferfläche gründlich gereinigt werden. Geeignet ist dazu handwarmes Wasser und ein Scheuerschwamm, wie er in der Küche zum Reinigen von Töpfen und Pfannen verwendet wird. Ein Scheuer-Reinigungsmittel, zum Beispiel Cif oder Vim, erleichtert diese Arbeit. Auch ein kleiner Bausch Stahlwolle oder ein Stück fein gekörntes Schleifpapier können die Kupfer-Oberfläche nachhaltig von Schmutz und Oxidation befreien (**Bild 1**). Im Haushaltswaren-Handel werden so genannte Poli-Blöcke angeboten, sie sind für diesen Zweck ebenfalls bestens geeignet. Nachdem die Platine gesäubert ist, kann sie eventuell versilbert werden. Hobby-Fachmärkte bieten hierfür Silber-Lösungen in kleinen Fläschchen an, die lediglich mit einem Wattebausch auf die Kupferfläche aufgetragen werden müssen. Versilbert lässt sich zwar die Kupferfläche leichter löten, zwingend notwendig ist das Versilbern jedoch nicht. Für die Arbeitsweise der Schaltung hat das Versilbern nur dann Vorteile, wenn die Signal-Frequenzen extrem hoch sind. In jedem Fall empfehlenswert ist

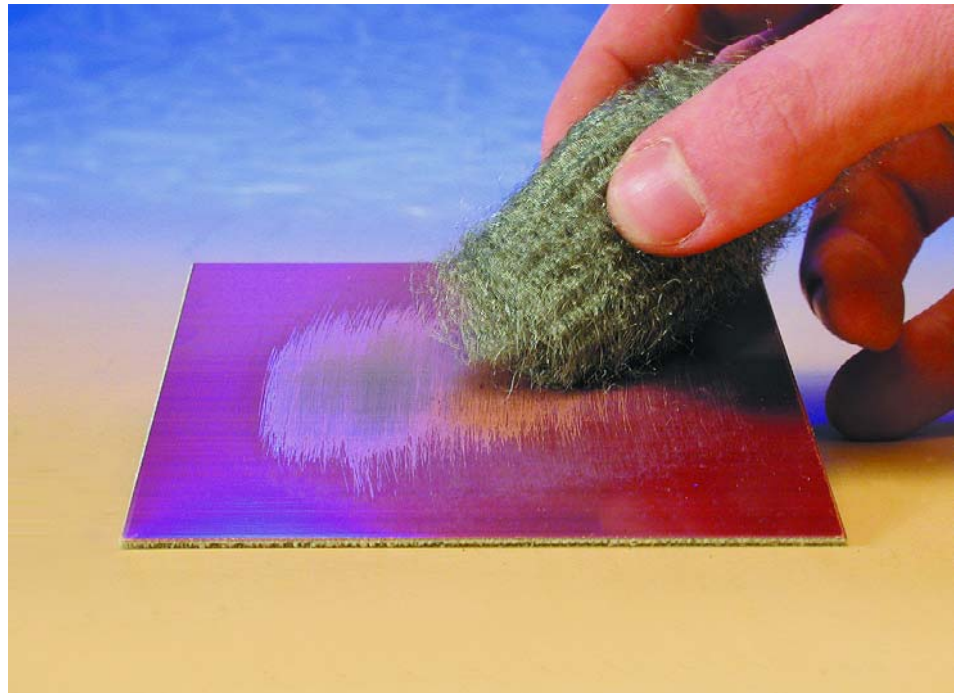


Bild 1. Zuerst wird die Platinen-Oberfläche von Verunreinigungen und Oxid-Ansätzen gesäubert.

dagegen das Schützen der Kupfer-Oberfläche mit Lötack. Die Oberfläche bleibt dadurch nicht nur ansehnlich glänzend, sondern sie kann auch noch Jahre später mühelos gelötet werden. Eine gute Idee ist das Abtrennen eines Steges von der übrigen Kupfer-

ferfläche entlang einer Platinen-Kante. Der nicht mehr mit der Masse-Fläche verbundene Steg kann als Zubringer für die Betriebsspannung zu den verschiedenen Bauelementen dienen. Abtrennen lässt sich der Steg am besten durch zwei parallele Schnitte mit einem scharfen Teppich-Messer. Die zwischen den Schnitten liegende Kupferbahn

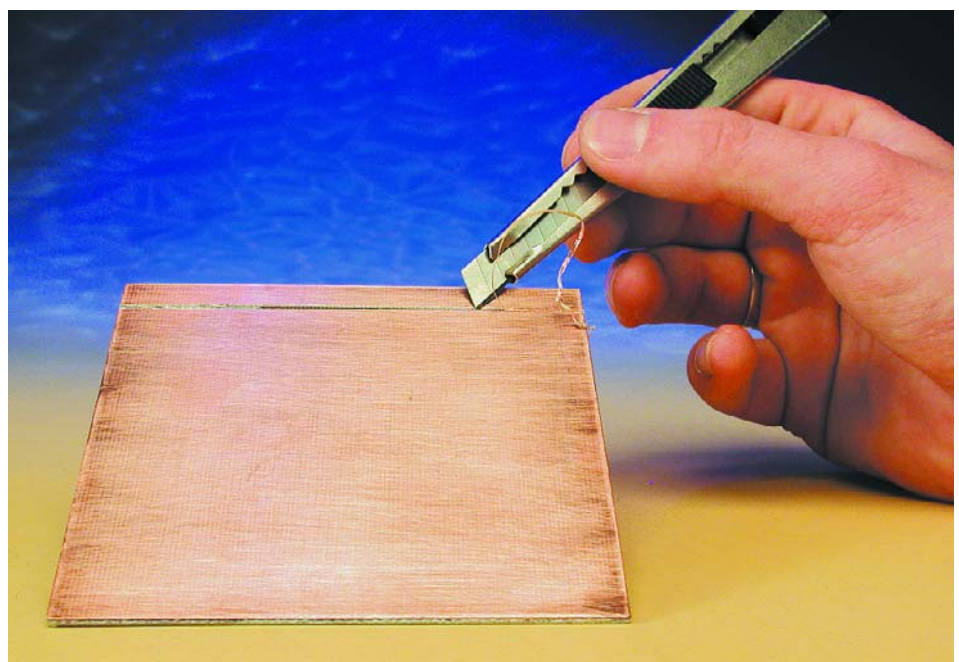


Bild 2. Mit einem scharfen Messer oder einer Fräse wird ein Steg abgetrennt, der als Schiene für die Betriebsspannung dienen kann.

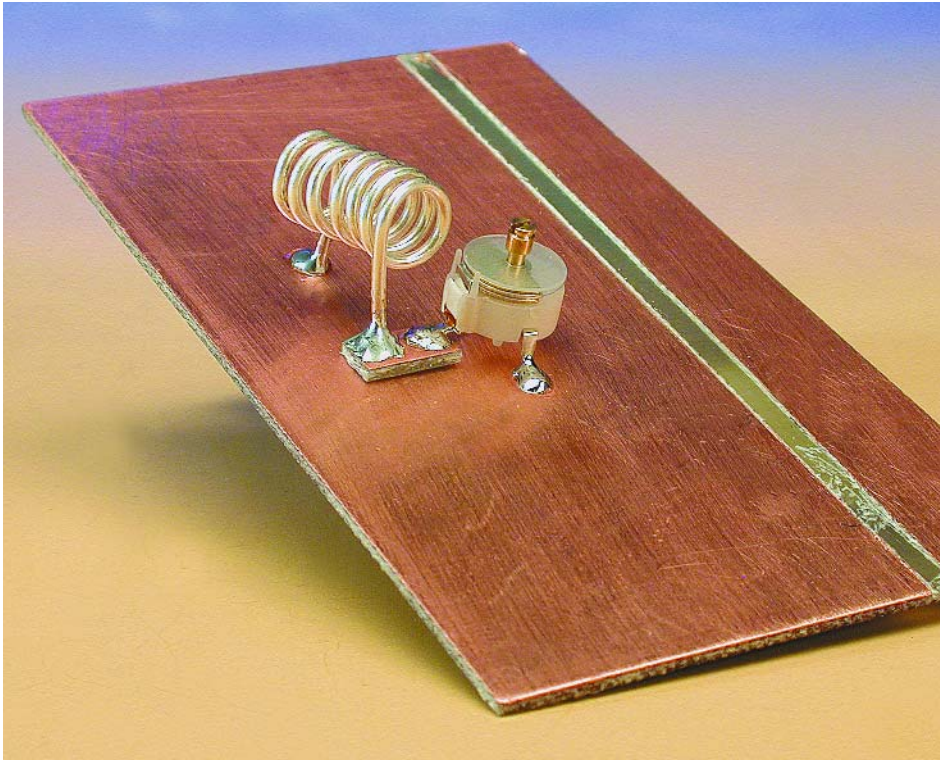


Bild 3. Spulen müssen einige Millimeter über der Masse-Fläche schweben. Das "heiße" Spulen-Ende wird an eine Insel gelötet.

wird am schmalen Rand mit dem Messer angehoben und vom Träger-Material abgezogen (Bild 2). Mit einer Mini-Bohrmaschine

und einem passenden Fräs-Einsatz lässt sich diese Arbeit noch viel leichter bewerkstelligen.

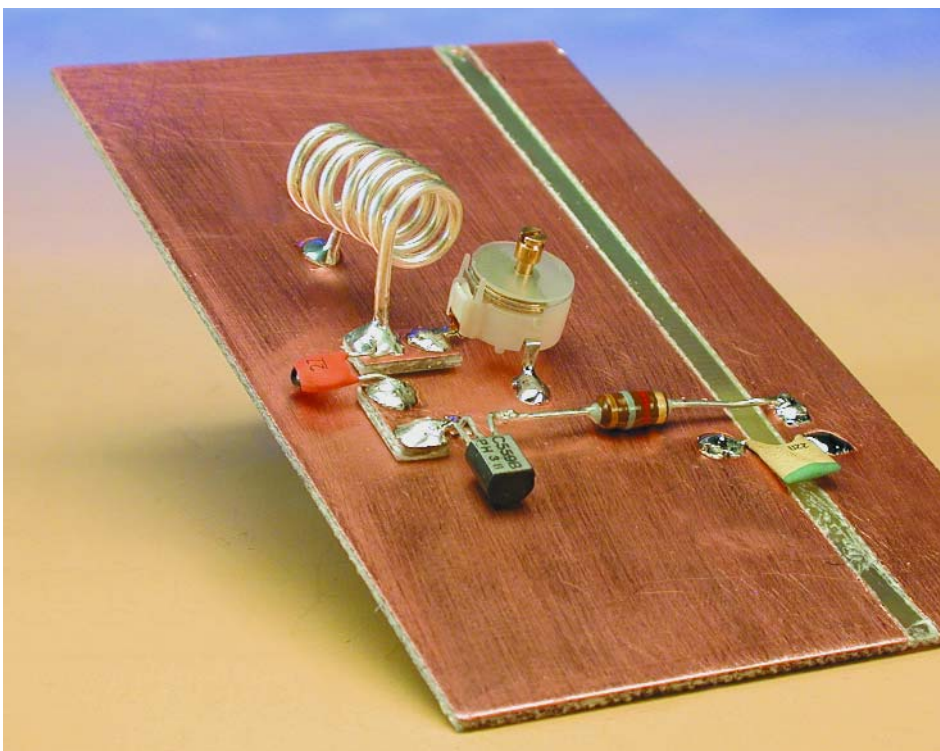


Bild 4. Mit Hilfe der Löt-Inseln ist ein schneller und sicherer Aufbau von Schaltungen fast jeder Art möglich.

Schaltungsaufbau

Zweckmäßiger Weise wird die Schaltung fortschreitend vom Schaltungseingang zum Schaltungsausgang aufgebaut. Im Schaltbild entspricht dies in aller Regel der Reihenfolge von links nach rechts. Falls sowohl der Eingang als auch der Ausgang einer HF-Verstärkerstufe durch Trimmer und Luftspulen abgestimmt werden, sollen die Spulen-Achsen senkrecht zueinander stehen. Dadurch wird die Gefahr der Schwingneigung infolge von Rückkopplungen zwischen Ein- und Ausgangskreis deutlich herabgesetzt. Oft wird in hoch verstärkenden Stufen aus dem gleichen Grund ein abschirmendes Blech zwischen dem Eingang und Ausgang angeordnet. Hier kann diese Abschirmung aus einem kleinen Platinen-Stück mit zwei bis drei Zentimetern Höhe bestehen, das an der Träger-Platine angelötet wird.

Selbst tragende Spulen werden am besten aus mindestens 1 mm starkem, versilbertem Kupferdraht gewickelt. Wenn das "kalte" Spulen-Ende schaltungstechnisch an Masse liegt, kann dieses Spulen-Ende unmittelbar an die Träger-Platine gelötet werden. Die Spule ist dadurch genügend abgestützt. Muss ein Spulen-Ende mit der Betriebsspannung oder einem anderen Schaltungspunkt verbunden werden, wird eine Löt-Insel eingerichtet. Die Insel bietet genügend mechanischen Halt für die Spule und eventuell weitere Bauelemente wie zum Beispiel einen Trimmer (Bild 3). Die Insel kann aus einem auf die Träger-Platine geklebten Bruchstück des Platinen-Materials bestehen. Wenn eine Mini-Bohrmaschine und ein passender Fräsen-Einsatz zur Hand sind, kann man auch eine Insel unmittelbar auf der Träger-Platine einrichten. Das geschieht dadurch, dass man einfach den Insel-Rand aus der Kupferschicht ausfräst.

Zu den Trimmern ist noch anzumerken, dass bei den viel verwendeten Folien-Trimmern der mittlere Anschluss rechtwinklig umgebogen werden muss, damit er als Stützpunkt für das "heiße Ende" einer Spule dienen kann. Die beiden anderen Trimmer-Anschlüsse werden dann zum Beispiel an die Masse-

Fläche gelötet. Falls schaltungstechnisch eine andere Verbindung notwendig ist, kann auch hier eine Insel als Stützpunkt eingerichtet werden.

Kurze Leitungswege

Beim Aufbau von Schaltungen aus dem Bereich der Hochfrequenz-Technik ist darauf zu achten, dass signalführende Leitungen möglichst kurz gehalten werden. Ferner ist eine wirksame gegenseitige Entkopplung der einzelnen Stufen nötig. Dies bedeutet, dass die Entkoppel-Kondensatoren möglichst nahe am aktiven Bauelement (Transistor oder IC) montiert werden müssen. Kleine keramische Kondensatoren sind anderen Bauformen vorzuziehen, denn sie lassen sich auf dem kürzesten Weg mit Masse verbinden.

Ein Stück blanker Draht hat eine Induktivität von etwa 10 nH pro Zentimeter. In Schaltungen, die mit sehr hohen Signal-Frequenzen arbeiten, darf diese Eigenschaft nicht mehr vernachlässigt werden. Eine wirksame Entkopplung ist hier unumgänglich, da die Schaltung anderenfalls schwingen oder instabil arbeiten kann. Auch die Betriebsspannung muss entkoppelt werden, denn ohne entkoppelnde Maßnahmen können auf diesem Weg hochfrequente Signale vagabundieren. Verstärker-Schwingen und andere "rätselhafte" Erscheinungen können auch hier die Folge sein. Zur Entkopplung sind SMD-Kondensatoren grundsätzlich besser geeignet als Kondensatoren in Standard-Bauform; SMD-Kondensatoren sind den gebräuchlichen Vielschicht-Kondensatoren generell in vielen wichtigen Eigenschaften überlegen.

Wenn eine Schaltung nach der beschriebenen Methode aufgebaut wird, soll der Abstand zwischen den Bauelementen und der an Masse liegenden Platinen-Fläche möglichst klein sein. Dadurch werden elektrische Störfelder weitgehend kurzgeschlossen, so dass die Gefahr der Abstrahlung geringer ist. Spulen müssen allerdings immer im Abstand von einem Millimeter oder noch etwas höher über der Masse-Fläche schweben, damit ihre Funktion nicht beeinträchtigt wird (die Induktivität sinkt, die Dämpfung wächst, die Spulen-Verluste steigen

an). Diese Regel gilt sowohl für selbst gewickelte Spulen als auch für die handelsüblichen Fest-Induktivitäten.

Mechanische Stabilität

Bestimmte Schaltungen stellen an die mechanische Stabilität des Aufbaus besonders hohe Anforderungen. Die frequenz-bestimmenden Bauelemente von Oszillatoren müssen so fixiert sein, dass normale mechanische Einwirkungen wie leichte Stöße oder Schläge keinen Einfluss auf die Frequenz-Stabilität haben. Die Spulen von VFOs (VFO = Voltage Controlled Oscillator) werden deshalb gern auf feste keramische Spulenkörper gewickelt, oder falls die Spule aus nur wenigen Windungen besteht, werden sie frei tragend aus versilbertem Kupferdraht mit möglichst großem Querschnitt hergestellt. Oszillator-Schaltungen sollen rundum vollständig abgeschirmt werden, damit keine unerwünschte Strahlung nach außen dringt. Ferner unterbindet die Rundum-Abschirmung den Luftaustausch in der näheren Umgebung der frequenz-bestimmenden Bauelemente. Anderenfalls können durch wechselnde Luft-Temperaturen mehr oder weniger ausgeprägte Frequenz-Schwankungen entstehen.

Halbleiter-Montage

Für die Montage von DIL-ICs existieren bei der "fliegenden" oder "schwebenden" Bauweise mehrere unterschiedliche Methoden. Das IC kann flach auf den Rücken gelegt werden, so dass die Beine nach oben zeigen. Die zum IC gehörenden externen Bauelemente werden einfach an die Beine angelötet. Ein kleines Handicap besteht bei dieser Methode darin, dass die IC-Anschlüsse spiegelverkehrt angeordnet sind; in der Praxis hat sich dies als etwas umständlich erwiesen.

Eine andere Methode ist die Montage der ICs in der normalen Lage, also mit dem Rücken nach oben und den Beinen nach unten. Außer den mit Masse zu verbindenden Beinen werden alle übrigen Beine rechtwinklig zum IC-Gehäuse gebogen, und die schmalen Bein-Enden werden mit einem Seitenschneider

abgeschnitten. Die übrig bleibenden breiten Fahnen lassen sich, wie das Titelbild dieses Beitrags zeigt, bequem als Löt-Stützpunkte für die umgebenden Bauelemente verwenden. Die Beine einer IC-Gehäuse-Seite werden am besten gleichzeitig mit einer breiten Flachzange in die gewünschte Richtung gebracht.

Der Aufbau einer Schaltung mit SMD-Bauelementen ist zwar etwas schwieriger, jedoch nicht unmöglich. SMD-ICs mit beispielsweise acht Anschlüssen und 1/20 Zoll Raster-Maß können meistens noch unmittelbar angelötet werden. Wenn mehr IC-Anschlüsse beschaltet werden müssen oder das Raster-Maß niedriger ist, kann eine kleine Adapter-Platine die Verbindungen herstellen. Die Adapter-Platine konvertiert das Raster-Maß des SMD-ICs auf das DIL-Rastermaß 1/10 Zoll; an Anschlüsse mit diesem gegenseitigen Abstand lassen sich andere Bauelemente bequem anlöten.

Transistoren können mit ihrem Gehäuse flach auf der Träger-Platine aufliegen (siehe **Bild 4**). Die Anschluss-Drähte werden rechtwinklig nach links und nach rechts abgebogen; sie können dann als Löt-Stützpunkte für andere Bauelemente dienen. Auch die bekannten Spannungsregler im TO220-Gehäuse werden so auf die Träger-Platine gedrückt, dass ihre Kühlfahnen flach auf der Kupfer-Fläche aufliegen. Dies wirkt sich gleichzeitig vorteilhaft auf die Wärme-Abfuhr aus.

HF-Leistungsverstärker arbeiten häufig mit Transistoren, deren Anschluss-Fahnen vergleichsweise breit sind. Auch für sie können auf die inzwischen bekannte Weise Inseln als Löt-Stützpunkte eingerichtet werden. Dafür genügt ein kleines Platinen-Reststück; es wird entweder mit Sekundenkleber oder mit doppelseitigem Klebeband auf die Träger-Platine geklebt. Die Alternative besteht auch hier darin, die Insel durch Fräsen des Insel-Rands unmittelbar auf der Träger-Platine einzurichten.

Noch ein wichtiger Tipp

Wenn zur aufzubauenden Schaltung Leitungen gehören, über die hohe Ströme fließen (z. B. Masse- und Betriebsspannungs-Leitungen, Lautsprecher-Leitungen usw.), müssen möglichst so genannte zentrale Stern-Verteilpunkte gebildet werden. Von den Stern-Verteilpunkten verzweigen alle auf gleichem Potential liegenden Leitungen, unabhängig davon, ob eine andere Leitungsführung für den Material-Verbrauch günstiger wäre. Durch die Stern-Bildung wird verhindert, dass unerwünschte Ausgleichsströme fließen; sie könnten die Funktion der Schaltung auf die eine oder andere Weise beeinträchtigen.

(030032)gd