

Gedruckte Schaltungen selber machen!

Einleitung

Ohne gedruckte Schaltungen wären moderne elektronische Geräte, wie wir sie in allen Bereichen unserer hochtechnisierten Welt kennen, gar nicht vorstellbar.

Bei der Herstellung der Leiterplatten ist die Fototechnik ein bestimmender Prozeßschritt. Das gilt sowohl für die industrielle Fertigung als für die manuelle Herstellung von Einzelplatinen (Prototypen), kleinen Serien oder Schaltungen, die von zahlreichen Hobbyelektronikern täglich entworfen und erstellt werden.

Um nun unseren Lesern das Erstellen von gedruckten Schaltungen soweit wie möglich zu erleichtern, liegt jedem unserer Fachmagazine eine, mit unseren Platinenentwürfen im Siebdruckverfahren bedruckte, hochwertige Klarsichtfolie bei, die zum direkten Copieren der Platinenentwürfe auf photopositiv beschichtete Platinen (wie z.B. mit POSITIV 20) geeignet ist.

Die Vorlagen

Die gewünschte Schaltung ist immer ein korrektes Abbild der Vorlage. Deshalb kommt der Positiv-Vorlage große Bedeutung für das Gelingen der Schaltung zu.

Das Leiterbild muß vollkommen lichtundurchlässig sein. Die Vorlage muß faltenfrei sein und absolut plan aufliegen. (sonst Unterstrahlungsgefahr). Daher sollten schmale Leiterbahnen, Schriften, Embleme, Zeichen usw. grundsätzlich Schicht auf Schicht kopiert werden, da andernfalls eine Verlustbreite von ungefähr der doppelten Trägermaterialdicke der Vorlage an Strichbreite eingebüßt wird.

Vor allem bei geklebten Leiterbahnen empfiehlt es sich, diese spiegelverkehrt aufzukleben. Das bewirkt einen erstklassigen Kontakt und ermöglicht die kantenscharfe Kopie der schmalsten Leiterbahn.

Das Trägermaterial sollte möglichst wenig UV-Licht absorbieren und darf auf keinen Fall vergilbt sein. Ideal sind Dia-Filmvorlagen. Auch geklebte Leiterbahnen decken erstklassig. Wenn die Vorlagen mit Tusche gezeichnet werden, eignet sich am besten ein Transparentpapier von 90 g/qm. Leichte Federführung ermöglicht ein gleichmäßiges Fließen der schwarzen Tusche. Retuschen bitte nur nach Abtrocknung vornehmen. Ein mehrmaliges Überzie-

Eine ausführliche Abhandlung über das Erstellen von gedruckten Schaltungen.

Mit freundlicher Genehmigung von
Kontakt-Chemie · Rastatt

hen der Leiterbahnen im nassen Zustand führt zu Kontrastunterschieden. Letztere können vermieden werden, wenn Sie der schwarzen Tusche ein Gläschen gelbe beimischen. Gelb ist die Komplementärfarbe zu blau und widersteht dem UV-Licht. Wenn auf Hostaphanfolie gezeichnet werden soll, empfiehlt sich die schwarze „rotring“-Folientusche (Artikel-Nr.5971).

Die Reinigung

Im KONTAKT-BRIEF-NR 7, der jeder Spraydose beigelegt ist, wurde unter Ziffer 1 bereits darauf hingewiesen, daß die zu besprühenden Platinen absolut fettfrei sein müssen.

Die Scheuermittel Ata oder Vim machen die Kupferschicht blank, oxydfrei und gut benetzbar. Sie werden auf die im Wasser benetzten Platinen gestreut und mit einem feuchten Lappen kreisförmig verrieben.

Gründliches Spülen ist besonders wichtig zur Entfernung von Schleifmittelrückständen.

Jedoch sollte das Spülen nur mit reinem Wasser erfolgen. Bitte nach jedem Spülen keinesfalls zusätzlich noch Lösungsmittel, wie Aceton, Tri, Alkohol u.ä. benutzen!

Oberflächen mit zusammenhängendem Wasserfilm sind ein guter Indikator für die Sauberkeit. Nach der Reinigung sollte sich ein zusammenhängender

Wasserfilm auf der gesamten Oberfläche der Platine ausbilden, und zwar ohne Einsatz von Netzmitteln. Das Aufreißen des Filmes deutet auf Verunreinigungen hin.

Besonders wichtig ist eine vollständige Trocknung der gespülten Platine, da Feuchtigkeitsrückstände zu mangelnder Haftfestigkeit des Fotoresistlackes führen können.

Bitte, bringen Sie den Fotokopierlack POSITIV 20 möglichst umgehend nach der Reinigung auf. Dadurch vermeiden Sie Oberflächenverunreinigungen, die durch Lagerung, Berührung und erneute Oxydation zustande kommen können.

Die Beschichtung.

Obwohl das Arbeiten mit dem Fotokopierlack POSITIV 20 relativ einfach ist, erfordert der Umgang mit der Sprühdose für diejenigen, die das erste Mal damit arbeiten, ein kleinwenig Übung.

Das Besprühen der gut gereinigten und entfetteten Platinen kann bei normalem Tageslicht erfolgen. Eine Dunkelkammer ist nicht erforderlich. Da der Lack UV-lichtempfindlich ist, muß der Einfluß direkter Sonneneinstrahlung oder hellen Tageslichtes auf jeden Fall vermieden werden.

Staubfreie und gleichmäßige Beschichtung ist Voraussetzung für eine einwandfreie und ätzfeste Kopie.

Bitte, für die Belichtung nur einwandfreie Positiv-Vorlagen auf hochtransparentem Träger verwenden (siehe Abschnitt Vorlagen).

Es entscheidet nicht die Wattzahl einer Lampe, wie lange belichtet werden muß, sondern die Wellenlänge, welche die Lichtstrahlen besitzen. Der günstigste

Spektralbereich für POSITIV 20 liegt zwischen 370 und 440 nm. Falls Glasscheiben zum Abdecken verwendet werden, können diese bis zu 65% UV-Strahlen absorbieren. In solchen Fällen bitte doppelt so lange belichten oder Kristall - oder Plexiglas verwenden.

Die doppelte Belichtungszeit ist auch bei stärkeren Lackschichten und der dabei meist beobachteten Randbildung erforderlich. Ebenso empfehlen wir, älteren Lack länger zu belichten. Achten Sie deshalb bitte auf das Verfalldatum an der Dose. Eine einwandfreie Entwicklung ist dann gewährleistet.

Beispiele für Belichtungszeiten:

Lichtquelle	Zeit	Abstand	Bemerkung
Quecksilberdampflampe Philips HPR 125	3 Minuten	30 cm	Abdeckung Kristallglas 5 mm dick
Quecksilberdampflampe 1000 Watt	90 Sekunden	50 cm	Abdeckung Kristallglas 5 mm dick
Quecksilberdampflampe 500 Watt	150 Sekunden	50 cm	Abdeckung Kristallglas 5 mm dick
Heimsonne 300 Watt	180 - 240 Sek.	30 cm	Abdeckung Kristallglas 5 mm dick
Sonnenlicht	5 bis 10 min.	-	Abdeckung Kristallglas 5 mm dick
Osram-Vitalux 300 Watt	4 bis 8 min.	40 cm	Abdeckung Kristallglas 8 mm dick

In jedem Falle die Platinen erst dann dem UV-Licht aussetzen, wenn die Lampen das volle Licht entwickelt haben (ca. 2 Minuten nach dem Einschalten). Bei Verwendung von UV-Licht, bitte Schutzbrille tragen!

Die Entwicklung

Die getrocknete und belichtete Fotokopierlackschicht wird bei normalem Tageslicht (Sonne darf nicht in das Zimmer scheinen) in der Entwicklerflüssigkeit, die aus

- 1 Liter Wasser und
- 7 g Ätznatron (NaOH)

besteht (Siehe KONTAKT-BRIEF-NR. 7, Ziffer 6), in einer Küvette oder Fotoschale entwickelt. Der belichtete Lack löst sich dabei wolkenartig auf. Wenn die Entwicklerflüssigkeit über die Platine schwappt, werden die belichteten Flächen frei. Es ist darauf zu achten, daß das Schaltbild sauber und schleierfrei aufentwickelt wird, da sonst beim anschließenden Ätzen Störungen auftreten können.

Der Entwickler sollte bei Verwendung eine Temperatur zwischen + 20 und 25 Grad C aufweisen. Niedere Temperaturen verzögern die Entwicklung, zu hohe Temperaturen beschleunigen sie unter

Verlust feinsten Bildpartien. Unterbelichtete Schichten lassen sich schwer oder gar nicht entwickeln und führen zu störenden Restschleiern. Nach dem Entwickeln ist zur Beseitigung anhaftender Schicht- und Entwicklungsreste kräftig mit Wasser nachzuspülen.

Zeigen sich danach kleine Fehlerstellen durch Staubkörnchen an den Leiterbahnen, können diese mit POSITIV 20 überdeckt werden. Man sprüht zu diesem Zweck ein wenig Lack in die Schutzkappe der Spraydose und entnimmt ihn daraus mit einem kleinen Pinsel. Nach dem Ausbessern sind auch diese Stellen sicher gegen die Ätzsäure geschützt.

Für richtig belichtete Schichten in einer Dicke zwischen 4 - 6 my (siehe Absatz-Beschichtung) liegt die Entwicklungszeit bei unverbrauchtem Entwickler zwischen 30 und 60 Sekunden. Dünnere Schichten entwickeln rascher, dickere beanspruchen mehr Zeit, aber nicht länger als 2 Minuten. Der wässrig-alkalische Entwickler verbraucht sich an der Luft durch Aufnahme von

Kohlendioxid. Niemals gebrauchten Entwickler in ungebrauchten zurückschütten. Am besten immer frischen Entwickler benutzen, er kostet nur Pfennige.

Das Ätzen

Der Fotokopierlack POSITIV 20 ist beständig gegen Säurebäder aus Eisen - III - Chlorid, Ammoniumpersulfat, Chromsäure, Salzsäure oder Flußsäure bei Glas.

Mit Eisen-III-Chlorid und Ammoniumpersulfat wird heute noch am häufigsten geätzt. Hier die Kurzbeschreibung dieser beiden Verfahren:

Eisen-III-Chlorid-Prozeß (Fe-III-Cl)

Fe-III-Cl liegt vor in fester Form und wird in Wasser bis zur Sättigung aufgelöst, dabei entsteht goldgelbe Färbung. (Sättigung besteht, wenn zugesetztes Fe-III-Cl sich nicht mehr löst, sondern am Boden absetzt). Die Ätzdauer beträgt 30 - 60 min, Erwärmung und

Bewegung beschleunigen den Vorgang. Anschließend spült man unter fließendem Wasser. Säurereste auf der Platine werden in einem Seifenbad neutralisiert. Nachteile: Schlammbildung, geringe Ergiebigkeit, veränderte Ätzgeschwindigkeit durch veränderte Konzentrationsverhältnisse.

Ammoniumpersulfat - Prozeß (NH₄)₂S₂O₈

Ammoniumpersulfat liegt als weiße, kristalline Substanz vor und wird in Wasser aufgelöst. Mischungsverhältnis: 35 g (NH₄)₂S₂O₈ auf 65 ml Wasser. Ätzdauer: etwa 10 Minuten, dabei ist diese stark abhängig von der Fläche der zu ätzenden Kupferschicht. Handwarme Lösung (40 Grad C) und Bewegung sind notwendig. Anschließend spült man unter fließendem Wasser. Nachteil: Lösung muß erwärmt und bewegt werden.

Kurze Ätzzeiten ermöglicht in der modernen Ätztechnik der Salzsäure - Prozeß. Er wird großtechnisch angewendet, ist jedoch auch für Einzelfertigungen gut geeignet und empfehlenswert. Vorteilhaft ist die hohe Ätzgeschwindigkeit und relative Gefahrlosigkeit. Dennoch ist sorgsamer Umgang mit den Chemikalien erforderlich, vor allen Dingen mit dem Wasserstoffperoxid.

Es wird folgende Mischung angesetzt:

200 ml Salzsäure, etwa 35%
30 ml Wasserstoffperoxid, 30%
770 ml Wasser

Die angesetzte Mischung riecht leicht stechend, entwickelt leichte Dämpfe (gut durchlüften), verätzt Kleidung. Bei Hautkontakt muß man sofort abwachen. Die Augen sind zu schützen.

Die Platine wird an Tesafilm-Streifen befestigt und in das Ätzbad getaucht. Die Ätzdauer ist stark abhängig von Bewegung und Temperatur; bei starker Bewegung, Zimmertemperatur und frischer Lösung beträgt sie etwa 10 min. Erwärmung (max. 50 Grad C) beschleunigt die Reaktion. Die Platine muß man unter fließendem Wasser abspülen. Ergeben sich längere Ätzzeiten, so kann die Lösung durch Zugabe von H₂O₂ regeneriert werden. Die Konzentration von H₂O₂ ist korrekt, wenn sich die angelegte Kupferplatine rot bis dunkelbraun (nicht nur rötlich) färbt. Bei Bewegung der Platine müssen Schlieren auftreten. Blasenbildung signalisiert einen Überschuß an H₂O₂, welcher zum Abbruch der Reaktion führt. Abhilfe: Zugießen von H₂O₂ + HCl. Ein Liter des angesetzten Gemisches reicht bei ordnungsgemäßem Zugießen von H₂O für etwa 10 m². Die Aufbewahrung der Lösung

erfolgt in dunklen Flaschen, die jedoch nicht luftdicht verschlossen sein dürfen, da sich durch Zersetzung von H₂O₂ ein Überdruck in der Flasche bildet.

Die verbrauchte Lösung darf man nur in extremer Verdünnung wegschütten. Die amtlichen Bestimmungen erlauben eine Maximalmenge von 2 mg Kupfer pro 1 Liter Wasser. HCl in 35%iger Konzentration riecht stechend, entwickelt farblose, auf Haut und Schleimhäute ätzend wirkende Dämpfe und greift Kleidung an. Die Augen sind zu schützen. Verwahrt wird in dichten Glas- und Kunststoff-Flaschen an kühlem Ort. H₂O₂ in 30%iger Konzentration ist geruchlos, farblos und greift stark die Haut an (weiße Verfärbung und starkes Brennen). Die Haut ist sofort mit klarem Wasser zu reinigen, die Augen zu schützen. Verwahrt wird in dunklen Flaschen, die jedoch nicht luftdicht verschlossen sein dürfen, nicht schütteln und kühl lagern.

Hinweise

Das Ätzen wird in Kunststoff-Schalen vorgenommen. Üblich sind Fotoentwickler-Schalen, jedoch eignen sich auch andere Behältnisse, z.B. flache Kaffeedosen.

Auf jeder Flasche muß deutlich und lesbar der Inhalt vermerkt sein, mit Beschaffungsdatum und Totenkopf-Symbol (Haushaltsläden, Autozubehörläden). Keinesfalls dürfen Sprudel-, Bier- oder ähnliche Flaschen verwendet werden. Chemikalien-Flaschen müssen an dunklen, kühlen und verschließbaren Orten gelagert und für Kinder unerreichbar sein. Wer Salzsäure o.ä. in einer Bierflasche im Küchenschrank aufbewahrt, handelt kriminell.

Entschichten

Nach dem Ätzen werden die Leiterbahnen von der restlichen Fotoschicht entschichtet. Dies ist möglich mit organischen Lösungsmitteln, wie z.B. Aceton.

Wenn Ihre Platine fix und fertig bestückt ist, sollten Sie nicht versäumen, diese hochwertige Schaltung sicher gegen Umwelteinflüsse zu schützen. Absolute Sicherheit bietet PLASTIK-SPRAY 70 - der transparente Acrylharz-Schutzlack - für hochisolierende, glasklare Überzüge. Solche Schutzschichten können sogar nachträglich durchgelötet werden.

Temperatur und Lagerfähigkeit

Der Fotokopierlack POSITIV 20 sollte bei Temperaturen unterhalb +25 Grad C gelagert werden. Vorzugsweise jedoch bei +8 bis 12 Grad C. Das verlängert die Haltbarkeit.

Vor Benutzung muß der Lack Raumtemperatur erreichen, sonst können sich durch Viskositätsänderung Stippen bilden. Deshalb den Lack ca 5 Stunden vor Verarbeitung aus dem Külschrank nehmen, damit er genügend Zeit hat, Zimmertemperatur anzunehmen.

Der in der Spraydose lichtgeschützte Fotokopierlack ist mindestens 1 Jahr lagerfähig. Überlagerter oder durch höhere Temperatur unbrauchbar gewordener Lack ist an der rauhen Oberfläche erkenntlich. Intakte Lacke glänzen.

Herstellung von Alu-Frontplatten und Formätzteilen

Bei der Herstellung von Alu-Frontplatten erfolgt die Beschichtung der gereinigten und fettfreien Platten wie bei Kupferplatinen. Das gleiche gilt für die Belichtung. Die Vorlage kann auf zweierlei Art gestaltet werden:

- 1.) So, daß nur die gewünschte Schrift durchbelichtet wird.
- 2.) Oder so, daß die Schrift lichtundurchlässig bleibt.

Im ersten Falle wird die Beschriftung im alkalischen Entwicklerbad lackfrei. Die Schrift kann also im anschließenden Säurebad eingätzt werden. Sie liegt dann tiefer und geschützt in der Alu-Platte und kann zusätzlich mit Farbe ausgelegt werden.

Im zweiten Falle bleibt beim Entwickeln nur der unbelichtete Lack, also die Schrift, stehen. Dieser Lack kann dann bei ca. 220 Grad C 20 Minuten lang eingebrannt werden. Eine solche Beschriftung wird wohl nicht, wie es wünschenswert wäre, tiefschwarz sondern dunkelbraun.

Sie ist jedoch absolut kratzfest und beständig.

Aluminium kann mit Eisen-III-Chlorid bei Zimmertemperatur geätzt werden. Auf 200 cm Wasser nehme man etwa 40 - 45 g (hierbei wurde die geringere Konzentration für Aluminium berücksichtigt). Für Aluminium genügt aber auch eine gebrauchte mit Kupfer fast gesättigte Lösung.

Für die Herstellung von Formätzteilen empfehlen wir den auf Seite 10 beschriebenen Salzsäureprozeß, weil er höhere Ätzgeschwindigkeiten erlaubt. Das gilt auch für die Herstellung von Kupferstichen, Wandschmuck mit Scherenschnitt-Charakter und Türschilder, um nur einige der vielen Möglichkeiten zu nennen, die jedem Amateur mit dem Fotokopierlack POSITIV 20 offen stehen.

Mögliche Fehler, Ursachen und deren Behebung

Die Herstellung von gedruckten Schaltungen mit dem Fotokopierlack POSI-

TIV 20 bereitet normalerweise keine Schwierigkeiten, wenn unsere vorstehenden Hinweise beachtet werden. Dennoch kann es gelegentlich vorkom-

men, daß eine Schaltung nicht auf Anhieb gelingt. Das passiert sogar Experten. Lassen Sie sich deshalb nicht entmutigen. Vielmehr gilt es, den Fehler schnell

aufzuspüren. Deshalb hier einige Hinweise auf mögliche Fehlerquellen und Ratschläge für deren Beseitigung:

Mögliche Fehler	Ursachen	Beseitigung
starke violette Randbildung	zu satt gesprüht	Platine doppelt so lange belichten. Dadurch lassen sich auch die stärkeren Ränder wegentwickeln
Unterschiedlich lange Belichtungszeiten	ungleichmäßige Beschichtung	Platine waagrecht legen und aus ca. 20 cm Abstand in Schlangenlinien oben links beginnend besprühen. Wenn Lackschicht Hammerschlag-effekt zeigt, Sprühknopf loslassen. Der Lack breitet sich danach in kurzer Zeit gleichmäßig über die ganze Platte aus. Ein hauchdünner zusammenhängender Film genügt als Resist.
Stippenbildung	Agglomeration durch Temperaturunterschiede, besonders wenn der Fotolack im Kühlschrank aufbewahrt wurde.	Vor Benutzung des Lackes Spraydose mindestens 5 Stunden vorher aus dem Kühlschrank nehmen, damit er sich der Raumtemperatur anpaßt.
Lange Belichtungszeiten	Vorlage absorbiert zu viel UV-Licht oder Lichtquelle hat wenig UV-Anteil oder Vorlage ist wenig transparent oder Lackschicht wurde übertrocknet oder zu dicke Glasplatte zum Abdecken verwendet	Klare Folien verwenden Höhensonne oder Quecksilberdampflampe verwenden, oder mit Glühbirne 200 Watt bei 12 cm Abstand 15 Minuten belichten. keine Transparentpapiere mit Füllstoffen verwenden, die viel UV-Licht schlucken. Trocknung nicht über 70, höchstens 80 Grad C Kristallglas oder Plexiglas
Platine läßt sich nicht entwickeln	zu kurze Belichtungszeit	prüfen, ob Vorlage genügend transparent ist prüfen, ob Lichtquelle genügend hohen Anteil UV-Licht besitzt. Belichtungszeit verlängern.
Platine läßt sich trotz transparenter Vorlage und richtiger Lichtquelle und Belichtungszeit nicht entwickeln	zu hohe Trockentemperatur über 80 Grad C. Daraus kann Verlust der Fotoempfindlichkeit resultieren	Trockentemperatur von 80 Grad C nicht überschreiten
Nadellöcher (pin holes)	unzureichende Trocknung oder zu lange Entwicklungszeit	mindestens 15 - 20 Minuten bei 70 - 80 Grad C (nicht höher) trocknen nicht länger als 2 Minuten entwickeln
Lack verläuft schlecht und bildet feinporige Oberfläche	bei extremer Sommer-temperatur verdunstet das Lösungsmittel zu rasch.	Lack satter aufsprühen als bei normaler Zimmer-temperatur oder Sprühabstand verringern.
Lackschicht löst sich beim Entwickeln von den Leiterbahnen	ungenügende Trocknung oder zu schnelle Trocknung oder zu scharfer Entwickler	nach Vortrocknung 15 - 20 Minuten bei 70-80 Grad C durchtrocknen Entwicklerkonzentration 7 g Ätznatron (NaOH) auf 1 Liter Wasser, nicht mehr.

Mögliche Fehler	Ursachen	Beseitigung
<p>Restschleier</p> <p>teilweise angeätzte Leiterbahnen</p>	<p>Unterbelichtung</p> <p>lichtdurchlässiges Leiterbild und dadurch unzulässige Vorbelichtung</p>	<p>länger belichten</p> <p>durch vollkommen lichtundurchlässige Vorlage. Wenn mit Tusche gezeichnet wurde, der schwarzen ein Gläschen gelbe beimischen. Gelb ist die Komplementärfarbe zu blau und wird von UV-Licht nicht durchbelichtet.</p>
<p>Lack kleckst aus dem Sprühkopf. Es tritt mehr Treibgas als Lack aus.</p>	<p>Fast verbrauchte Dosen werden beim Sprühen zu schräg gehalten</p>	<p>Sprühkopf um 180 Grad drehen und danach Düse wieder auf die Platine richten. Oder Platine schräg stellen und Dose beim Sprühen senkrecht halten.</p>
<p>inhomogene (ungleichmäßige) porige Lackschicht</p>	<p>zu schnelles Trocknen</p>	<p>nicht gleich in den 70 Grad C heißen Ofen legen, sondern erst nach dem Einlegen aufheizen. Elektro-Grill (Frontplatte abdunkeln) auf 40 Grad C aufheizen, Platine einlegen und Temperatur langsam auf 70 Grad C steigern. 15 min. trocknen.</p>