BGA Löten mit dem Pizzaofen

Ein Projekt mit Vorgeschichte

Benedikt Sauter < sauter@embedded-projects.net >

Die Vorgeschichte

Seit nun ca. 8 Monaten - muss ich gestehen - nehme ich den Lötkolben immer seltener in die Hand. Früher habe ich komplette Prototypen bis zur Baugröße 0402 - wenn es denn sein musste - von Hand bestückt. Den meisten sage ich immer: „man muss davor keine Angst haben“. Mit Lötlitze und oft einer extra Ladung Lötzinn und dem ein oder anderen kräftigen Schlag auf den Tisch um das Zuviel auch wieder loszuwerden, verhilft man sich zu sehr guten Lötstellen. Anfang dieses Jahres hatte ich dann zum ersten Mal einen fast 100 poligen Stecker mit einem Raster von 0,5 mm zu löten. Da hört dann doch der Spaß auf, vor allem musste diese Schaltung auf Grund eines Auftrags laufen und konnte Notfalls nicht in der Schublade verschwinden.

Alternative zum Lötkolben ?

Zurück zu den Anfängen... als ich mit der Elektronik so langsam begonnen hatte, habe ich Sonntags einmal eine Adapterplatine für einen TQFP geätzt. Natürlich wollte ich diesen direkt löten, hatte jedoch nur einen katastrophalen Lötkolben zur Hand. Was ich jedoch komischerweise da hatte, war eine SMD-Pasten Spritze aus Kunststoff. Kurzerhand habe ich eine Wurst SMD Paste auf jeder Seite „hingebazelt“ und das ganze anschließend in den Küchenofen bei 230 Grad gelegt. Man muss von außen sehr gut auf die Lötstellen schauen. Wenn die Paste zu schmelzen beginnt und schön um die Beinchen verfließt sieht man das. Sobald also die Paste silbern glänzt und gut verflossen ist schnell die Ofentüre zum Abkühlen öffnen. Das mit dem Ofen musste ich leider schnell wieder aufhören, als herausgefunden wurde was ich dort mache, denn die Platinen sollte man ja nicht im selben Ofen backen wie seine Plätzchen... Aber diese Erfahrung, dass das SMD-Paste Löten einfacher geht als gedacht hatte ich jedoch gemacht.

Abb. 1: Ofen mit Steuerung

Auf der Suche nach einer sinnvollen Alternative für den Lötkolben war mir nun klar was ich brauchte. Relativ schnell bin ich dann auf das Reflow-Kit von PCB-Pool gestoßen. Das ist im Wesentlichen ein einfacher Pizza-Ofen, wie es Ihn regelmäßig in jedem Supermarkt für z.T. ab 20 bis 30 EUR gibt. Zusätzlich zum Ofen gibt es auch noch eine Steuerung. Man steckt die Steuerung in eine 230V Steckdose, steckt in die Steuerung wiederum den Stecker des Ofens und schaltet am Ofen die Zeitschaltuhr auf mindestens 30 Minuten (am besten aber gleich auf Anschlag), dann Ober- und Unterhitze (gleichzeitig) einstellen und den Temperaturregler auf das Maximum. In den Ofen legt man noch den Temperatursensor der Ofensteuerung, der idealerweise mit Draht auf Platinenmaterial befestigt ist. Auf diese Weise misst man die Temperatur sozusagen genau auf der gleichen Höhe über der Platinenoberfläche wo später auch die Paste an die Beinchen und Kontakte der bestückten Platine fließen soll.

Das Wesentliche ist aber beim Löten mit dem Ofen und dieser Steuerung nicht der Ofen. Auch nicht die Steuerung und ebenfalls nicht der Temperatursensor. Darauf könnte ich jetzt wieder verzichten. Sondern das Verfahren: Ofen brutal auf 230 Grad aufheizen lassen, Platine einlegen und schauen bis das Lötzinn schmilzt und dann schnell die Ofenklappe öffnen. So spart man sich z.B. zunächst den Temperatursensor und die Steuerung. Das kritischste in meinen Augen beim Löten mit dem Ofen sind die SMD-Pastenschablonen, die SMD-Paste und das Auftragen der Lötpaste mit einem Rakel bzw. etwas geradem. Wenn man das gut heraus hat, klappt jede Platine für wenige Stückzahlen tadellos.

Lötpaste auftragen

Die erste Frage stellt sich natürlich: Woher kriegt man eine Lötpasten Schablone und was ist das überhaupt? Ganz einfach, eine Lötpasten Schablone oder Pastenmaske ist ein dünnes Blech ca. 150 um auf dem überall Löcher bzw. kleine Rechtecke sind wo Pads von Bauteilen später mit der Platine verlötet werden sollen (siehe Abb. 2). In Eagle ist das Layer 31 tcream und 32 bcream. Diese Layer sollte man ab jetzt immer sehr gut kontrollieren. Dazu aber nachher noch mehr. Mit dieser Vorlage (der Pastenmaske) kann man die Lötpaste auf die Platine „drucken“ im Prinzip ist das wie beim Siebdruck. Man richtet die Maske schön auf den Pads der Platine aus. Dies muss man von oben mit den Augen oder ggf. einer Lupe kontrollieren. Wenn alle Pads schön sichtbar sind kann man die Schablone mit Klebestreifen am oberen Rand auf einer Unter-

lage festkleben (z.B. Platinenmaterial, Hartfaserplatte von einem alten Bilderrahmen, etc. mindestens Din A4). Zuvor sollte man die Platine auf der Unterlage mit kleinen Stücken aus gleich hohem Material wie die Platine selbst (z.B. alten Platinen, am besten winkelförmig), so dass diese nicht mehr verrutscht.

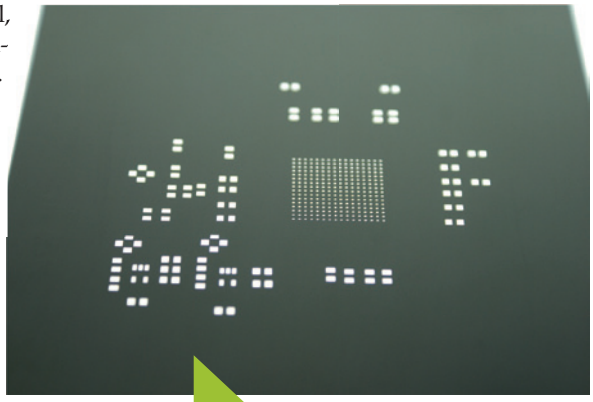


Abb. 2: Schablone für die Lötpaste

Anschließend nimmt man sich die Lötpaste. Idealerweise lagert man diese kühl und nimmt sie direkt vor dem Löten heraus und rührt dann knappe 15-30 Sekunden mit einem Spatel, bis sie schön „geschmeidig" ist. Verteilt wird die Paste auf einer Seite der Maske, indem man eine dicke Wurst - ca. 5-8 mm Durchmesser (siehe Abb. 5) - über eine ganze Schablonenseite unterhalb des Malerkrepps aber über den Pads zieht. Welche Seite man verwendet findet man nach und nach heraus. Oft beginne ich gerne mit der Seite mit den „feineren" Pads und ende bei den „größeren". Manchmal bietet es sich auch an, eher von der schmaleren als von der längeren Seite zu beginnen, weil dann die Pasten-Wurst nicht so lang sein muss und man außerdem mit dem Rakel (einfache Metallschaber aus dem Baumarkt ab ca. 1 EUR - die gehen prima) besser Druck auf einer kleinen Stelle als über eine lange Seite erhält. Ist die Pastenwurst also bereit und man ist sich klar, von wo aus man mit dem Rakel ziehen möchte (an dieser Kante muss die Schablone auch festgeklebt sein), sollte man die Platine schön vor sich ausrichten und bequem sitzen, denn jetzt kommt der aller kritischste Moment. Man muss mit genügend Druck die Paste über die Schablone gleichmäßig ziehen, so dass die Paste nicht obenauf der Schablone in Schmierresten zurück bleibt, aber auch jedes Pad-Loch schön mit der Paste gefüllt ist. Man darf nicht zu oft herumdrücken, sonst verschiebt man jedes mal die Schablone etwas und die Paste verschmiert sich an den Rändern und läuft weiter zwischen Schablone und Platine. Im günstigsten Fall zieht man die Paste mit einem Mal sauber über die gesamte Seite.

Am Anfang braucht man ein paar Versuche. Das macht aber gar nichts. Mit dem Rakel kann man ganz vorsichtig die Paste von der Platine wieder nehmen, die Schablone gut reinigen. Ich nehme hierfür Platinenreiniger aus der Sprühdose mit einer Bürste vorne dran und einem Schwung Papiertücher. Die Platine kann man auch nochmal schnell mit den Tüchern und dem Reiniger von der verschmierten Paste befreien. Ist die Platine einmal erfolgreich bedruckt, legt man dieser am besten ein paar Meter ganz weit weg, wo man nicht aus versehen dran kommt. Auch das wird jedem zwischendurch passieren :-).

Zur Frage: Woher bekommt man diese Maske? Es gibt viele Anbieter im Internet, die solche Pastenmasken ab ca. 25 EUR und teurer anbieten. Man muss aufpassen, viele bieten sehr gute Industriequalität für einen Druck von einigen 1000 Platinen und mehr an, aber das braucht man ja nicht. Letztens habe ich bei http://www.bilex-lp.com welche bestellt. Dort kosten Sie 25 EUR + 9 EUR Versand. Die Qualität war super. Was ich meistens jedoch mache, ich bestelle die Platine bei PCB-Pool, dort kann man immer die Maske kostenlos mit bestellen. Man darf nur nicht vergessen in der Bestellung den Haken „FreeStencil" an zu klicken. Bei den meisten Platinenherstellern kann man die Schablonen immer kostenpflichtig zur Platine gleich mit bestellen.

Checkliste: Schablonen-Daten

Bevor man die Schablone bestellt, sollte man aber zuvor einen Blick auf die entsprechenden Layer werfen. Aber auch hier bekommt man nach und nach Erfahrungen. Ich habe einmal meine wichtigsten notiert:

- Sind die Löcher der Pastenmaske etwas kleiner als das Kupferpad? Das ist wichtig, denn wenn die tcream und bcream Löcher gleich groß oder zu eng aneinander sind, besteht die Gefahr, dass beim Drucken zu viel Paste auf dem Pad stehen bleibt und auch darüber hinausläuft. Nach dem Löten im Ofen hat man dann häufig Lötbrücken zu anderen Pads (z.B. bei SMD-Buchsen, im Vergleich zu Chips sind diese aber noch relativ unkritisch und leicht zu beheben).
- Hat ein Chip ein Exposed-Pad (siehe Abb. 3) (unter dem Chip eine Metallfläche), sollte man an dieser Stelle auf der Platine lieber eine kleine Matrix von Rechtecken anordnen, sonst hat man schnell viel zu viel Lötzinn unter dem Chip. Manche machen auch in die Mitte eine Durchkontaktierung, so dass dort überflüssiges Lötzinn „abfließen", bzw. man später auch einfacher den Baustein wieder entfernen kann.

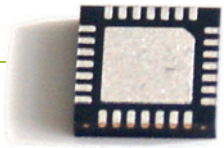


Abb. 3: QFN

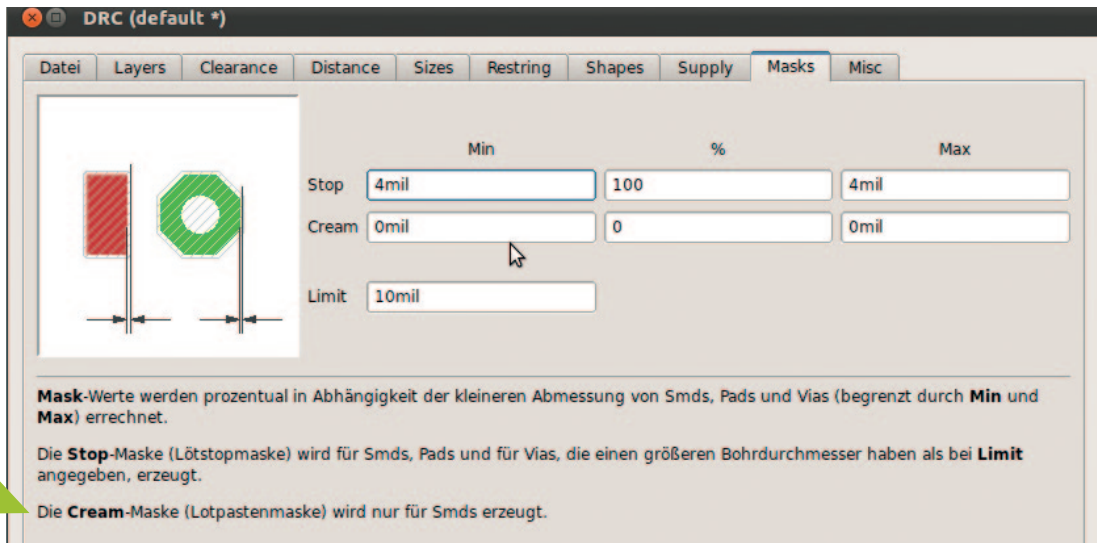


Abb. 4: Stoppmaske

- Nicht zu vergessen ist auch, dass man bei normalerweise ca. 150um dickem Blech (mit etwas kleineren Löchern als die Pads) an manchen Stellen nicht plötzlich sogar zu wenig Lötpaste pro Pad hat. Hat man dickeres Blech muss man aber unbedingt die Löcher nochmals verkleinern, sonst ist das zu viel Lötpaste. Hat man hingegen dünneres Blech, muss man sie entsprechend wieder vergrößern, wobei hier dann beim Drucken die Gefahr vom „verschmieren" wieder steigt. Klingt schwieriger als es ist. Bei etwas größeren Bauteilen wie Buchsen, Quarzen, Spulen ist dies nicht ganz so kritisch und funktioniert meist auch ohne Probleme. Im Notfall kann man diese Teile ja noch mit Litze nach bearbeiten. Man sollte deshalb zu Beginn ersteinmal langsam den Schwierigkeitsgrad steigern und nicht gleich zu Anfang alle kritischeren Chip- und Bauteil-Sorten auf einer Platine gleichzeitig vereinen.

- Meine Platinen lasse ich immer mit Lötstopplack lackieren. Ohne Lack besteht schneller die Gefahr eine nicht gewollte Lötstelle/Lötbrücke zu erhalten. Wenn man auf den Lötstopplack verzichten möchte, sollten die Leitungen aber so weit wie möglich von Pads entfernt sein - bzw. idealerweise ganz grade von den Pads weglaufen und außerdem nicht unbedingt parallel an andere Pads angrenzen. Immer genügend Abstand! Dann kann nichts rüberlaufen und man spart sich das lästige Nacharbeiten am Prototyp.

Zum Kernpunkt des Artikels

Nach einiger Erfahrung mit dem Löten mit Rakel und Ofen wollte ich mich nun an BGA Bausteine (siehe Abb. 5) wagen.

Abb. 5: BGA von unten

Bei BGA Bausteinen ist ein wesentlicher Faktor der „Pitch". Das ist der Abstand von Ball zu Ball. Hier gibt es 1.00 mm, 0.8mm oder 0.5mm. Sicherlich gibt es noch feinere, aber dafür ist der Ofen wohl nicht geeignet. Die Platine sollte immer mit Lötstopplack erstellt werden - und (ganz wichtig) Durchkontaktierungen im BGA dringend über lackiert sein. In Eagle stellt man das bei DRC (siehe Abb. 4) unter dem Punkt „Masks" ein. Das Limit muss größer als die Durchkontaktierungen gestellt werden. Dann werden diese mit Lötstopplack bedeckt und die Gefahr für ungewollte Kontakte wird drastisch minimiert. Passend für den BGA ist in der Pastenmaske dann ein entsprechendes Löcherraster für die Pads. Das Drucken geht auf die gleiche Art und Weise wie oben bereits beschrieben. Man benötigt ein wenig mehr Zeit, bis man die Schablone auf der Platine ausgerichtet hat. Das wars aber eigentlich. Die Schwierigkeit beim BGA Baustein liegt darin, dass man den Baustein von oben platzieren muss und jeder Ball auf seinen „Lötpastehaufen" treffen muss (Abb. 7 und Abb. 8). Dafür kann man sich aber eine kleine Hilfe in die Platine machen. An den Ecken des BGA's füge ich kleine Markierungen ein (siehe Abb. 9 und Abb. 10). Wichtig ist, dass diese korrekt an gegenüberliegenden oder mindestens drei geraden Seiten sind. So dass man den Baustein parallel zu den Linien auf die Platine legen kann. Nun zum Platzieren des BGA: Wenn man den BGA vorsichtig von oben mit der Pinzette ganz locker auf die Pastenmatrix auflegt (entsprechend der Markierung auf der Platine, und Achtung: Pin 1 nicht vergessen), kann man ihn durchaus noch mit der Pinzette auf den „Pastenhäufchen" herum schieben, ohne diese zu verschmieren. Am besten sieht man dies von der Seite. Keine Panik, wenn der BGA mit den Balls direkt zwischen den Häufchen gelandet ist. Entweder man nimmt ihn vorsichtig nochmals nach oben senkrecht weg, oder man kann ihn sogar noch auf die Häufchen „drauf schieben". Sitzt der BGA von allen Seiten betrachtet perfekt auf den Löthäufchen (Kontrolle von allen Seiten von schräg unten), so kann man ihn nun vorsichtig mit der Pinzette erst mittig und dann an den Kanten in die Paste eindrücken. Voilà.

Abb. 6: Schablone und Platine beim Rakeln auf einer Metallunterlage. Gut zu sehen ist hier die „Pastenwurst"

Achso – ich bestücke immer als erstes den BGA und später die Bauteile außen herum, so hat man beim BGA platzieren genug Freiheit in alle Richtungen. Nur Vorsicht: Nicht aus Versehen die Nachbarpads verschmieren. Am besten Ärmel hochkrempeln :)

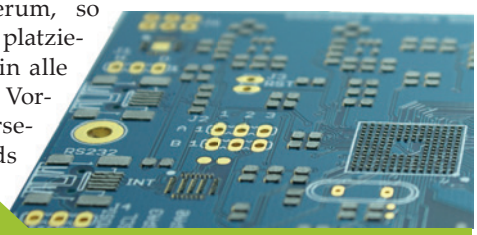
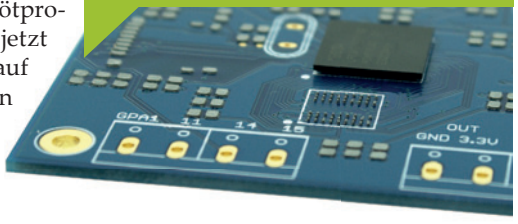


Abb. 7: Lötpaste

So - das war schon das Löten eines BGAs. Jetzt geht's genauso weiter wie sonst. Alle restlichen Bauteile platzieren. Die Platine vielleicht etwas vorsichtiger als sonst in den Ofen legen (ja nirgends dagegen rumpeln), Ofen anstellen, entweder die Kurve mit der Steuerung abfahren oder den Ofen auf 230 Grad einstellen und den Lötprozess starten. Ab jetzt wieder kritisch auf die Lötstellen von den Pads achten. Wenn die Paste zu schmelzen beginnt sicherheitshalber nochmals mindestens 10 – 15 Sekunden mehr Zeit geben, denn die Balls in der Mitte vom BGA brauchen natürlich etwas länger. Nur zulange sollte man die Chips nicht im Ofen backen. Aber nach dem ersten „Keks" hat man auch das gelernt :). Wenn man mit der automatischen Steuerung lötet kann man die Standardkurve verwenden - das hat bei mir bisher gut funktioniert.

Abb. 8: Lötpaste



Testplatine

Um zu prüfen wie gut das Löten klappt, habe ich eine Testplatine mit einem AP7000 erstellt. Auf der Platine war der BGA, die Stromversorgung, ein JTAG Stecker und der Quarz. Hier könnte man jetzt mit einem JTAG-Adapter Boundary-Scan Muster erzeugen. Jedoch habe ich keine „schnellere“ Lösung ohne größeren Aufwand gefunden. Daher habe ich Nachbar-Balls miteinander verbunden. Auf diese Weise kann mit einem einfachen C-Programm, das man in den SRAM des AP7000 per JTAG laden kann, die Pins nacheinander als Ein- und Ausgang schalten und sehen, ob die Lötverbindungen geklappt haben. Leider kann man so nur schlecht herausfinden, ob sich zwei fremde Nachbarn verbunden haben. Aber so etwas wird man spätestens beim Programmieren und Einsatz der Pins feststellen. Man muss sich nur daran erinnern, dass es auch das NICHT erfolgreiche Löten sein kann, warum etwas nicht funktionieren will, wie es aber funktionieren sollte. Zeit um das Testprogramm zu implementieren hatte ich leider noch nicht gefunden. In der Zwischenzeit habe ich einen LPC3131 samt BGA SDRAM Baustein gelötet und von dort ein Linux gestartet. Das Linux bootet soweit und daher kann ich sagen die Verbindungen stehen. Auch hier ging es ja zunächst zuerst um einen Prototyp.

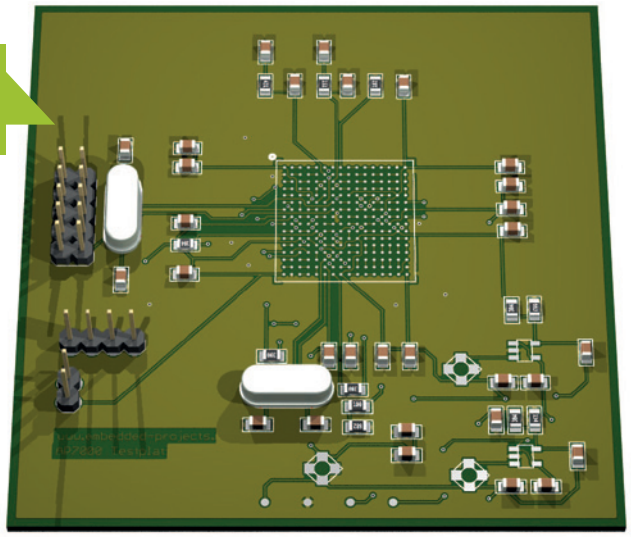


Abb. 9: Markierungen an den Ecken

Fazit

Ich kann das Löten auf diese Art und Weise nur empfehlen. Mit einem relativ kleinen Budget können erstaunlich gute Ergebnisse erzielt werden, vor allem auch bei Bausteinformen, an die ich mich zuerst nicht herangetraut hatte. Besonders für einzelne Prototypen oder Kleinserien ist diese Methode bestens geeignet. Sie erfordert anfangs zwar etwas Mut und Geduld, nach einiger Übungszeit sitzt der Baustein aber schon beinahe auf Anhieb richtig - erstaunlich, wie schnell man sich so etwas feinmotorisches antrainieren kann :)

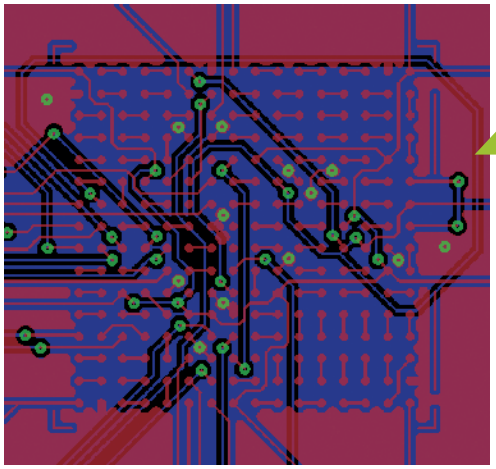


Abb. 10: Markierungen an den Ecken

Literatur / Links

[1] PCB POOL http://www.pcb-pool.com/

[2] Bilex http://www.bilex-lp.com

[3] Elektor Stencil Maschine http://www.youtube.com/watch?v=zGc8dwUaUVo

Anzeige

→journal.embedded-projects.net

OPEN-SOURCE ZEITSCHRIFT ZUM MITMACHEN!

Kostenloses PDF zum Download!

Über 10.000 Leser pro Ausgabe

Das embedded projects Journal ist eine Open-Source-Zeitschrift rund um das Thema Mikrocontroller und Embedded Systeme zum Mitmachen (Zeitschrift + Artikel – alles unter einer freien Lizenz). Viermal im Jahr erscheint eine Ausgabe, die zugleich kostenlos als PDF und Papierversion veröffentlicht wird. Bezahlt wird der Druck durch Sponsoren und den Versand durch Spendenabos.

Format A4 | Vierfarbig | 4 Ausgaben pro Jahr

Holzbachstraße 4, D-86152 Augsburg
Tel +49 (0) 821 279599-0
Fax +49 (0) 821 279599-20
journal@embedded-projects.net

embedded projects GmbH
HARDWARE FOR PROJECTS