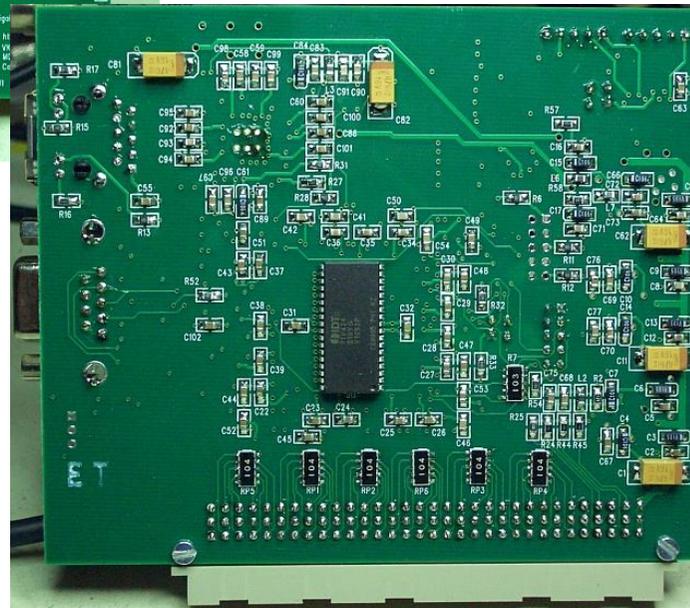
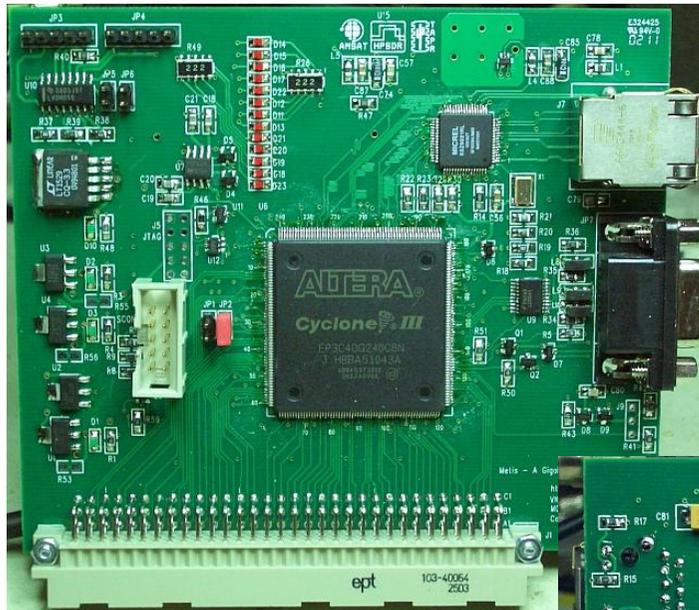


## High Performance Software Defined Radio

Open Source Hardware und Software Projekt

Projektbeschreibung: <http://openhpsdr.org>



### Hardware-Projekt #5 **METIS Platine** Teil #2 Der Aufbau von METIS

Schematics / Board Design	Phil Harman, VK6APH Kevin Wheatley, M0KHZ
Text	Horst Gruchow, DL6KBF HPSDR WIKI
Graphics and Layout	Horst Gruchow, DL6KBF



## Kapitel 1: Vorbereitung

METIS ist eine Hochgeschwindigkeits-Interface-Platine zwischen Ihrem PC und den Steckkarten des HPSDR. METIS wurde als Alternative zum OZYMANDIAS-(MAGISTER) USB2.0 Interface entworfen und stellt eine 100T- bzw. 1000T- (Gigabit)-Ethernet-Schnittstelle zum angeschlossenen PC zur Verfügung. Auf der Platine werkelt ein großes FPGA (40.000 Logikelemente) und somit steht ausreichend Platz für zukünftige Firmware-Erweiterungen zur Verfügung. Es stehen alle Benutzer-Schnittstellen (z.B. PTT, CW, Relais-Treiber) wie bei OZYMANDIAS zur Verfügung. Allerdings wird die Steuerung des SDR-1000 nicht mehr unterstützt.

Die Verarbeitung der Ethernet-Protokolle geschieht im FPGA. Unterstützte Protokolle sind: UDP/IP, DHCP, APR und PING. Jede METIS-Platine hat eine eigene MAC-Adresse und es kann sowohl eine automatische IP-Adressierung per DHCP erfolgen als auch eine feste IP-Adresse zugewiesen werden.

Zukünftige Firmware-Updates können über die Ethernet-Schnittstelle durchgeführt werden und machen externe Programmier-Adapter überflüssig.

Dieses Dokument stellt eine Schritt-für-Schritt-Bauanleitung für alle zur Verfügung, die ihre Platine noch selber löten wollen anstatt eine fertig aufgebaute Karte zu kaufen.

73  
Horst  
DL6KBF

### 1.1 Physische und mentale Vorbereitung

Bevor Sie anfangen, an diesem Projekt zu bauen, prüfen Sie bitte Ihre physische und mentale Kondition. Sie sollten sich fragen, ob Sie physisch so gut 'drauf' sind, dass Sie solch ein Bauvorhaben durchführen können. Sollten Sie zu extremer Nervosität neigen, hyperaktiv sein oder sollten Ihre Hände zittern, so suchen Sie sich bitte einen anderen Tag fürs Basteln aus oder fangen Sie erst garnicht mit diesem Projekt an.

Hatten Sie Ärger mit Ihrer Frau oder mit Ihrem Chef und sind Sie immer noch wütend oder frustriert, Hände weg vom Lötkolben. Sie werden mit Sicherheit all die kleinen Bauteile überall im Shack verteilen und niemals wiederfinden.

Wie sollten Sie sein:

- bei guter Gesundheit
- in guter Stimmung
- innerlich ruhig und 'cool'
- mit Selbstvertrauen ausgestattet

**Sie sollten wissen, was Sie tun!**

**Sie sollten mit den Grundtechniken des SMD-Lötens vertraut sein!**

## Kapitel 1: Vorbereitung

### 1.2 Arbeitsplatz-Vorbereitung

#### 1.2.1 Arbeitstisch

Der Arbeitstisch sollte völlig aufgeräumt und sauber sein und ziemlich leer. Das erleichtert das Wiederfinden einzelner SMD-Bauteile, die möglicherweise die Pinzette fliegend verlassen haben.

#### 1.2.2 ESD (ElectroStatic Discharge) Vorbeugung

Da die meisten hier verarbeiteten ICs sehr empfindlich gegen statische Entladung reagieren, wird empfohlen, eine ESD-Matte zu verwenden. Diese sollte zumindest mit der ESD-Entladebuchse der Lötstation verbunden sein.

Bevor Sie ein IC berühren, plazieren Sie bitte beide Hände flach auf der ESD-Matte, um sich selbst zu entladen. Alternativ können Sie auch ein ESD-Armband um ihr Handgelenk tragen, das mit der ESD-Matte verbunden ist.

Ich verwende eine preiswerte ESD-Matte der Größe 60x50 cm<sup>2</sup> (ca. 15 EUR). Sie hat eine sehr rutschfeste PVC-Oberfläche, die beim Arbeiten sehr vorteilhaft ist. Ich kann die Platinen direkt auf der Oberfläche plazieren und brauche keinen Platinenhalter o.ä. Dadurch wird das Handling der Platine sehr leicht und bequem.

### 1.3 Lötwerkzeuge

Dieses Projekt erfordert natürlich vernünftiges Lötwerkzeug. Vorzugsweise sollte eine temperaturgeregelte Lötstation mit mindestens 50 Watt bis 80 Watt eingesetzt werden.

- vergessen wir billige LötKolben. Sie werden meistens zu heiß.
- vergessen wir sogenannte SMD-Lötadeln. Sie arbeiten normalerweise mit ca. 8 Watt und sind somit nach meiner Erfahrung nutzlos.

Sehr wichtig:

Kaufen Sie die feinste Lötspitze für Ihr Lötwerkzeug, die Sie bekommen können. Meine hat einen Spitzendurchmesser von 0,2 mm. Damit kann man dann auch sogar die schmalsten Leiterbahnen löten.

Alternative Lötmethoden sind z.B. das Reflow-Löten oder das Löten mit Heißluft. Über diese Methoden gibt es genügend Detailinformationen im Internet in den verschiedenen Mikrocontroller-Foren oder auf einigen Amateurfunk-Seiten.

Seien Sie gewarnt:

Ich habe versucht, die HPSDR-Ozy-Platine in meinem temperaturgesteuerten Reflow-Pizzaofen zu löten und habe schlechte Erfahrungen mit Delaminieren der Platine gemacht trotz der Steuerung des Temperaturprofils.



Diese Lötstation verwende ich

#### 1.3.1 Lötzinn

Beim Lötzinn haben Sie die Wahl zwischen bleihaltigem und bleifreiem (RoHS-konformem) Zinn. Bleihaltiges Zinn ist nach wie vor verfügbar und Sie brauchen Ihre Lötgewohnheiten nicht umzustellen.

Bleifreies Lot hat den Nachteil einer höheren Löttemperatur, an die man sich erst gewöhnen muss. Sollten Sie sich für bleifreies Lot entscheiden, so machen Sie bitte zuerst einige Lötversuche, ehe Sie sich an unser Projekt wagen.

Sehr wichtig:

Der Durchmesser des Lötzinns sollte so dünn

## Kapitel 1: Vorbereitung

wie möglich sein. Ich verwende Lötzinn mit 0,3 mm und 0,5 mm Durchmesser.



Bleihaltiges Lötzinn



Bleifreies Lötzinn

### 1.3.2 Flussmittel

Eigentlich sind meine Erfahrungen mit Flussmitteln recht zwiespältig:

- es ist ein fantastisches Hilfsmittel beim Löten
- je nach verwendetem Flussmittel besteht die Gefahr schlechter Lötstellen und sie lassen die Platine unsauber aussehen.

Meine Erfahrung:

Am Anfang habe ich einen sog. Löthonig verwendet mit gelartiger Konsistenz. Es klebt sehr gut und ICs lassen sich gut positionieren und bleiben in Position. Aber nach dem Löten sind die Lötstellen nicht mehr gut sichtbar und lassen sich nicht richtig inspizieren. Ausserdem löst der Honig sich nicht in Isopropylalkohol und man muss zu härteren Sachen greifen.

Meine Empfehlung:

Für Platinen, deren Pads verzinnt sind, verwende ich ein wasserhelles Flussmittel, dass kein Nachreinigen erfordert. Eigentlich ist Flussmittel nur bei feinen IC-Pads erforderlich.

Normale Bauteile kann man auch gut ohne Flussmittel löten..

Ich verwende einen Flussmittel-Stift wie im nächsten Bild gezeigt.



Flussmittel-Stift

### 1.3.3 Entlötlitze

Die braucht man in guter Qualität und in reichlicher Menge. .

Für IC Pins sollte ein kleiner Durchmesser von 0.8 mm und für normale Lötstellen eines von 1,5 mm verwendet werden.



Entlötlitze

## Kapitel 1: Vorbereitung

### 1.4 Notwendige Werkzeuge

Neben dem Lötkolben benötigt man für dieses Projekt noch einige andere spezielle Werkzeuge. Man könnte auch ohne sie auskommen, aber sie erleichtern die Arbeit ungemein und sind nicht besonders teuer. Manche sehen aus wie Zahnarzt-Werkzeuge und tatsächlich ist das auch ihre normale Bestimmung. Somit haben alle Zahnärzte unter den Lesern den großen Vorteil, dass sie ihre Werkzeuge auch zu Hause verwenden können. Aber bitte anschließend nicht mehr die Patienten damit traktieren!!!

#### 1.4.1 Pinzetten

Das werden neben Ihrem Lötkolben die Hauptwerkzeuge sein und sollten ebenfalls von hervorragender Qualität sein. Die Pinzetten sollten für SMD-Arbeiten spezialisiert sein und sollten aus Edelstahl bestehen.



Dieses Modell verwende ich

Für mich ist dieses Modell das universellste, da die Spitzen ca. 30° abgewinkelt sind und kleine Haltebacken besitzen.

Darüber hinaus sollten Sie noch eine Pinzette in spitzer Ausführung besitzen, entweder gerade oder gewinkelt.



So ähnlich sollte es aussehen

#### 1.4.2 Zahnarzt-Werkzeuge

Wie schon weiter vorne erwähnt, sind einige dieser Werkzeuge sehr hilfreich bei der Ausrichtung von ICs, zur Reinigung der Platine und bei der Inspektion von Lötstellen. Auf Flohmärkten kann man sie oft in akzeptabler Qualität kaufen.



#### 1.4.3 Was noch?

Meine besondere Empfehlung sind Nähmaschinen-Nadeln. Man kann auch Handnähnadeln verwenden, aber Haushalts-Nähmaschinennadeln sind leichter zu bekommen.

Deshalb sollten Sie bei Ihrem nächsten Kaufhaus-Besuch diese Nadeln auf Ihre Einkaufsliste setzen. Sogenannte Microtex-Nadeln sind sehr zu empfehlen, da sie eine besonders spitze Spitze haben.

Was kann man mit ihnen anfangen?

Die Nadeln haben eine Nickeloberfläche und lassen sich deshalb löten. Man kann also einen Draht anlöten und sie als Testspitzen einsetzen.

Zusammen mit einem Multimeter mit Durchgangstester kann man jeden einzelnen Pin auch feinsten ICs antasten und auf Durchgang zur Leiterbahn prüfen. Die Spitze der Nadel kann leicht durch den Lötstopplack auf die Leiterbahn durchdringen.

Nadeln sind vielseitige und preiswerte Werkzeuge und deshalb liebe ich sie (auch, weil mein Arbeitgeber sie herstellt, hi).

Sollte die Spitze verschlissen sein, einfach neue nehmen.

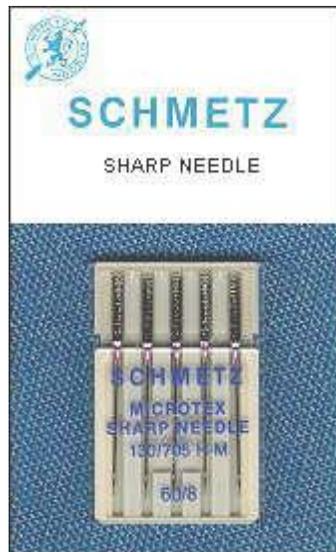
## Kapitel 1: Vorbereitung

### 1.5 Das Letzte und Wichtigste

#### Gute Sicht

Meine Augen sind nicht sehr gut, denn ich bin stark kurzsichtig (fast -6 Dioptrien). Deshalb nehme ich beim Arbeiten an SMD-Platinen meine Kontaktlinsen heraus, ziehe eine Schutzbrille an und stecke meine Nase sozusagen auf die Platine. Auf diese Weise habe ich eine gute und klare Sicht auf alle Details der Leiterplatte.

Für ganz feine ICs reicht das aber nicht. Deshalb sollte auf jeden Fall eine starke Lupe mit mindestens 5-facher Vergrößerung vorhanden sein.



Eine stärkere Vergrößerung ist nicht zweckmässig, da dann kein ausreichender Arbeitsabstand zur Platine mehr vorhanden ist.

Das beste Werkzeug ist ein Mikroskop mit 10-facher Vergrößerung oder mit Zoom-Objektiv.. Hier ein Bild meines Mikroskops:



Das habe ich sehr günstig gebraucht im Internet ersteigert und es ist das beste Werkzeug, das ich je gekauft habe. Damit kann ich Vergrößerungen von 10x, 20x und 35x einstellen und es hat einen Arbeitsabstand von 160 mm bei 10-facher Vergrößerung. Man kann also bequem darunter löten.

Die technischen Daten kann man hier einsehen: <http://www.euromex.nl>.

## Kapitel 1: Vorbereitung

### 1.5 SMD-Löttechnik

Im Internet finden sich verschiedene Seiten mit Informationen darüber, wie man ICs mit feinem Beinchen-Abstand lötet.

Eine gute Informationsquelle ist

<http://www.solder.net> (in Englisch)

Dort gibt es von Zeit zu Zeit einige Trainingsvideos, die man sich herunterladen kann.

Man kann auch gut an alten Computer-Platinen trainieren, um sich SMD-Lötfertigkeiten anzueignen.

Aber ich bin mir sicher, dass jeder, der die METIS-Platine bestellt hat, sich vorher klar gemacht hat, dass dieses ein etwas anspruchsvolleres Bastelprojekt ist.

Und nun wollen wir endlich loslegen.

**Genug Vorbereitung.  
Heizen wir den Lötkolben an  
und  
legen wir los.**

## Kapitel 2: Wie fängt man an?

### 2.1 Ordnung ist die halbe Miete

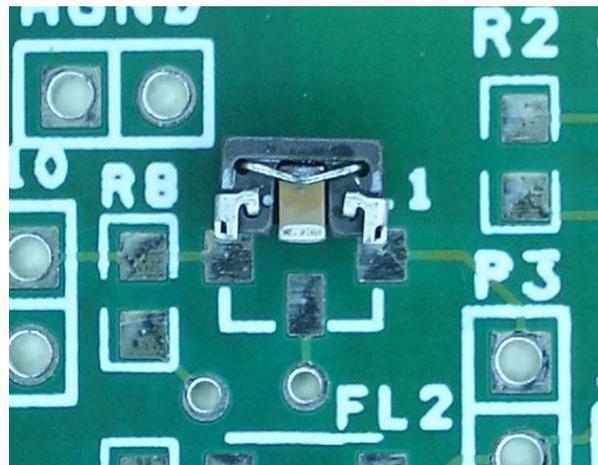
Eine kleine Statistik, die ich erstellt habe, besagt, dass Sie jetzt vor 227 Bauteilen, der Platine und einigen Steckverbindern und Buchsen sitzen und ca. 750 Lötverbindungen durchführen müssen. Damit wird klar, dass dieses nicht ein einfaches Sonntag Nachmittag Projekt ist. Aber wir wollen nicht die Pferdescheu machen.

Als kleine Hilfe für die Organisation der Bauteile habe ich aus der Stückliste einen Organizer erstellt, mit dem sich die Bauteile sammeln und für die Bestückung bereitstellen lassen. Diesen Organizer finden Sie zum Ausdrucken am Ende dieser Anleitung.

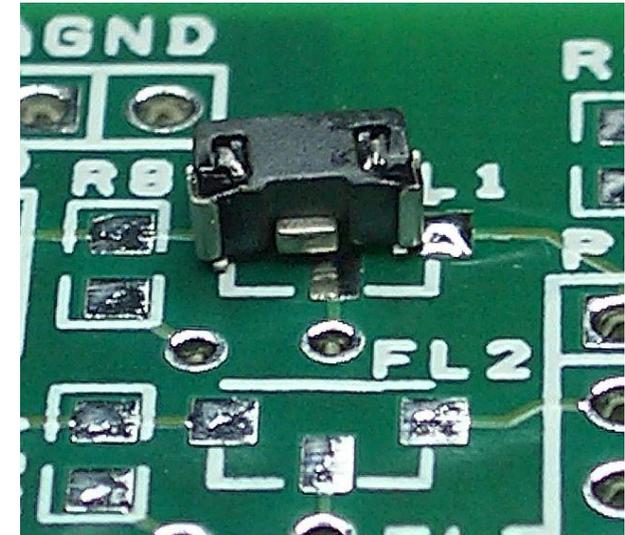
Ich klebe mir die Bauteile dann mit Doppelklebeband in die entsprechenden Rubriken und kann sie beim Löten dann der Reihe nach abarbeiten.

### 2.2 Wie kommen die Bauelemente auf die Platine

Mit einigen Bildern möchte ich kurz die grundsätzliche Löttechnik für zweipolige oder dreipolige Bauelemente zeigen. Die Bilder stammen aus einem anderen Projekt, sollten aber deutlich machen, wie es geht.



Das Bild zeigt ein dreipoliges Filter mit den drei zugehörigen Löt pads. Je nachdem, ob man Links- oder Rechtshänder ist, sucht man sich ein äußeres Pad aus und legt einen Tropfen Lötzinn darauf. Dabei ist darauf zu achten, dass man eher zu wenig als zu viel Lötzinn verwendet. Das folgende Bild demonstriert diesen Vorgang.

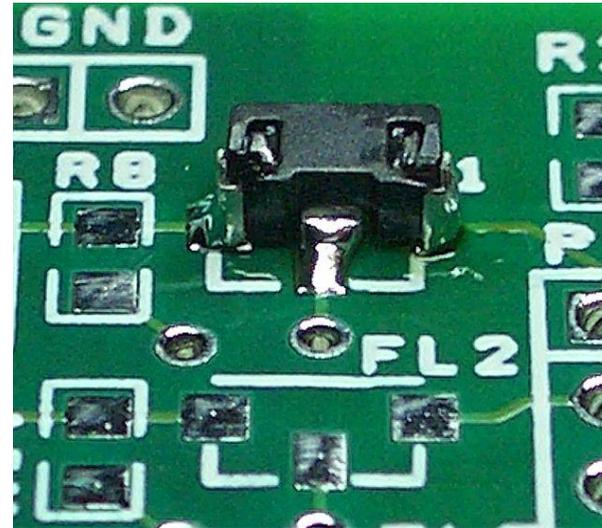
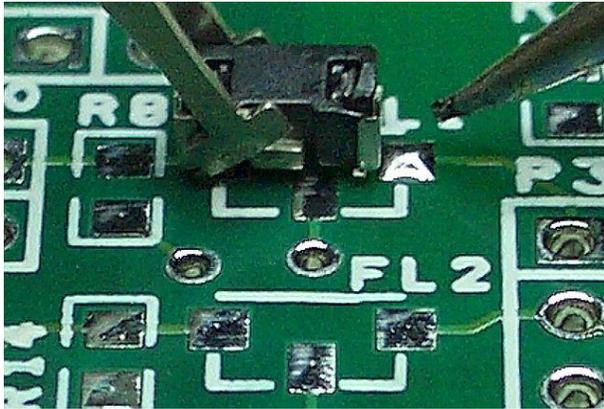


Auf dem rechten Pad sieht man den Tropfen Zinn.

Dann packt man das Bauteil mit der Pinzette, nimmt in die andere Hand den Löt Kolben und hält ihn kurz an das verzinnte Pad. Sobald das Zinn flüssig ist, schiebt man das Bauteil auf das Pad. Das hört sich in der Beschreibung etwas kompliziert an, ist aber an sich ein Vorgang, der nur Sekunden dauert. Das Ganze sollte zügig über die Bühne gehen.

Mit etwas Übung kann man so eine hohe Bestückungs-Geschwindigkeit erreichen, sodass das Bestücken viel schneller geht als bei bedrahteten Bauteilen.

## Kapitel 2: Wie fängt man an?



Dabei ist darauf zu achten, dass man auch nicht zu lange erhitzt. Das könnte dem Pad schaden. Wie schon gesagt, ist das Ganze ein fließender Vorgang von 2 bis drei Sekunden. Sollte das Bauteil nicht ganz korrekt sitzen, kann man nun immer noch korrigieren, indem man das Bauteil mit der Pinzette packt und den LötKolben kurz an das Pad hält.

Nach Fertigstellung sollte das Ganze dann in etwa wie oben gezeigt aussehen. Man kann sehen, dass auf dem vorderen Pad eigentlich etwas zuviel Lötzinn ist. Weniger hätte auch genügt.

Ist man mit dem Sitz zufrieden, dann können die anderen Pads verlötet werden. Immer darauf achten, so wenig Lötzinn wie möglich zu verwenden, aber trotzdem eine sichere Verbindung herstellen.

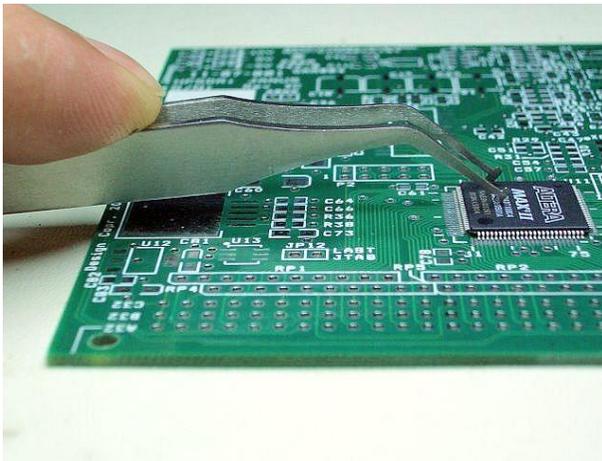
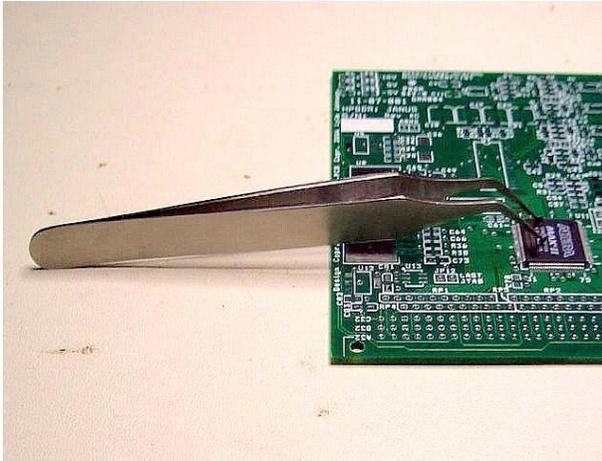
## Kapitel 2: Wie fängt man an?

### Keine Angst vor vielbeinigen ICs

Nach dem groben Ausrichten des ICs auf den Löt pads (keine Angst: wenn man auf einer ESD-Matte arbeitet, kann man die auch mit den Fingern anfassen), legt man zur leichten Beschwerung z.B. eine Pinzette auf das IC. Eine andere Methode, die ich auch oft verwende, ist die, dass ich die Pads ganz leicht mit Löthonig bestreiche. Dann klebt das IC auf den Pads und kann auch gut ausgerichtet werden.

Bei der Pinzetten-Methode nehme ich nun den Löt Kolben, drücke mit einem Finger auf die Pinzette und mit dem Löt Kolben berühre ich kurz einen Eckpin des ICs. Das Zinn auf dem Löt pad (bei vorverzinnten Platinen) genügt meist schon, um das Beinchen zu fixieren. Danach noch einmal alles auf korrekten Sitz kontrollieren und dann den diagonal gegenüber liegenden Eckpin festlöten. Wenn alles gut sitzt, kann man nun der Reihe nach alle Pins verlöten. Sollte einmal zuviel Löt zinn einen Kurzschluss zwischen zwei Beinchen machen, einfach mit Entlötlitze das überschüssige Zinn absaugen.

Man sollte nicht zu ängstlich sein. Im Löt Ofen werden die ICs über Minuten auf 240 °C gehalten.



### Kapitel 3: Bestückung Hauptplatine

**Nun geht es an das Bestücken der Hauptplatine**

**Die folgende Schritt-für-Schritt-Methode sollte es jedem möglich machen, die Platine so zu bestücken, dass sie auf Anhieb funktionsfähig ist. Wir fangen mit der Rückseite der Platine an und werden die Bauteile in der Reihenfolge von 'niedrig' nach 'hoch' und entsprechend ihrer Werte bestückt.**

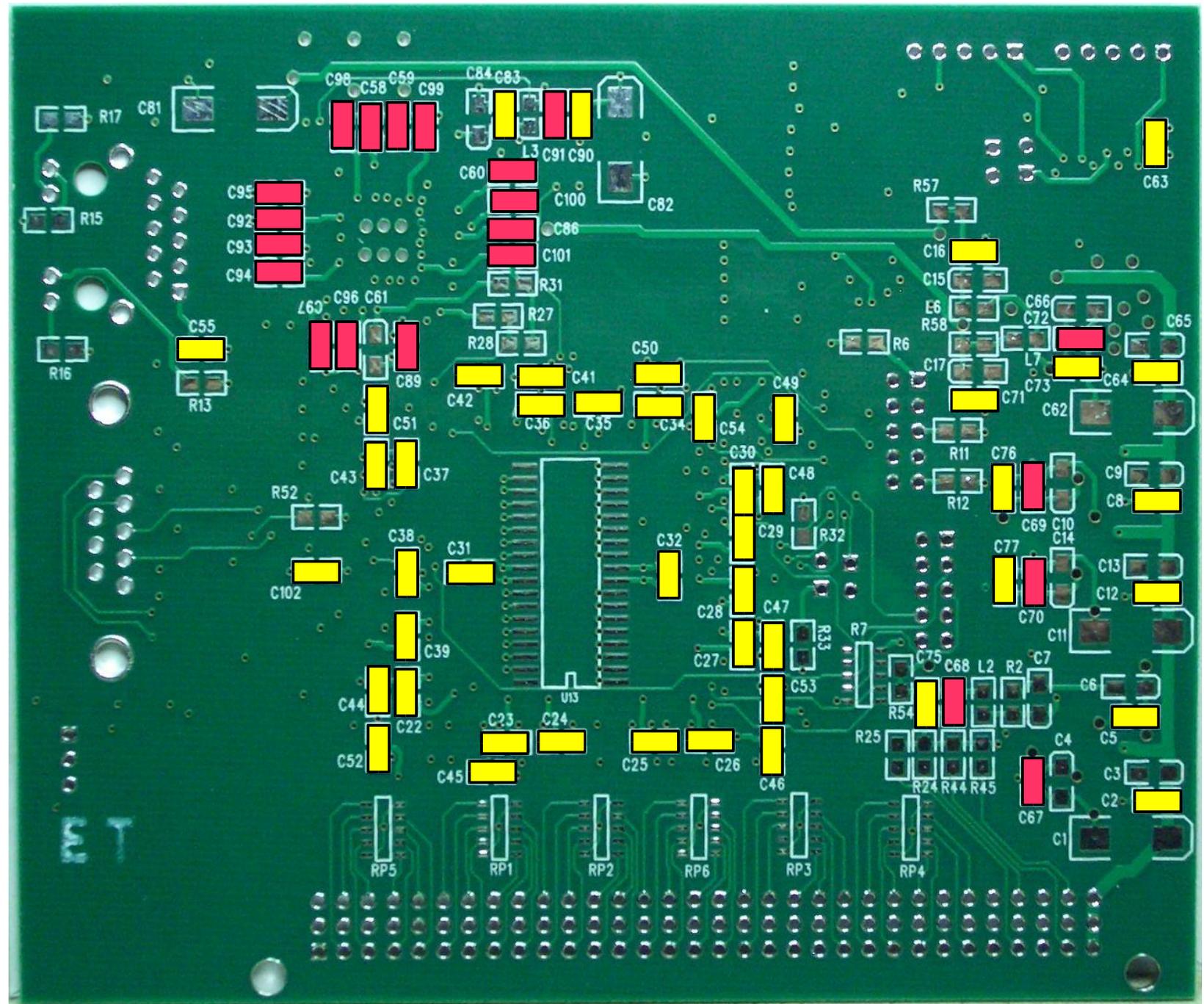
**Viel Spass!!!**



Item 1	
CAP CER .1UF 50V Y5V 0805	
Pos	Reel/Tick
C63	38
C64	39
C71	40
C73	41
C75	42
C76	43
C77	44
C83	45
C90	46
C102	47



Item 2	
CAP 10nF 50V X7R 0805	
Pos	Reel/Tick
C58	2
C59	3
C60	4
C67	5
C68	6
C69	7
C70	8
C72	9
C86	10
C89	11
C91	12
C92	13
C93	14
C94	15
C95	16
C96	17
C97	18
C98	19
C99	20
C100	21
C101	22



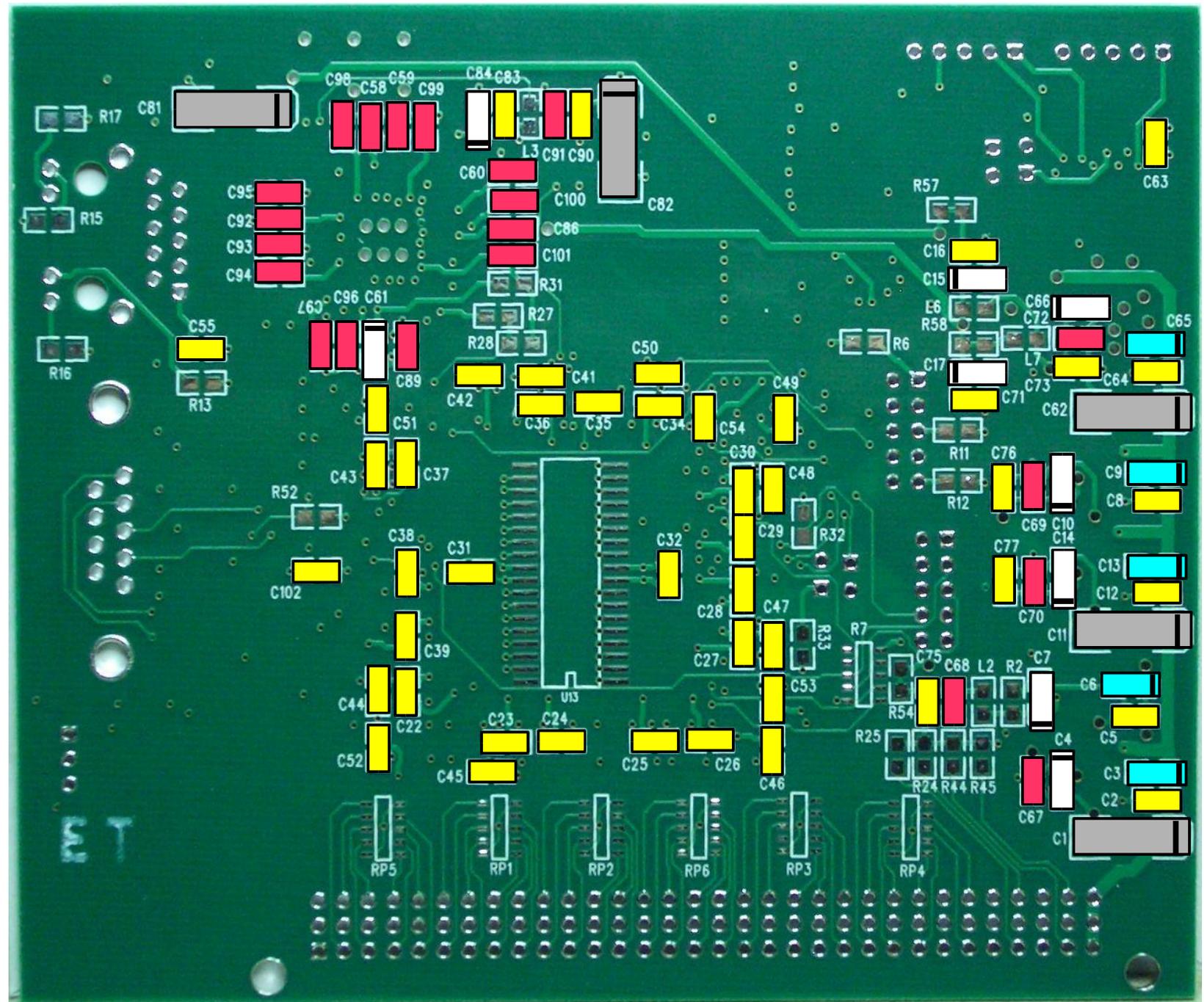
Item 4	
CAP TANT 1UF 16V 3216 SMD	
Pos	Reel/Tick
C3	1
C6	2
C9	3
C13	4
C65	5



Item 5	
CAP TANT 10UF 16V 3216 SMD	
Pos	Reel/Tick
C4	1
C7	2
C10	3
C14	4
C15	5
C17	6
C61	7
C66	8
C84	9



Item 6	
CAP TANT 47UF 16V 6032 SMD	
Pos	Reel/Tick
C1	1
C11	2
C62	3
C81	4
C82	5



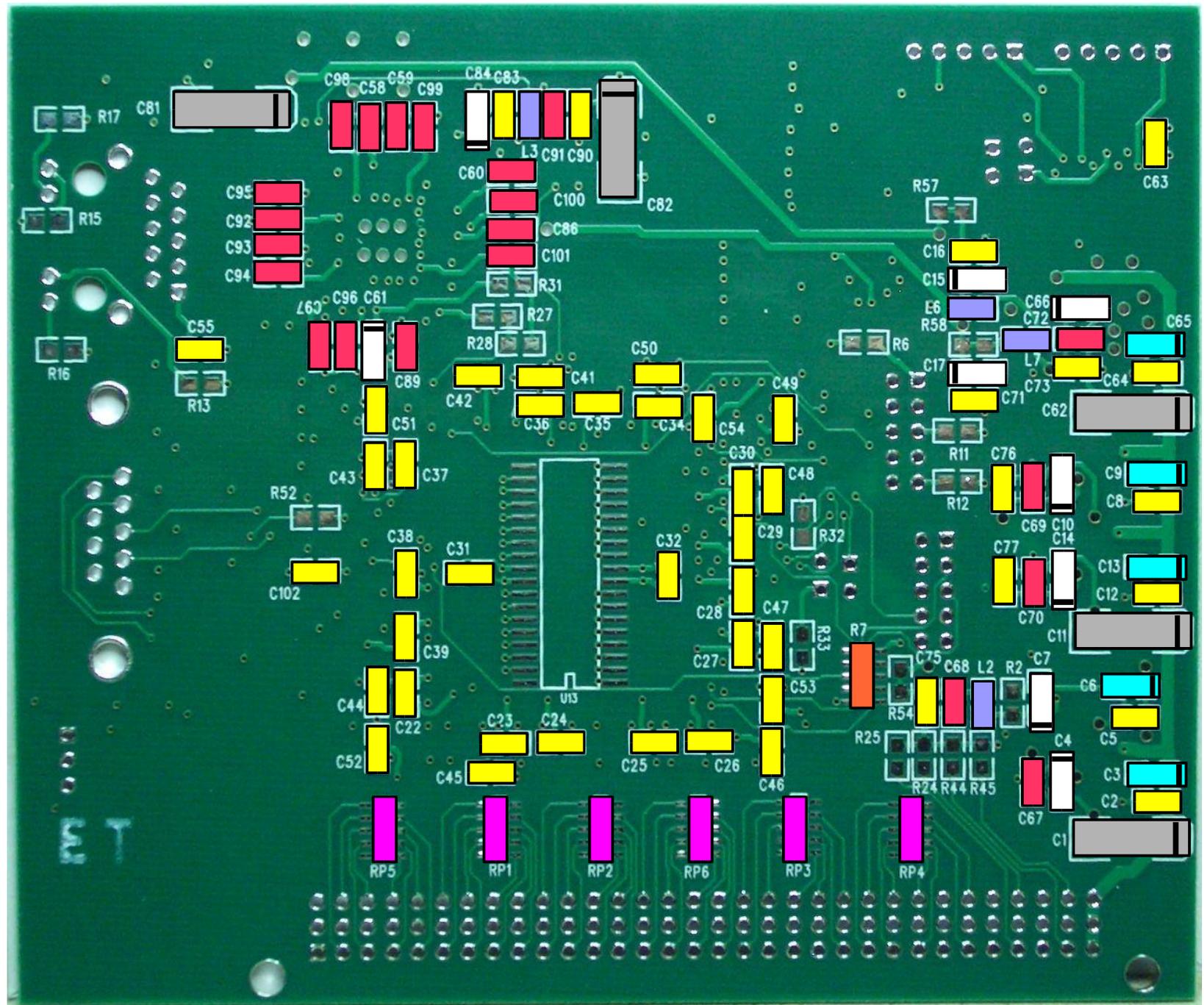
Item 7	
Pana RP-Bus 8x100k EXB-A10P104J	
Position	Reel
RP1	
RP2	
RP3	
RP4	
RP5	
RP6	



Item 8	
Pana RP-Bus 8x10k EXB-A10P103J	
Position	Reel
RP7	



Item 10	
FERRITE CHIP 600 OHM 500MA 0805	
Pos	Reel/Tick
L2	
L3	
L6	
L7	



Item 11	
RES 0.0 OHM 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R27	2
R54	5
R57	8
R58	9



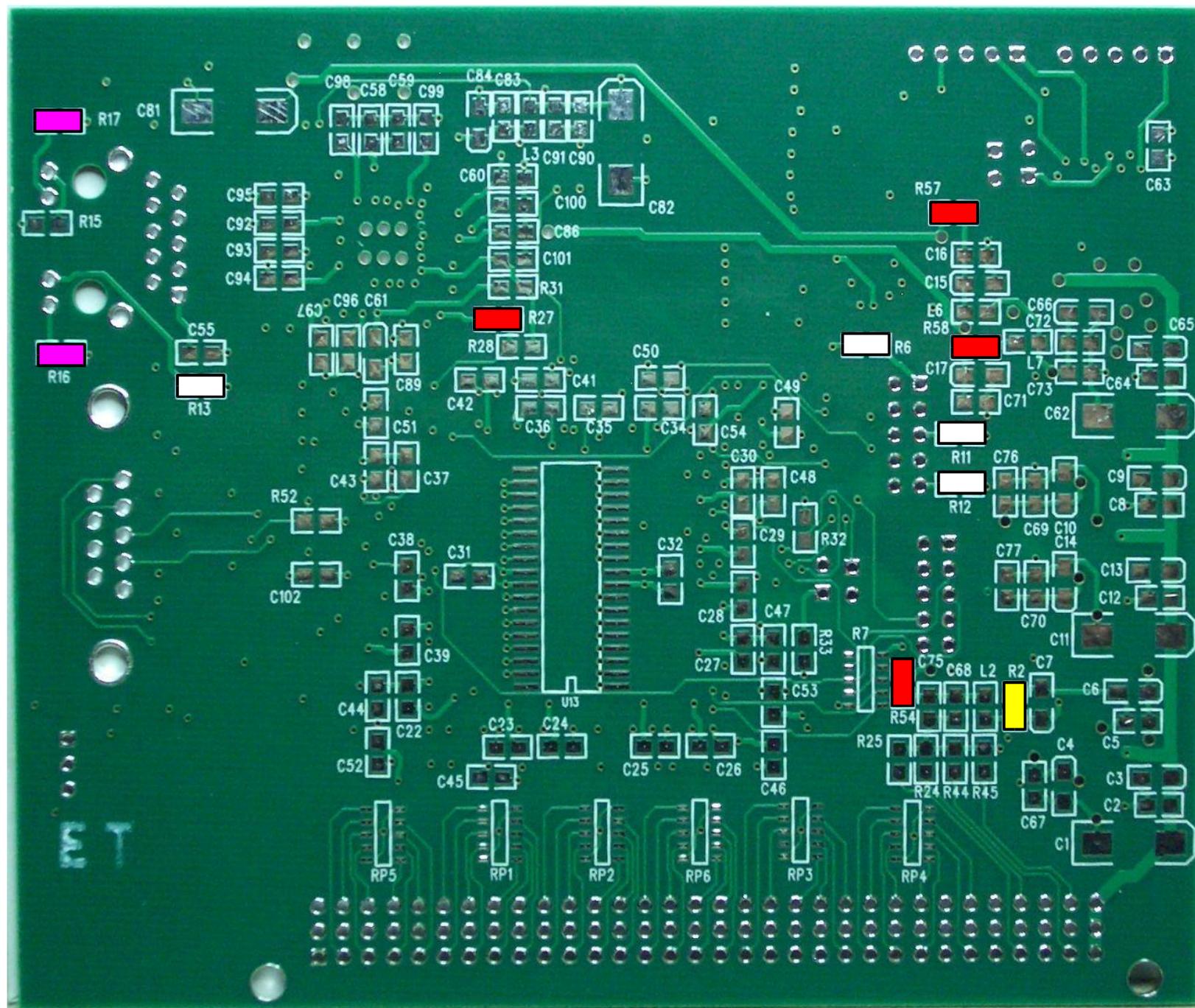
Item 15	
RES 120 OHM 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R2	



Item 16	
RES 220 OHM 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R16	
R17	



Item 17	
RES 1k 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R6	
R11	
R12	
R13	



Item 19	
RES 4k7 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R28	



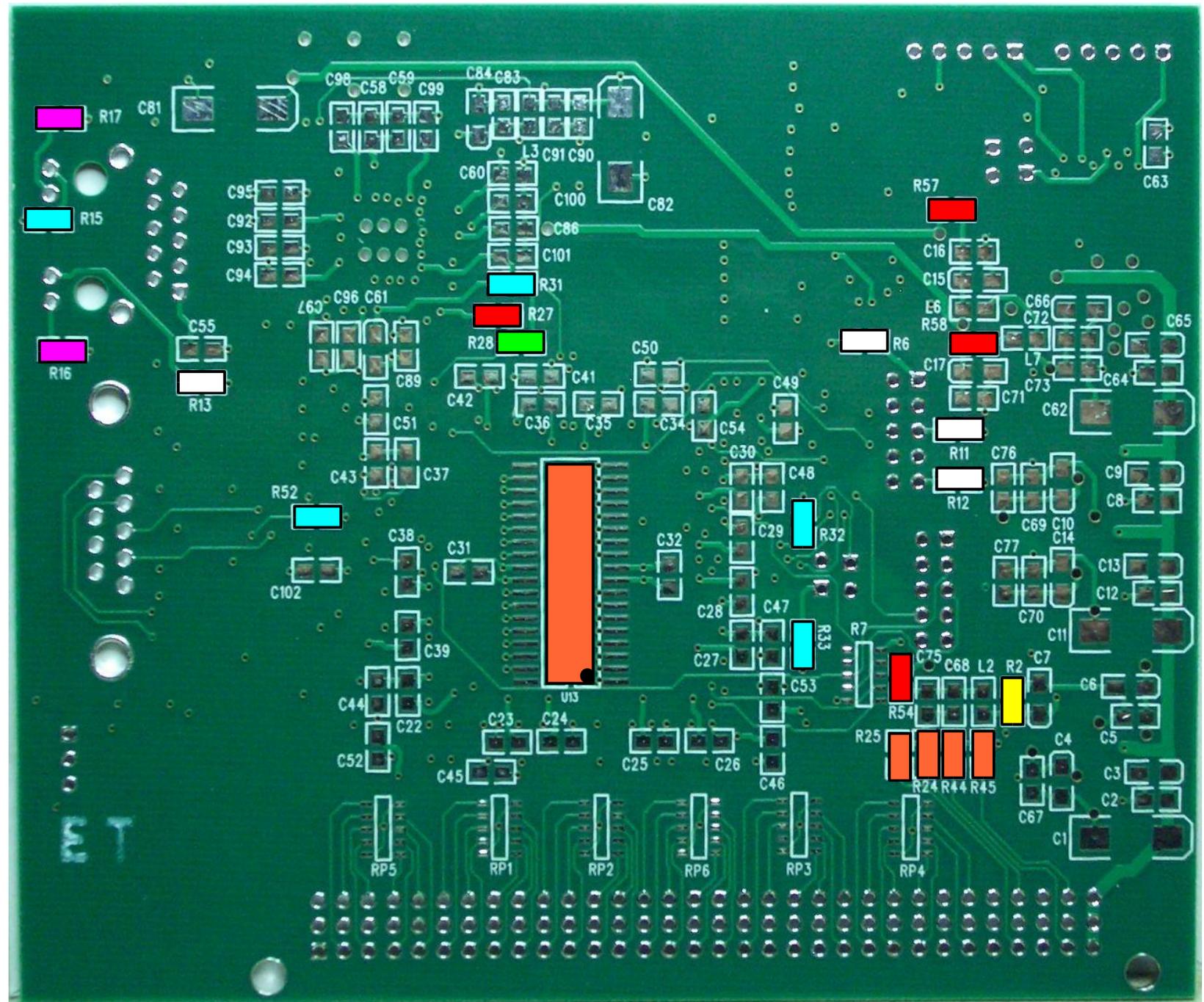
Item 21	
RES 10k 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R15	1
R31	2
R32	3
R33	4
R52	6



Item 22	
RES 100k 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R24	
R25	
R44	
R45	



Item 27	
IDT71V429/L10	
Pos	Reel/Tick
U13	IDT71V429/L10



Backside ready







Item 18	
RES 1k5 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R1 TOP	
R4 TOP	
R48 TOP	



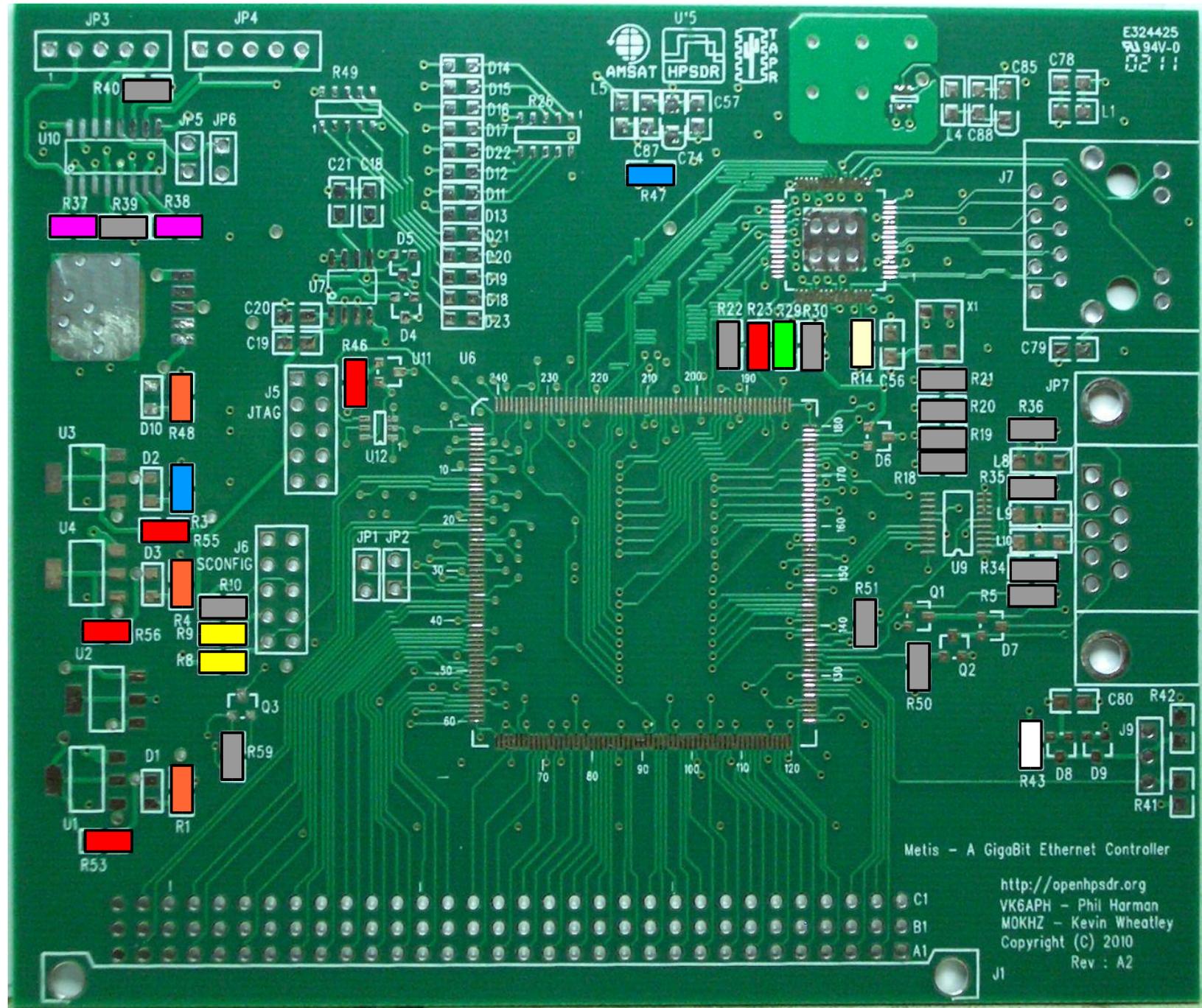
Item 19	
RES 4k7 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R29 TOP	



Item 20	
RES 4k99 1/8W 1% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R14 TOP	



Item 21	
RES 10k 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R5 TOP	1
R10 TOP	2
R18 TOP	3
R19 TOP	4
R20 TOP	5
R21 TOP	6
R22 TOP	7
R30 TOP	8
R34 TOP	9
R35 TOP	10
R36 TOP	11
R39 TOP	12
R40 TOP	13
R50 TOP	14
R51 TOP	15
R59 TOP	16

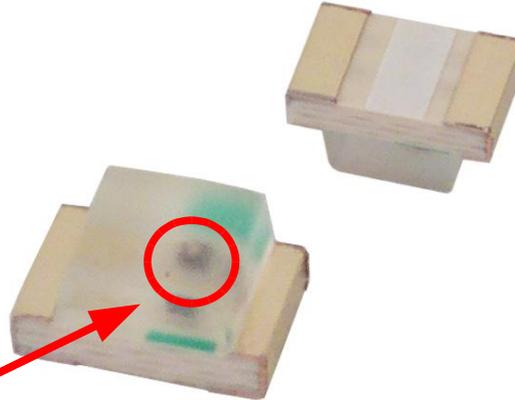


**Special Instructions: Placing LEDs 1 to 8**

**How to determine the polarity of the 0805 LEDs?**

It can be difficult to find out the polarity of the tiny 0805 LEDs if you don't know what to look for.

The Lite-ON® LEDs used in the JANUS BOM are easy to determine the polarity. Looking on them under a magnifying glass you can see that the LED dice (photo) is visible and off-center from the body. This is the anode (+) side which has to match with + on the PCB.



**LED Dice**

The ones which I am using have a little mark printed on the bottom:





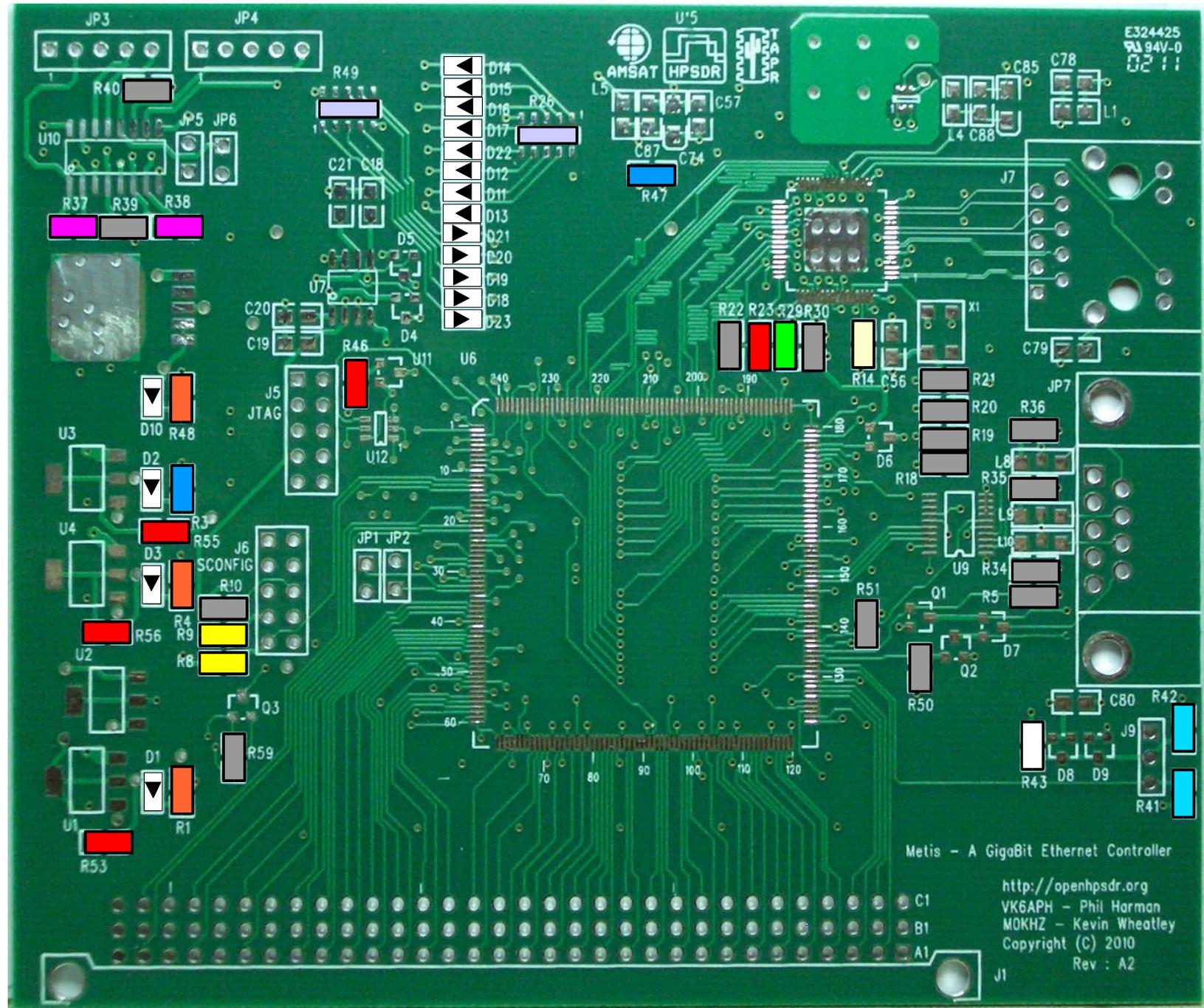
Item 22	
RES 100k 1/8W 5% 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
R41 TOP	
R42 TOP	



Item 8	
Pana RP-Bus 8x2.2k EXB-A10P222J	
Position	Reel
RP26	
RP49	



Item 23	
LED-RED 0805 SMD	
Pos	Reel/Tick
D1	1
D2	2
D3	3
D10	4
D11	5
D12	6
D13	7
D14	8
D15	9
D16	10
D17	11
D18	12
D19	13
D20	14
D21	15
D22	16
D23	17



Metis - A GigaBit Ethernet Controller

<http://openhpsdr.org>  
 VKGAPH - Phil Harman  
 MOKHZ - Kevin Wheatley  
 Copyright (C) 2010  
 Rev : A2

Item 9	
EMI FILTER 100PF 50V SMD	
EXC-CET102U	
Pos	Reel/Tick
L8	
L9	
L10	



Item 10	
FERRITE CHIP 600 OHM 500MA 0805	
Pos	Reel/Tick
L1 TOP	
L4 TOP	
L5 TOP	



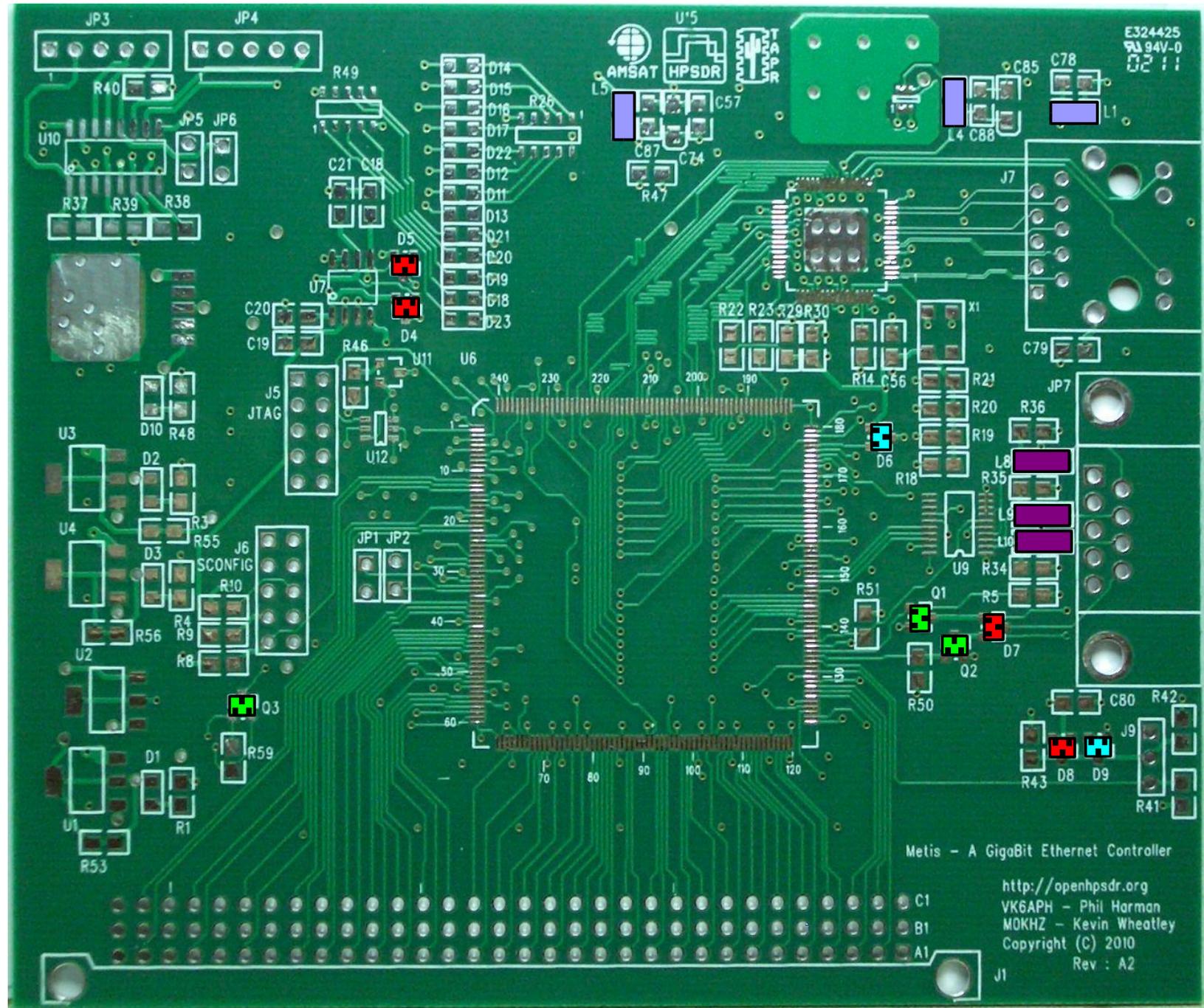
Item 24	
2N7002K SOT23 SMD	
Pos	Reel/Tick
Q1	
Q2	
Q3	



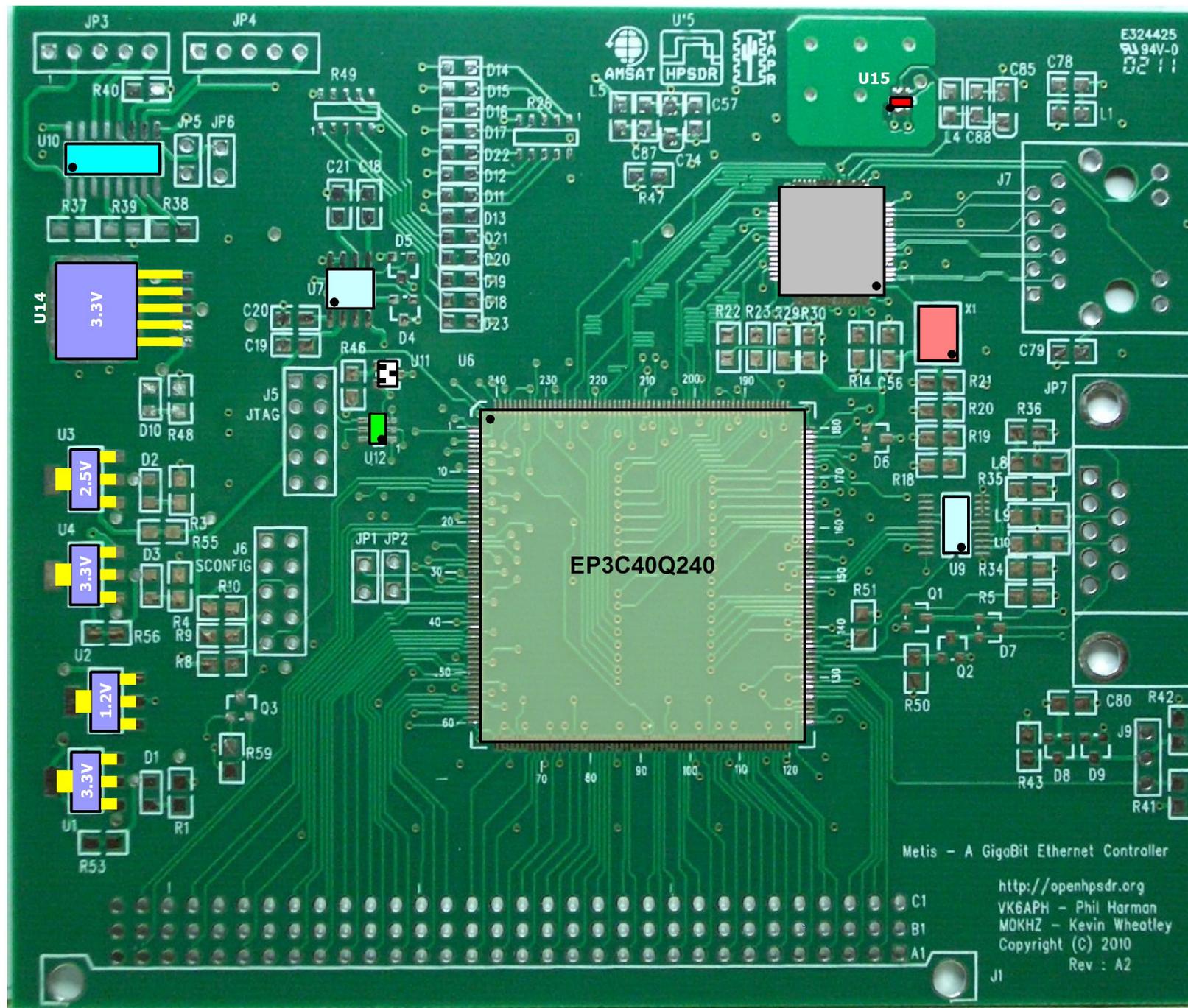
Item 25	
BAT54A SOT23 SMD	
Pos	Reel/Tick
D6	
D9	



Item 26	
BAT54C SOT23 SMD	
Pos	Reel/Tick
D4	
D5	
D7	
D8	



Item 28	
ICs	
Pos	Reel/Tick
U1	LD1117-3.3
U2	LD1117-1.2
U3	LD1117-2.5
U4	LD1117-3.3
U6	EP3C40Q240
U7	M25P16VMW6G
U8	KSZ9021RL_A
U9	74LCX541MTC
U10	SN65LVDM050D
U11	MCP130T-300ITT
U12	25AA02E48T-I/OT
U14	LT1529-3.3
U15	MIC94052
X1	25Mhz clock







METIS Bauteil-Liste

Item 8		Item 17		Item 21		Item 24	
Pana RP-Bus 8x10k EXB-A10P103J		RES 1k 1/8W 5% 0805 SMD		RES 10k 1/8W 5% 0805 SMD		2N7002K SOT23 SMD	
Position	Reel	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick
RP7		R3 TOP		R40 TOP	13	Q1	
		R47 TOP		R50 TOP	14	Q2	
		R6		R51 TOP	15	Q3	
		R11		R59 TOP	16		
		R12		R15	8		
		R13		R31	9		
				R32	10		
				R33	11		
				R52	12		
Item 11		Item 18		Item 22		Item 25	
RES 0.0 OHM 1/8W 5% 0805 SMD		RES 1k5 1/8W 5% 0805 SMD		RES 100k 1/8W 5% 0805 SMD		BAT54A SOT23 SMD	
Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick
R23 TOP	1	R1 TOP		R41 TOP		D6	
R46 TOP	3	R4 TOP		R42 TOP		D9	
R53 TOP	4	R48 TOP		R24			
R55 TOP	6			R25			
R56 TOP	7			R44			
R27	2			R45			
R54	5						
R57	8						
R58	9						
		Item 19		Item 23		Item 27	
		RES 4k7 1/8W 5% 0805 SMD		LED-RED 0805 SMD		IDT71V429/L10	
		Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick
		R29 TOP		D1	1	U13	IDT71V429/L10
		R28		D2	2		
				D3	3		
				D10	4		
		Item 12		Item 20		Item 28	
RES 22 OHM 1/8W 5% 0805 SMD		RES 4k99 1/8W 1% 0805 SMD		RES 10k 1/8W 5% 0805 SMD		ICs	
Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick
R8 TOP		R14 TOP		D12	6	U1	LD1117-3.3
R9 TOP				D13	7	U2	LD1117-1.2
				D14	8	U3	LD1117-2.5
				D15	9	U4	LD1117-3.3
				D16	10	U6	EP3C40Q240
		Item 13		Item 21		U7	M25P16VMW6G
RES 100 OHM 1/8W 5% 0805 SMD		RES 10k 1/8W 5% 0805 SMD		RES 120 OHM 1/8W 5% 0805 SMD		U8	KS29021RL_A
Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	Pos	Reel/Tick	U9	74LCX541MTC
R37 TOP		R5 TOP	1	R18 TOP	3	U10	SN65LVDM050D
R38 TOP		R10 TOP	2	R19 TOP	4	U11	MCP130T-300ITT
		R20 TOP	5	R21 TOP	6	U12	25AA02E48T-1/OT
		R21 TOP	6	R22 TOP	7	U14	LT1529-3.3
		R22 TOP	7	R30 TOP	8	U15	MIC94052
		R30 TOP	8	R34 TOP	9	X1	25Mhz clock
		R34 TOP	9	R35 TOP	10		
		R35 TOP	10	R36 TOP	11		
		R36 TOP	11	R39 TOP	12		
		R39 TOP	12				