

## Leiterplatten durchkontaktieren

Helmut Stadelmeyer

**In HF-Schaltungen sind so gut wie alle Signale auf das Massepotential bezogen. Viele Punkte auf solchen Leiterplatten brauchen deshalb sehr gute Masseverbindungen mit möglichst geringer Induktivität. Das macht zumindest doppelseitigen Kupferauftrag notwendig, wobei eine Seite, falls das möglich ist, als vollflächige Masse ausgebildet sein soll. Die Verbindung zwischen Leiterbahn und Masse erfolgt mit einer Durchkontaktierung (Via). Welche Möglichkeiten man als Hobbyelektroniker bei solchen Leiterplatten hat, wird nachstehend aufgezeigt.**

Gleich vorweg: Einerlei, ob man beabsichtigt, die Leiterplatte von einem darauf spezialisierten Unternehmen herstellen zu lassen oder ob man sie in der eigenen Werkstatt anfertigen will, es geht nicht mehr ohne Vorlage, die auf dem Rechner erstellt worden ist.

Das liegt zu einem guten Teil an den heutzutage üblichen Bauteilen, die sehr klein sind und dementsprechend filigrane Leiterbahnen verlangen, welche mit anderen Mitteln nicht mehr vernünftig zu zeichnen sind. Es liegt aber auch daran, daß die Baugruppen immer umfangreicher werden und nur bei Verwendung eines Layout-Programmes einigermaßen sichergestellt ist, daß keine schwerwiegenden Fehler bei den Verbindungen mit eingebaut sind. Ein dritter, aber gewichtiger Grund kommt ins Spiel, wenn man die Leiterplatte herstellen lassen will – alle darauf spezialisierten Firmen brauchen eine Datei zur Fertigung, die nur ein Programm liefern kann. Ist die Datei nach einiger Mühe fertig, steht die Entscheidung an, wie weiter vorgegangen werden soll:

- Entschließt man sich, das gute Stück auswärts fertigen zu lassen, ist damit die Frage nach dem Durchkontaktieren auch schon beantwortet, denn das bekommt man dann umsonst oder um einen geringen Mehrpreis. Die Gesamtkosten für eine solche Leiterplatte sind abhängig von ihrer Fläche, der zu fertigenden Stückzahl, vom Material und von möglichen Zusatzleistungen, wie Bohren, Oberflächenbehandlung, Fertigungszeit u.a.m. Ein Preisvergleich bei den ins Auge gefaßten Anbietern ist ratsam. Mittlerweile gibt es sogar schon Firmen, die selbst hergestellte und gebohrte Leiterplatten gegen geringes Entgelt naßchemisch durchkontaktieren. Solche Leiterplatten sind uneingeschränkt auch dann verwendbar, wenn sie zur Wärmeableitung in ein Metallgehäuse eingeklebt werden sollen.

Die Leiterplattendatei muß in diesem Fall alle für die Fertigung notwendigen Informationen enthalten, also auch Lochdurchmesser, Lötstopmmaske und anderes mehr. Hier kommt man um die Verwendung eines richtigen Layout-Programmes nicht mehr herum.

- Will man die Leiterplatte selbst anfertigen, was besonders bei Einzelstücken unbestreitbare Vorteile hat, dann bieten sich für das Durchkontaktieren im wesentlichen drei Methoden an:
  - Einsetzen von Drahtstücken und beidseitiges Verlöten
  - Verwendung von Rohrnieten und beidseitiges Verlöten der Nietenränder
  - Chemische Durchkontaktierung

Beim Layout der Leiterplatte sollte man sämtliche Durchkontaktierungen mit Drahtstücken oder Rohrnieten als „Thermal Vias“ ausführen, denn das erleichtert das Löten – man braucht weniger Wärme (nachdem die Unterseite eine volle Fläche ist, wird ohne solche Vias nicht nur die Lötstelle, sondern auch ein großer Fleck rundherum warm).

### Einsetzen von Drahtstücken

Das ist die Methode, die jeder angewendet hat, der schon einmal eine doppelseitige Leiterplatte bestückt hat. Sie ist mühsam, nicht gerade schön und zugegebenermaßen zeitaufwendig. Am einfachsten geht es noch, wenn man an drei möglichst weit auseinander liegenden Punkten der noch unbestückten Platte die Drähte einsetzt, verlötet und beidseitig auf das gewünschte Maß kürzt. Liegt sie auf den drei Punkten richtig auf, kann man an allen restlichen Stellen die Drähte durchstecken, oben verlöten, abschneiden, die Platte umdrehen und auf der anderen Seite verlöten. Dabei nicht mehr Zinn auftragen als unbedingt notwendig.



Abb. 1: „Thermals for Vias“

## Leiterplatten durchkontaktieren

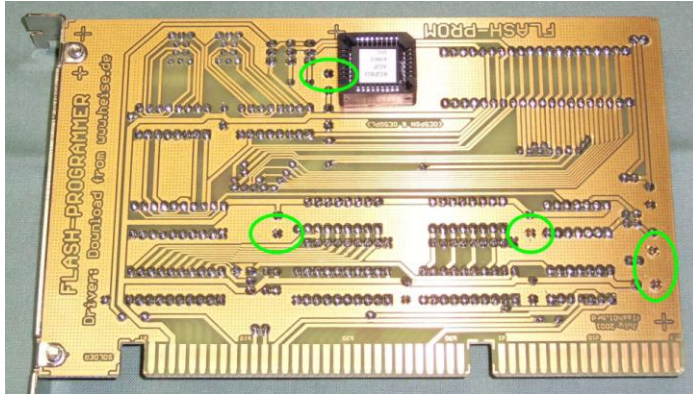


Abb. 2: Muster einer doppelseitigen Leiterplatte

auf den Gehäuseboden zum Zweck der Wärmeableitung sehr erschwert. Ebenso ist eine Durchkontaktierung unter einem nahezu flach aufliegenden Bauteil unmöglich. Bei Anwendung im Mikrowellenbereich kann wegen des massiven Leiters der Strom nicht auf dem kürzesten Weg an einer Oberfläche von einer Seite zur anderen gelangen, was ebenfalls nachteilig ist. Genauer dazu ist bei [1] nachzulesen. Ihre Berechtigung hat die Durchkontaktierung mit Drahtstücken bei analogen und nicht zu schnellen Digitalsignalen sowie im unteren VHF-Bereich, denn sie ist unerreicht billig und einfach herzustellen.

## Verwendung von Rohrnieten

Es soll nicht verschwiegen werden: Das Einsetzen dieser Niete ist noch etwas zeitaufwendiger als das der Drahtbrücken. Dafür bekommt man ein einigermaßen ordentliches Aussehen und den großen Vorteil, daß die Buckel viel niedriger ausfallen. Die Erhebung beträgt bei sorgfältiger Arbeit je nach Größe der Niete 0,1 bis 0,2 mm, zuviel Zinn entfernt man mit Entlötlitze. Damit sind bereits Durchkontaktierungen unter vielen Bauteilen machbar. Selbst so heikle Dinge wie den AD9951 mit seinen 48 Anschlüssen im 0,5-mm-Raster und dem „Exposed Pad“ auf seiner Unterseite kann man auf diese Weise zufriedenstellend verarbeiten. Mikrowellen sind mit dieser Lösung ebenfalls gut bedient, solange das Loch nicht unab-sichtlich zugelötet worden ist.

Die Rohrniete bekommt man in der 1000-Stück-Packung. Weil ein normal fleißiger Hobbyelektroniker in der nächsten Zeit vermutlich nicht so viel verbraucht, bietet es sich an, mit Kollegen zu teilen. Die Niete sind aus blankem Kupfer, sie werden bei unsachgemäßer Langzeitlagerung oxidieren, was dann das Löten erschwert; deshalb nur mit der Pinzette anfassen.

Diese Niete werden von BUNGARD über Händler [2], [3] vertrieben, so wie das zum Einsetzen empfohlene Werkzeug FAVORIT. Wer vorhat, sehr viele Durchkontaktierungen zu machen, wird das Werkzeug anschaffen.

Die Ränder von damit richtig eingesetzten Niete haben unten und oben einen nach außen leicht gewölbten Wulst und stellen den Kontakt mit der Leiterbahn durch die Federkraft

der Wülste her. Das BUNGARD-Dokument *favorit\_anleitung\_d.pdf* [4] gibt genaue Hinweise zur Verarbeitung. Wer ganz sicher gehen will, wird den Rand noch mit der Leiterbahn verlöten.

Weil die Niete so groß wie SMD-Bauteile und noch dazu rund sind, ist die Handhabung nicht mehr ganz einfach. Zum Einführen in das Bohrloch hat sich das Aufspießen mit einer Zirkelspitze bewährt. Das Loch soll um 0,05 bis 0,1 mm größer sein als der Außendurchmesser der Niete.



Abb. 3: Rohrniete



Abb. 4: Nietepresse FAVORIT von BUNGARD

## Leiterplatten durchkontaktieren

Normalverbraucher möchten vielleicht selbst einen einfachen Behelf zum Setzen der Nieten anfertigen. Dafür ist nur der Zugang zu einer kleinen Drehmaschine notwendig. Abb. 5 zeigt das Werkzeug, das aus einem Stück Rundstab aus Silberstahl anzufertigen ist. Wer will, kann es noch härten, muß es dann aber auch anlassen, damit es nicht zu spröde wird. Die Vergrößerung zeigt, daß der Übergang von der Spitze zum planen Teil abgerundet ist.

Für 0,6-mm Nieten    Für 0,8-mm Nieten    Für 1,0-mm Nieten

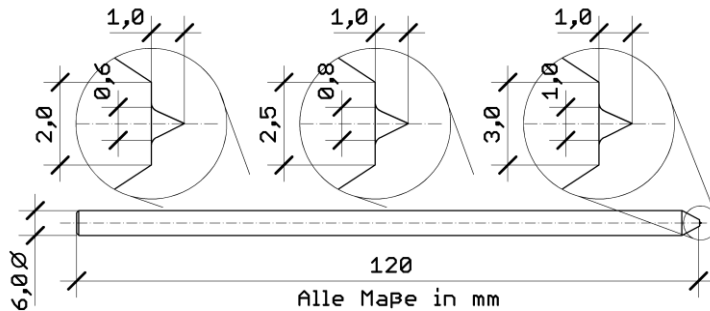


Abb. 5: Primitives Werkzeug zum Setzen der Rohrnieten

die Ränder haben oben und unten keinen Wulst, sondern sind flachgedrückt. Das Gefühl für die notwendige Kraft beim Hammerschlag muß man sich durch einige Versuche erarbeiten. Auf keinen Fall hart zuschlagen, weil sich dadurch die Verklebung der Leiterbahn lösen kann. Weil der Federdruck durch die Wülste fehlt, sind die Ränder der Nieten zu verlöten. Ein Vorteil der Methode ist, daß man so auch unter flach aufliegenden Bauteilen durchkontaktieren kann.

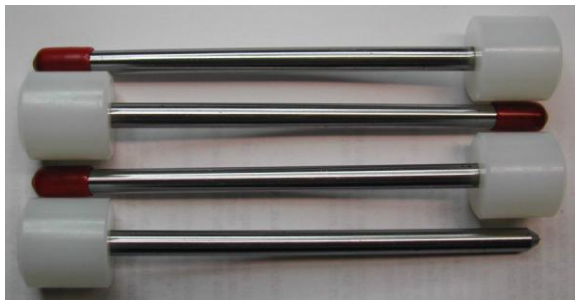


Abb. 6: Fertige Nietwerkzeuge

gesteckte Drähte, die fast immer aus verzinnem Stahl bestehen. Die vollflächige Rückseite der Leiterplatte dient so als Wärmesenke. Wegen der größeren Wandstärke leiten Nieten die Wärme besser als elektrochemisch hergestellte Vias, brauchen dafür aber mehr Platz.

Anstatt dieser speziellen BUNGARD-Nieten lassen sich auch gewöhnliche Aderendhülsen ohne Isolation zum Durchkontaktieren mißbrauchen. Es gibt sie mit ungefähr 0,8, 1,0 sowie 1,2 mm Innendurchmesser und noch größer bei [5] und [6] in einer 100-Stück Packung. Die Außendurchmesser der Röhrchen sind von Hersteller zu Hersteller ein wenig unterschiedlich, sie sind deshalb vor dem Bohren abzumessen. Aderendhülsen sind billiger als Nieten mit gleichem Außendurchmesser und sie sind verzinkt oder sogar versilbert. Ihr Nachteil ist, daß sie zu lang sind, man muß sie also auf ein passendes Maß kürzen. Steckt die Hülse bis zum Anschlag in der Bohrung, geht das ganz gut mit einem scharfen Elektronik-Seitenschneider, der dann allerdings das Röhrchen flachdrückt. Wieder rundbiegen läßt es sich, indem man mit der Zirkelspitze zuerst von der runden und dann von der verformten Seite in das Röhrchen sticht. Als Unterlage dient ein Weichholzbrettchen.

Die Verarbeitung ist mit dem für gleichgroße Nieten passenden Werkzeug möglich, nur muß man eben beide Seiten flachdrücken. Dabei reißt wahrscheinlich der Rand an den durch das Abzwicken verformten Stellen auf, was jedoch wegen des ohnehin notwendigen Verlötens nichts ausmacht. Insgesamt bedeutet das etwas mehr Arbeit, ein Vorteil der Hülsen gegenüber den Nieten ist jedoch eine größere Wandstärke von 0,15 mm, die bessere Wärmeleitung garantiert. Es sind wiederum beide Seiten zu verlöten, der Buckel ist nicht viel höher als bei den Nieten.

Die Verarbeitung der Nieten erfolgt folgendermaßen: Die Niete wird von unten bis zum Anschlag in das genau passende Loch gesteckt und die Leiterplatte auf eine ebene metallische Unterlage gelegt. Bei senkrechter Stellung des Werkzeugs genügt ein leichter Schlag mit einem kleinen Hämmerchen, um die Niete plattzudrücken.

Mit diesem Werkzeug wird sie anders geformt als mit der Presse, denn

Der Hammer läßt sich vielleicht durch einen automatischen Körner ersetzen, sofern bei dem die Schlagkraft passend einstellbar ist. Markiert man für die unterschiedlichen Nieten die jeweils richtige Einstellung, dann wäre die Schlagkraft auf die Niete von der Tagesverfassung unabhängig.

Solche Nieten sind wegen ihrer guten Wärmeleit-Eigenschaft für thermisch hoch beanspruchte Kleinbauteile wie SMD-Halbleiter im SOT89-(SC62-) und SOT223-Gehäuse oder ICs mit einem „Exposed Pad“ weitaus besser geeignet als durch-



## Leiterplatten durchkontaktieren

Abb. 7 und 8 zeigen ein mit Kupfernieten und Aderendhülsen durchkontaktiertes Muster einer Leiterplatte. Der Durchmesser der Thermal Vias ist der Nietengröße anzupassen, damit der Nietenrand noch auf der Padfläche verlötet werden kann. Der deutlich größere Platzbedarf für diese Art der Durchkontaktierung ist ein Nachteil gegenüber einer in der Fabrik hergestellten Leiterplatte, bei der die Wandung der Löcher mit elektrochemischer Metallisierung versehen und kein Pad notwendig ist.

Für die Aufbewahrung dieser Kleinteile bewährt sich die in Abb. 11 gezeigte Tablettenbox. Bei den Vias kann man von folgenden Maßen ausgehen:

Röhrchendurchmesser außen [mm]	Kragendurchmesser [mm]	Pad-Durchmesser d. Vias [mm]
Niete 0,6	0,8	1,9
Niete 0,8	1,0	2,3
Niete 1,0	1,4	3,0
Endhülse 0,1-0,3 mm <sup>2</sup>	1,1	2,3
Endhülse 0,5 mm <sup>2</sup>	1,4	2,8
Endhülse 0,75 mm <sup>2</sup>	1,6	3,1

Es ist keine schlechte Idee, für die einzelnen Nietengrößen und –arten im Layoutprogramm ein entsprechendes Bauteil zu definieren. Damit weiß man beim Bohren und Bestücken, was an jeder Stelle einzusetzen ist. Die Bilder 7 bis 10 sollen das an einem Muster deutlich machen (die geätzten Zahlenwerte gelten für den Innendurchmesser).

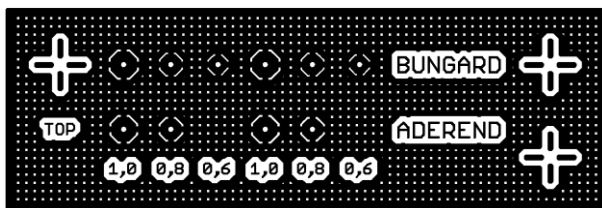


Abb. 7: Leiterplatten-Layout

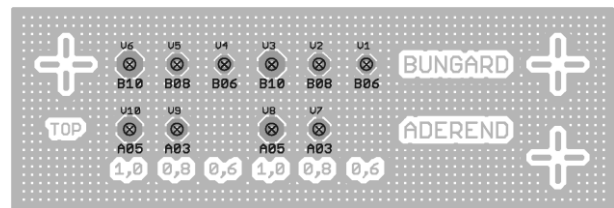


Abb. 8: Bestückungsplan eines Musters

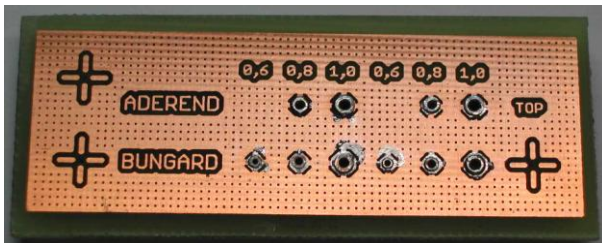


Abb. 9: Oberseite des Musters mit halbfertigen und fertigen Durchkontaktierungen



Abb. 10: Unterseite des Musters



Abb. 11: Aufbewahrungsbox für die Nieten

Es darf deshalb bezweifelt werden, daß sich der Aufwand für eine Hobbywerkstatt auszahlt, wenn nur gelegentlich eine Leiterplatte anzufertigen ist.

## Entlötlitze

Zum Entfernen von überschüssigem Lot bewährt sich Entlötlitze, die es in unterschiedlichen Ausführungen gibt. Für ein ärgernisfreies Arbeiten sind einige Punkte zu beachten:

## Chemische Durchkontaktierung

Die dazu erforderlichen Substanzen und teilweise giftigen Chemikalien sind zwar im Handel erhältlich, sie sind jedoch nicht unbeschränkt haltbar und ziemlich teuer; auch der Platzbedarf für die Ausrüstung ist nicht unbeträchtlich.

## Leiterplatten durchkontaktieren

- Die Litze gibt es sowohl mit Flußmittel getränkt als auch blank von unterschiedlichen Herstellern. Beide Varianten haben Vor- und Nachteile:
  - Flußmittelgetränkte Litze saugt das Zinn gierig auf, hinterläßt jedoch verhältnismäßig viel häßlichen Flußmittelrückstand, der nach getaner Arbeit wieder mühsam mit Spiritus oder einem anderen Lösungsmittel entfernt werden muß. Zudem ist sie nicht überall zu bekommen und teurer als blanke Litze.
  - Blanke Litze nimmt ohne weitere Vorkehrungen das Zinn nur ungern an. Ein Grund dafür ist der schlechte Wärmeübergang von der Litze auf die Lötstelle, denn sie ist auch im angewärmten Zustand trocken und liegt nur punktwise auf. Dem hilft man ab, indem man das Ende der Litze ein wenig verzinnt und dann den verzinnten Teil mit der Kolbenspitze sanft auf die Lötstelle drückt.  
  
Damit sie richtig saugt, ist die voraussichtlich benötigte Länge mit Flußmittel zu bestreichen. Das geht am einfachsten mit einem Flußmitteldispenser wie dem FL88 FLUXI von EDSYN, den es bei [7] und [8] gibt. Die Spitze dieses Stiftes ist gefedert, drückt man mit der Spitze auf eine Unterlage, dann öffnet sich innen ein Ventil und die Flüssigkeit trinkt die aus faserigem Material bestehende Spitze. So vorbereitete Litze funktioniert gut, wenn sie gleich verwendet wird; sie hinterläßt kaum Rückstände. Noch besser saugt die Litze, wenn sie ganz sparsam mit Löthonig bestrichen ist.  
  
Die Litze sollte man nicht angreifen, weil sie sonst rasch oxidiert und das Zinn nicht mehr annimmt. Eine etwas breitere Pinzette ersetzt in diesem Fall die Finger.
- Es gibt die Litze in mehreren Breiten, man nimmt die der Lotmenge entsprechende. Mit der ganz schmalen lassen sich die Pads von SMD-Bauteilen wunderbar reinigen. Dabei nicht zu fest und zu lange andrücken, damit das Pad nicht vom Trägermaterial losgerissen wird.
- Die Verwendung einer 80-W-Lötstation mit einer guten, meißelförmigen und massereichen Spitze ist für diese Arbeit sehr zu empfehlen.

## Zusammenfassung

Läßt man die Leiterplatte durch eine Fachfirma anfertigen, wird das durch ihr makellooses Aussehen belohnt. Ob die Kosten günstig, vertretbar oder heftig sind, muß jeder für sich entscheiden. Ein mitunter wichtiger Vorteil ist, daß diese Durchkontaktierungen keinerlei Erhebungen auf den beiden Außenseiten der Leiterplatte verursachen.

Bei selbst hergestellten Leiterplatten sind die thermischen und die HF-Eigenschaften von Durchkontaktierungen mit Hohnieten bis in den unteren Mikrowellenbereich nahezu gleichwertig mit den industriell hergestellten, sofern sie sorgfältig ausgeführt sind. Vor dem Verlöten der Nietenränder ist Flußmittel aufzutragen. Wie überall ist auch hier eine gewisse Übung notwendig, um ein einwandfreies Arbeitsergebnis zu erzielen.

Helmut, OE5GPL

## Verweise und Quellen:

- [1] Graf, U., DK4SX, Verzeichnis PROJEKTE, Durchkontaktierungen: <http://www.mydarc.de/dk4sx/>
- [2] CONRAD Elektronik, Nieten zur Durchkontaktierung: <http://www.conrad.de/ce/de/product/551708/NIETEN-12-MM-1000-STCKPKG#download-dokumente>
- [3] REICHELTELEKTRONIK, Hohnieten: <http://www.reichelt.at/index.html?ACTION=3;ARTICLE=33805;SEARCH=NIETEN%20%2C8MM>
- [4] BUNGARD Elektronik, Durchkontaktierungsanlagen: [http://www.bungard.de/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=65&lang=german](http://www.bungard.de/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=65&lang=german)
- [5] CONRAD Elektronik, Aderendhülsen: <http://www.conrad.at/ce/de/product/737037/ADERENDHUELSEN-01-03QMM-100STK/0225330&ref=list;jsessionid=48FD74640280F96B48CBA951262A2063.ASTPCCP4>

## Leiterplatten durchkontaktieren

- [6] REICHELT Elektronik, Aderendhülsen: <http://www.reichelt.de/Aderendhuelsen/0/16/index.html?ACTION=2;LA=3;GROUP=C184;GROUPID=3252;START=0;OFFSET=16;SHOW=1;SID=13TztqjX8AAAIAABNJQMM72355504668bf3377bc721616141126b>
- [7] CONRAD Electronic, Flußmitteldispenser: [http://www.conrad.de/ce/de/product/828718/?insert=U1&hk=WW2&utm\\_source=epro&utm\\_medium=seosite&utm\\_campaign=link&WT.mc\\_id=epro](http://www.conrad.de/ce/de/product/828718/?insert=U1&hk=WW2&utm_source=epro&utm_medium=seosite&utm_campaign=link&WT.mc_id=epro)
- [8] REICHELT Elektronik, Flußmitteldispenser: <http://www.reichelt.de/Flussmittel-Loetpasten/FL-88/index.html?ACTION=3&GROUPID=4132&ARTICLE=7809&SHOW=1&START=0&OFFSET=16&>