

Elektronik Checkliste

Version 1.6

Vorwort

Diese Elektronik Checkliste soll helfen, Fehler beim Design, Auslegung, Layout und Inbetriebnahme der Elektronik für das Systemtechnik-Projekt der NTB zu vermeiden. Das Dokument ist „chronologisch“ gemäss Projektablauf gegliedert, wobei manche Checkpunkte auch bewusst mehrfach vorkommen können.

Dies basiert einerseits auf „allgemeinem“ Elektrotechnik und Elektronik wissen, und andererseits konkreten Fehlern die in der Vergangenheit gemacht wurden und in Zukunft vermieden werden können. Es ist nicht schlimm, wenn man einen Fehler macht. Aber es ist sehr schlecht, wenn man aus den Fehlern der Vergangenheit nichts lernen will ...

In diesem Sinne wünsche ich jeder Elektronik Gruppe, dass das Niveau der Arbeit von Jahr zu Jahr höher wird, damit man auf alten Erfahrungen aufbaut und auch neues wagt!

Laszlo Arato

Dokument-Historie

Version	Status	Datum	Verantwortlicher	Änderungsgrund
0.1	In Arbeit	3.11.2011	L. Arato	Start des Dokumentes
0.2	Release	1.3.2012	L. Arato	Rechtschreibfehler und Fusszeile korrigiert
0.3	Release	8.3.2012	L. Arato	Ergänzungen v. Gino D'Amico und Urs Graf
0.4	Release	8.3.2012	L. Arato	Ergänzung von Urs Graf zu Schrittmotoren
1.0	Release	8.3.2012	E. Nielsen	Erste Freigabe
1.1	Prep	12.8.2015	L. Arato	Erfahrungen aus SYS-P13
1.2	Prep	2.9.2015	L. Arato	Korrekturlesung Feed-Back
1.3	Release	25.2.2016	L. Arato	Aufteilung in Checkliste und Design-Guide
1.4	Update	1.3.2016	L. Arato	Bauteil Bezeichnungen, Bauteil Wissen
1.5	Update	4.5.2016	L. Arato	Ergänzung für 5V Spannungsregler
1.6	Update	24.5.2016	L. Arato	Keine Massefläche unter WLAN-Modul

Original unter \\fs002\CG\Elektronik & Regelungstechnik\SYSP-Elektronik\Guidelines_und_Checklisten

Der erste Check:

C0.0.1	Verwenden Sie wirklich die aktuellste Version dieser Checkliste?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

Die jeweils aktuellste Version ist auf dem Infoportal unter: <http://wiki.ntb.ch/infoportal/guidelines/start>

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Inhaltsverzeichnis	2
Einleitung	3
Allgemeine Ratschläge und Checks	4
M1 Konzeptentscheid	6
1.1 Motoren und Magnete	6
1.2 Sensoren	6
1.3 Schnittstellen	6
1.4 Energieversorgung.....	7
1.5 Printplatten.....	7
1.6 Montage / Zugang.....	8
M2 Design Review	10
2.1 Schema Erstellung.....	10
2.1.1 Allgemeine Schema Regeln	10
2.1.2 Generell Bauteile	11
2.1.3 Stromversorgung	12
2.1.4 Motorentreiber	13
2.1.5 Sensoren	14
2.1.6 MPC555 Anschlüsse.....	15
2.1.7 Bluetooth und WLAN	15
2.2 PCB Layout.....	16
2.2.1 Grösse und Form des PCB	16
2.2.2 Platzierung der Bauteile	16
2.2.3 Footprints.....	17
2.2.4 Vias.....	17
2.2.5 Routing	18
2.2.6 Masseflächen / Polygon-Pour	18
2.2.7 Testpunkte	19
2.2.8 Beschriftungen.....	19
2.2.9 Leiterplatten Checkliste für die NTB Produktion	19
M3 Vorführung von Teilfunktionen	21
3.1 PCB Bestückung.....	21
3.1.1 Vor der Bestückung	21
3.2 Bestückung	21
3.2.1 Grundsätzliches zur Bestückung.....	21
3.2.2 Reihenfolge bei der Bestückung	22
3.2.3 Verkabelung.....	22
3.3 Inbetriebnahme und Tests	22
3.3.1 Kontrolle der Leiterplatte	22
3.3.2 Power-up	22

Einleitung

Zweck des Dokuments

Diese Checkliste soll für den Bereich Elektronik im Systemtechnik Projekt eine Hilfe bieten, um Fehler zu vermeiden und die Qualität der Arbeit zu erhöhen.

Gültigkeit des Dokuments

Diese Checkliste ist für NTB internen Gebrauch.

Begriffsbestimmungen und Abkürzungen

MPC555 32-Bit Prozessor mit Gleitkommaeinheit der Firma Freescale (ehemals Motorola)

Zusammenhang mit anderen Dokumenten

Folgende begleitende Dokumente sind geplant oder bereits in Arbeit:

- SYS-P „Elektronik Design Guide“
- [Checkliste für die Leiterplattenfertigung](#)

Weitere unterstützende Literatur:

- Software-Prüfung: Eine Anleitung zum Test und zur Inspektion, v/d/f Lehrbuch, ISBN-10: 3 7281 3059 1

Allgemeine Ratschläge und Checks

Organisation Elektronik Team

C0.1.1	Ist ein Teamleiter für Elektronik bestimmt?	<input type="checkbox"/>
C0.1.2	Sind die Aufgaben klar aufgeteilt, und weiss jeder für welchen Teil er verantwortlich ist?	<input type="checkbox"/>

Datensicherung / Datenbank

C0.2.1	Ist eine gemeinsame Datenstruktur definiert?	<input type="checkbox"/>
C0.2.2	Wird SVN oder ein vergleichbares System zur Versionskontrolle verwendet?	<input type="checkbox"/>
C0.2.3	Gibt es ein gemeinsames System zur Datensicherung (Backup oder Cloud)?	<input type="checkbox"/>

Checkliste

Meilenstein

M1

Konzeptentscheid

M1 Konzeptentscheid

1.1 Motoren und Magnete

C1.1.1	Ist die Zahl und Art der Motoren und Magnete definiert?	<input type="checkbox"/>
C1.1.2	Haben die Motoren und Magnete genügend Kraft für ihre Aufgaben?	<input type="checkbox"/>
C1.1.3	Hat es genügend Steuerkanäle auf dem Mikrocontroller um alle Motoren zu steuern?	<input type="checkbox"/>
C1.1.4	Wie wird die Position und Geschwindigkeit jedes Motors kontrolliert?	<input type="checkbox"/>
C1.1.5	Ergibt die Drehgeschwindigkeit der Motoren zusammen mit der Übersetzung und Radgrösse die gewünschte Fahrgeschwindigkeit?	<input type="checkbox"/>
C1.1.6	Ist die max. Stromaufnahme der Motoren und Magnete kleiner als die Leistung der Steuerelektronik?	<input type="checkbox"/>

1.2 Sensoren

C1.2.1	Ist die Zahl und Art der Sensoren definiert?	<input type="checkbox"/>
C1.2.2	Hat es genügend Analog-Digital Wandler für alle Sensoren?	<input type="checkbox"/>
C1.2.3	Können alle Schritte beim Ablauf mit den Sensoren kontrolliert werden (Position)?	<input type="checkbox"/>
C1.2.4	Haben die IR-Sensoren beim MPC555 einen eigenen ADC (A oder B)?	<input type="checkbox"/>

1.3 Schnittstellen

C1.3.1	Gibt es Anzeigen für den Benutzer, und sind diese definiert?	<input type="checkbox"/>
C1.3.2	Sind die Bedienelemente (Art, Anordnung) definiert?	<input type="checkbox"/>
C1.3.3	Sind die Schnittstellen zu externen Geräten definiert?	<input type="checkbox"/>
C1.3.4	Ist die Debug-Schnittstelle von der Software unterstützt?	<input type="checkbox"/>
C1.3.5	Ist die Kommunikation mit dem Partner-Roboter definiert?	<input type="checkbox"/>

1.4 Energieversorgung

Elektrische Energie

C1.4.1	Ist die Primäre Speisung (Batterie) definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.4.2	Sind die Spannung der Motoren und Magnete auf die Batterie abgestimmt?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

Laufzeit

C1.4.3	Kann die Ladung der Batterie den Roboter während 15 Minuten bei vollbetrieb speisen?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

Laden des Akku

C1.4.4	Ist eine Sekundäre Speisung (Externes Speisegerät) vorgesehen und definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.4.5	Kann der Roboter über die externe Speisung betrieben werden?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.4.6	Kann der Akku ohne Ausbauen geladen werden?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C1.4.7	Kann der Akku leicht ausgebaut werden?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

Schutz der Schaltung und des Akku

C1.4.8	Ist der Anschluss der Batterie gegen Verpolung geschützt?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C1.4.9	Wird der Tiefentladeschutz der NTB („CellMeter“) verwendet?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C1.4.10	Ist ein Spannungsmessung für zusätzlichen SW-Tiefentladeschutz vorgesehen?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

1.5 Printplatten

C1.5.1	Ist die Zahl, Funktion, Grösse und Anordnung der Prints definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.5.2	Sind die Verbindungen zwischen den Prints definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.5.3	Sind die Verbindungen zu den Motoren definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C1.5.4	Sind die Verbindungen zu den Sensoren definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C1.5.5	Sind die Verbindungen zu Benutzerschnittstellen (Tasten / LEDs / Display) definiert?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

1.6 Montage / Zugang

Montage / Demontage

C1.6.1	Kann die Elektronik leicht montiert und auch demontiert werden?	<input type="checkbox"/>
C1.6.2	Sind alle Befestigungen reversibel? Oder gibt es Klebestellen / Klebestreifen?	<input type="checkbox"/>
C1.6.3	Ist die Elektronik von mechanisch tragender Rolle befreit, oder Teil des Chassis?	<input type="checkbox"/>

Zugang zur Elektronik

C1.6.4	Ist die Elektronik leicht zugänglich für Messungen der Signale und Testpunkte?	<input type="checkbox"/>
C1.6.5	Ist die Elektronik optisch vorteilhaft platziert?	<input type="checkbox"/>
C1.6.6	Kann die Elektronik mit gut platzierten LEDs noch in ein gutes Licht gerückt werden?	<input type="checkbox"/>

Führen der Leitungen

C1.6.7	Wurden die Leitungen und Verbindungen im mechanischen Konzept berücksichtigt?	<input type="checkbox"/>
C1.6.8	Sind alle Kabelanschlüsse zu den „grossen“ Prints über Stecker geführt?	<input type="checkbox"/>
C1.6.9	Sind alle Kabel mechanisch stabil geführt?	<input type="checkbox"/>
C1.6.10	Sind alle Stecker Verpolungssicher? Oder ist die richtige Polung anders gewährleistet?	<input type="checkbox"/>
C1.6.11	Sind die Stecker für unterschiedliche Funktionen auch mechanisch unterschiedlich?	<input type="checkbox"/>

Checkliste

Meilenstein

M2

Design Review

M2 Design Review

2.1 Schema Erstellung

2.1.1 Allgemeine Schema Regeln

Eigenes Schema und Layout-Projekt für jede Leiterplatte

C2.1.1	Hat jede Leiterplatte ihr eigenes Altium-Projekt?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

Hierarchisches Schema

C2.1.2	Hat jede Leiterplatte ihr eigenes Altium-Projekt?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C2.1.3	Hat jedes Detail-Schema ein entsprechendes Symbol auf dem Top-Sheet?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C2.1.4	Sind Masse und Speisungen innerhalb der Schema-Seite über Power-Ports geführt?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C2.1.5	Sind alle hierarchie-übergreifenden Signale über Ports geführt?	<input type="checkbox"/>
---------------	---	--------------------------

C2.1.6	Sind alle hierarchie-übergreifenden Signale auf dem Top-Sheet verbunden?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C2.1.7	Sind alle Spannungen und Ground über Ports geführt? („Strict Hierarchical“ Option)	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

C2.1.8	Sind alle Spannungen und Ground auf dem Top-Sheet verbunden?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

Signalverbindungen innerhalb einer Seite

C2.1.9	Sind alle wichtigen Netze über Net-Label oder Ports benannt?	<input type="checkbox"/>
---------------	--	--------------------------

Masse Signale

C2.1.10	Wird konsequent überall das richtige Masse-Symbol verwendet?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

Speisungs-Signale

C2.1.11	Wird konsequent überall das gleiche (richtige) Speisungs-Symbol verwendet?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

C2.1.12	Ist für die gleiche Spannung immer der gleiche Netz-Name verwendet worden?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

2.1.2 Generell Bauteile

Widerstände

C2.1.20	Verwenden Sie für SMD Widerstände Bauform 0805 oder 0603?	<input type="checkbox"/>
C2.1.21	Passt die Verlustleistung im Widerstand zur gewählten Bauform?	<input type="checkbox"/>
C2.1.22	Sind die Pull-Up und Pull-Down Widerstände 10k Ω (oder gemäss Datenblatt)?	<input type="checkbox"/>

Kondensatoren

C2.1.23	Verwenden Sie bis 470nF die X7R Chip-Kondensatoren?	<input type="checkbox"/>
C2.1.24	Verwenden Sie Chip-Kondensatoren der Bauformen 1206, 0805 oder 0603?	<input type="checkbox"/>
C2.1.25	Verwenden Sie für Werte ab 1 μ F Elektrolyt-Kondensatoren (Elko)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.26	Haben polarisierte Kondensatoren (Elko) das polarisierte Schema Symbol?	<input type="checkbox"/>
C2.1.27	Haben Kondensatoren genügend Reserve bei der Spannungsfestigkeit? (50-100%)	<input type="checkbox"/>

Stützkondensatoren

C2.1.28	Haben alle Spannungen an allen Einspeise- und Erzeugungspunkten 10 μ F Stützung?	<input type="checkbox"/>
C2.1.29	Haben alle dig. Verbraucher und Motorentreiber eigene 100nF Stützkondensatoren?	<input type="checkbox"/>

LED

C2.1.30	Verwenden Sie, wenn möglich, „low-current“ LEDs mit nur 2mA Diodenstrom?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

Bauteil Bezeichnungen

C2.1.31	Haben alle Bauteile eine ein-eindeutige Bauteil-Bezeichnung?	<input type="checkbox"/>
C2.1.32	Sind alle notwendigen Daten der Bauteile bestimmt? Wert? Bauform? Hersteller?	<input type="checkbox"/>

2.1.3 Stromversorgung

C2.1.40	Kann der Akku von der Leiterplatte getrennt werden (Stecker)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.41	Gibt es eine Möglichkeit, den Roboter direkt ab Netzgerät zu speisen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.42	Gibt es einen elektrischen Verpolungsschutz mit einer Schottky-Diode?	<input type="checkbox"/>
C2.1.43	Ist die gewählte Schottky-Diode genügend leistungsfähig?	<input type="checkbox"/>
C2.1.44	Gibt es eine Sicherung gleich nach dem Einspeisepunkt?	<input type="checkbox"/>
C2.1.45	Ist die Sicherung „Flink“ und gross genug für den maximalen Nennstrom?	<input type="checkbox"/>
C2.1.46	Kann die Sicherung leicht gewechselt werden?	<input type="checkbox"/>
C2.1.47	Hat es einen Hauptschalter?	<input type="checkbox"/>
C2.1.48	Ist der Hauptschalter für einfache Bedienung vorteilhaft platziert?	<input type="checkbox"/>
C2.1.49	Ist der Einspeisepunkt mit Stützkondensatoren versehen (z.B. 10 μ F + 100nF)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.50	Verwenden Sie für den 5V Spannungsregler <u>keramische</u> X7R 22 μ F Kondensatoren?	<input type="checkbox"/>
C2.1.51	Wurde die Spule des 5V Spannungsreglers für einen Strom > 400mA angepasst?	<input type="checkbox"/>

Tiefentladeschutz

C2.1.61	Hat es genügend Platz, um den Tiefentladeschutz der NTB zu verwenden?	<input type="checkbox"/>
C2.1.62	Kann der Mikrocontroller über einen A/D Wandler die Akku-Spannung messen?	<input type="checkbox"/>

Spannungswandler

C2.1.63	Wird für die 5V Erzeugung ein „switched-mode“ DC/DC Wandler verwendet?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

C2.1.64	Ist die 5V Primärseite mit Stützkondensatoren gesichert (z.B. 100nF)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.65	Ist die 5V Sekundärseite mit Stützkondensatoren gesichert (z.B. 10µF + 100nF)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.66	Wird für die 3.3V Erzeugung ein LDO DC/DC Wandler ab 5V verwendet?	<input type="checkbox"/>
C2.1.67	Ist die 3.3V Primärseite mit Stützkondensatoren gesichert (z.B. 100nF)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.68	Ist die 3.3V Sekundärseite mit Stützkondensatoren gesichert (z.B. 10µF + 100nF)?	<input type="checkbox"/>

2.1.4 Motorentreiber

C2.1.70	Werden die Motoren direkt ab der Batteriespannung bedient?	<input type="checkbox"/>
C2.1.71	Sind die Speisungen der Motorentreiber mit Kondensatoren abgestützt (z.B. 100nF)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.72	DRV8841: Ist die Strombegrenzung über Widerstände an Pin ISENA / ISENB aktiv?	<input type="checkbox"/>
C2.1.73	Wurde für „locked-antiphase“ Ansteuerung die richtige Frequenz ermittelt?	<input type="checkbox"/>
C2.1.74	Wird der Motorenstrom über einen Shunt-Widerstand gemessen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.75	Wenn ja, ist der Shunt-Widerstand gegen Masse eingesetzt?	<input type="checkbox"/>
C2.1.76	Ist die Leistung des Shunt-Widerstandes gross genug gewählt?	<input type="checkbox"/>
C2.1.77	Ist die Verstärkung des Shunt-Signals durch z.B. einen OpAmp richtig dimensioniert?	<input type="checkbox"/>
C2.1.78	Falls DRV8841: Wird der Treiber-IC auf einem steckbaren Subprint verwendet?	<input type="checkbox"/>

Ruhigstellung der Motoren

C2.1.79	Sind alle Aktoren beim Initialisieren des Prozessors bewusst ausgeschaltet?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Schrittmotoren

C2.1.80	Sind Schrittmotoren direkt an den TPU-Kanälen des MPC555 angeschlossen?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Magnete

C2.1.81	Sind alle Magnete über entsprechend leistungsfähige Transistoren angesteuert?	<input type="checkbox"/>
C2.1.82	Werden die Magnete direkt von der Batteriespannung bedient?	<input type="checkbox"/>

Freilauf- / Schutzdioden

C2.1.83	Sind die Ansteuerungen aller induktiven Lasten (Motoren und Magnete) mit Freilaufdioden geschützt?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

2.1.5 Sensoren

HLC1395 Reflexionssensoren

C2.1.90	Ist die Zeitkonstante für die IR Leuchtdioden-Pulse auf 150µs eingestellt?	<input type="checkbox"/>
C2.1.91	Ist das Monoflop ICM7555 ab 5V gespeisen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.92	Ist der Inverter/Gate-Treiber Transistor BC846B ab 12V gespeisen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.93	Ist der P-Kanal MOSFET für die IR-Leuchtdioden ab 12V gespeisen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.94	Stimmt der Vorwiderstand für die IR-Leuchtdioden (sollte 4.7Ω sein)?	<input type="checkbox"/>
C2.1.95	Haben alle digitalen Chips (74HC237 / ICM7555) einen 100nF Stützkondensator?	<input type="checkbox"/>
C2.1.96	Haben alle digitalen Chips (74HC237 / ICM7555) einen 100nF Stützkondensator?	<input type="checkbox"/>
C2.1.97	Hat die „Sense“ Leitung der HLC1395 Sensoren einen A/D Wandler für sich alleine?	<input type="checkbox"/>

SHARP Distanzsensoren

C2.1.98	Gibt es pro SHARP Distanzsensor einen 10µF Stützkondensator?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

2.1.6 MPC555 Anschlüsse

Pin-Absprachen

C2.1.100	Ist die Pin-Belegung des MPC555 mit den Informatikern des Teams abgesprochen?	<input type="checkbox"/>
C2.1.101	Nochmals: Haben die IR-Sensoren beim MPC555 einen eigenen ADC Port?	<input type="checkbox"/>
C2.1.102	Sind die PWM Signale für die Motoren-Steuerung auf den TPU Pins?	<input type="checkbox"/>

Stecker zum Mikrocontroller

C2.1.103	Ist das MPC555 Header Board mit SMD Steckerleisten angeschlossen?	<input type="checkbox"/>
-----------------	---	--------------------------

Maximale Ströme und Spannungen an den MPC555 Pins

C2.1.104	Werden die digitalen Ausgänge des MPC555 mit weniger als 20mA belastet?	<input type="checkbox"/>
C2.1.105	Sind die Eingangsspannungen für den QADC Block innerhalb von 0V bis +5V?	<input type="checkbox"/>
C2.1.106	Ist garantiert, dass der MPC555 immer zusammen mit der Peripherie gespiesen wird?	<input type="checkbox"/>

2.1.7 Bluetooth und WLAN

Bluetooth

C2.1.110	Nur Bluetooth: Ist das Bluetooth Modul frei und mit minimaler Überlappung platziert?	<input type="checkbox"/>
C2.1.111	Nur Bluetooth: Ist das CDC Signal des Bluetooth Moduls auf ein LED geführt?	<input type="checkbox"/>

WLAN

C2.1.112	Nur WLAN: Ist die WLAN Antenne ausserhalb des Roboter Gehäuses?	<input type="checkbox"/>
-----------------	---	--------------------------

MPC555 Serial Port

C2.1.113	Wird der serielle Port TX2 / RX2 für die drahtlose Kommunikation verwendet?	<input type="checkbox"/>
-----------------	---	--------------------------

2.2 PCB Layout

2.2.1 Grösse und Form des PCB

C2.2.1	Sind alle Leiterplatten nur 2-Lagig?	<input type="checkbox"/>
C2.2.2	Sind die Leiterplatten nur so gross wie notwendig?	<input type="checkbox"/>
C2.2.3	Sind die Leiterplatten kleiner als 170mm x 260mm?	<input type="checkbox"/>
C2.2.4	Ist die Dicke der Kupferkaschierung definiert? (Typischerweise 35µm)	<input type="checkbox"/>
C2.2.5	Passen die Leiterplatten in die Mechanik? Stimmen die Aussenmasse?	<input type="checkbox"/>
C2.2.6	Sind die Leiterplatten stabil gehalten? Sind genügend Montagepunkte vorhanden?	<input type="checkbox"/>
C2.2.7	Stimmen die Positionen der Löcher mit der Mechanik überein?	<input type="checkbox"/>
C2.2.8	Passen die Grössen der Löcher (Innendurchmesser) zu den gewählten Schrauben?	<input type="checkbox"/>

2.2.2 Platzierung der Bauteile

Stecker

C2.2.10	Sind die Stecker sinnvoll angeordnet?	<input type="checkbox"/>
C2.2.11	Wird man die Stecker auch bei montiertem Print noch ein- und ausstecken können?	<input type="checkbox"/>

Hohe und schwere Bauteile

C2.2.12	Passen alle Bauteile mit ihrem Volumen an die vorgesehene Position?	<input type="checkbox"/>
C2.2.13	Kann der bestückte Print in den Roboter eingebaut werden, oder sind Bauteile im Weg?	<input type="checkbox"/>
C2.2.14	Ist die Ableitung der Wärme von Leistungsbauteilen gewährleistet?	<input type="checkbox"/>
C2.2.15	Sind mechanisch kritische SMD Bauteile mechanisch entlastet?	<input type="checkbox"/>

Stützkondensatoren

C2.2.16	Sind die Stützkondensatoren (100nF) möglichst nahe bei den positiven Speisungen der digitalen Bauteile und Motorentreiber?	<input type="checkbox"/>
C2.2.17	Ist jeweils die Masse-Seite der Stützkondensatoren möglichst kurz mit einer Masse-Fläche verbunden?	<input type="checkbox"/>
C2.2.18	Sind die Masse-Pins von digitalen Bauteilen und Motorentreiber möglichst direkt mit einer Masse-Fläche verbunden?	<input type="checkbox"/>

2.2.3 Footprints

C2.2.20	Wurden die Footprints aller Bauteile überprüft? (4-Augen Prinzip)	<input type="checkbox"/>
C2.2.21	Haben die Leistungshalbleiter die richtigen Footprints?	<input type="checkbox"/>
C2.2.22	Sind die Footprints für Elco's richtig gewählt (grösser als normale Kondensatoren)?	<input type="checkbox"/>

2.2.4 Vias

C2.2.23	Haben alle Vias mindestens 0.3mm Durchmesser (12 mil)?	<input type="checkbox"/>
C2.2.24	Ist die Zahl der verschiedenen Bohrdurchmesser auf eine sinnvolle Zahl beschränkt? Sind die benötigten Bohrer im 0.1mm Raster?	<input type="checkbox"/>

2.2.5 Routing

C2.2.25	Sind alle Leiterbahnen mindestens 10 mil breit (0.25mm)?	<input type="checkbox"/>
C2.2.26	Sind alle Abstände zwischen den Leiterbahnen mindestens 10 mil breit (0.25mm)?	<input type="checkbox"/>
C2.2.27	Sind alle Leistung führenden Leiterbahnen genügend breit geführt?	<input type="checkbox"/>
C2.2.28	Sind alle Leistung führenden Vias genügend gross gewählt?	<input type="checkbox"/>
C2.2.29	Sind die Leitungen möglichst direkt geführt?	<input type="checkbox"/>

Masse und Stromversorgung

C2.2.30	Sind die Leitungen für die Speisungen (12V, 5V, 3.3V) breit geführt?	<input type="checkbox"/>
C2.2.31	Sind die Rückleitungen (Masse) auch genügend breit geführt? (Kein Thema bei Masseflächen)	<input type="checkbox"/>
C2.2.32	Sind alle freien Flächen mit Metall gefüllt und mit Masse verbunden?	<input type="checkbox"/>
C2.2.33	Überlappen sich die Masseflächen über die beiden Lagen möglichst gut?	<input type="checkbox"/>
C2.2.34	Sind die Masseflächen über die beiden Lagen mit vielen Vias gut vermascht?	<input type="checkbox"/>
C2.2.35	Sind die Masseflächen an den Rändern der Leiterplatte gut vermascht?	<input type="checkbox"/>
C2.2.36	Gibt es, wo sinnvoll, 3-er Gruppen von Vias für die Vermaschung der Masseflächen?	<input type="checkbox"/>

2.2.6 Masseflächen / Polygon-Pour

C2.2.40	Sind alle freien Flächen mit Metall gefüllt?	<input type="checkbox"/>
C2.2.41	Sind alle Metall-Flächen mit Masse verbunden?	<input type="checkbox"/>
C2.2.42	Sind kritische Zonen unter Chips und Transistoren mit Cutout von Massefläche befreit?	<input type="checkbox"/>
C2.2.43	Gibt es rund um die Leiterplatte 0.5mm Abstand zum Kupfer?	<input type="checkbox"/>
C2.2.44	Keine Masseflächen (Power oder Ground) unter WLAN und Bluetooth Modul?	<input type="checkbox"/>

2.2.7 Testpunkte

C2.2.50	Haben Sie Testpunkte für die Inbetriebnahme und Fehlersuche vorgesehen? (Z.B. Vias, 0-Ohm Widerstände, Test-Pins oder Kontaktflächen)	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

C2.2.51	Hat es in der Nähe der Testpunkte auch praktische Masse-Kontakte?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

C2.2.52	Sind die Testpunkte im Schema und Layout klar Markiert?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

2.2.8 Beschriftungen

Lötstopp-Lack

C2.2.60	Verwenden Sie einen Lötstopp-Lack?	<input type="checkbox"/>
----------------	------------------------------------	--------------------------

Markierung des Pin 1 bzw. Bauteilausrichtung

C2.2.61	Ist bei allen Steckern der Pin Nr. 1 klar markiert?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

C2.2.62	Ist die Ausrichtung bei allen Transistoren und Chips klar markiert?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Beschriftung der Bauteile

C2.2.63	Wenn Beschriftungsdruck: Sind die Lötstellen und Vias freigelassen?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Beschriftung der Stecker

C2.2.64	Sind die Stecker klar mit Ihrer Funktion beschriftet oder markiert?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Möglichkeiten und Grenzen zur Beschriftung und Markierung

C2.2.65	Haben die Markierungen mindestens 6mil Breite und 6mil Abstand zueinander?	<input type="checkbox"/>
----------------	--	--------------------------

2.2.9 Leiterplatten Checkliste für die NTB Produktion

Die PCB Checkliste ist auf der Webseite für PCB Aufträge zugänglich, und zwar wenn man einen neuen Platinauftrag via WebPCB aufgeben will.

<https://intranet.ntb.ch/ntb-von-a-z/inhalte-a-z/platinenauftrag-via-webpcb.html>

C2.2.70	Sind alle Punkte der Checkliste zur Leiterplattenherstellung erfüllt?	<input type="checkbox"/>
----------------	---	--------------------------

Meilenstein

M3

Vorführung von Teilfunktionen

M3 Vorführung von Teilfunktionen

3.1 PCB Bestückung

3.1.1 Vor der Bestückung

C3.1.1	Ist die Leiterplatte visuell in Ordnung?	<input type="checkbox"/>
C3.1.2	Ist die Leiterplatte unbeschädigt?	<input type="checkbox"/>
C3.1.3	Ist die Leiterplatte frei von Ablösungen der Leiterbahnen?	<input type="checkbox"/>
C3.1.4	Ist die verpresste Leiterplatte frei von Luftblasen oder anderen Einschlüssen?	<input type="checkbox"/>
C3.1.5	Sind auf der leeren Leiterplatte die einzelnen Speisungen gegen Masse isoliert?	<input type="checkbox"/>
C3.1.6	Sind auf der leeren Leiterplatte die einzelnen Speisungen gegeneinander isoliert?	<input type="checkbox"/>
C3.1.7	Sind alle Leiterbahnen auf Durchgang kontrolliert?	<input type="checkbox"/>
C3.1.8	Sind alle Masseflächen untereinander verbunden?	<input type="checkbox"/>

3.2 Bestückung

3.2.1 Grundsätzliches zur Bestückung

C3.2.1	Wird auf einer Anti-Statik Matte gelötet?	<input type="checkbox"/>
C3.2.2	Ist die Anti-Statik Matte elektrisch geerdet (z.B. über den Massepunkt der Lötstation)?	<input type="checkbox"/>
C3.2.3	Wird mit einer Anti-Statik Manschette gearbeitet, und liegt diese elektrisch an Masse?	<input type="checkbox"/>
C3.2.4	Entspricht die Leistung des Lötkolbens der Aufgabe und ist die Temperatur regelbar?	<input type="checkbox"/>
C3.2.5	Ist die Lötspitze fein genug, sauber und gleichmässig verzinkt (0.8mm bis 1mm)?	<input type="checkbox"/>
C3.2.6	Steht das richtige Lötzinn zur Verfügung (60/40, 0.5mm mit Flussmittel-Seele)?	<input type="checkbox"/>
C3.2.7	Ist die Temperatur so gewählt, dass schnell aber schonend gearbeitet werden kann?	<input type="checkbox"/>

3.2.2 Reihenfolge bei der Bestückung

C3.2.10	Haben Sie eine Strategie bei der Bestückung? (z.B. von kleinen zu grossen Bauteilen)	<input type="checkbox"/>
C3.2.11	Arbeiten Sie mit einer Liste zum Abstreichen der bestückten Bauteile?	<input type="checkbox"/>
C3.2.12	Kontrollieren Sie nach jeder Bauteil-Klasse, ob nichts vergessen wurde?	<input type="checkbox"/>

3.2.3 Verkabelung

C3.2.20	Haben Sie für die Stromversorgung die entsprechenden Farben gewählt?	<input type="checkbox"/>
C3.2.21	Verwenden Sie bei Flachkabel die markierte Seite für das Signal mit Pin Nr. 1?	<input type="checkbox"/>

3.3 Inbetriebnahme und Tests

3.3.1 Kontrolle der Leiterplatte

C3.3.1	Ist die Leiterplatte optisch in Ordnung?	<input type="checkbox"/>
C3.3.2	Hat es zwischen den Beinen der SMD ICs keine Lötbrücken?	<input type="checkbox"/>
C3.3.3	Hat es unter den SMD ICs keine Löt-Unterflüsse?	<input type="checkbox"/>
C3.3.4	Ist der Widerstand jeder Speisung gegen Masse gleich oder grösser als berechnet?	<input type="checkbox"/>

3.3.2 Power-up

C3.3.10	Fliesst in etwa der erwartete Strom bei der Hauptspeisung? (Labornetzgerät mit Strombegrenzung verwenden ... und diese dann auch nutzen!)	<input type="checkbox"/>
C3.3.11	Liefern die Spannungswandler die erwarteten Spannungen?	<input type="checkbox"/>
C3.3.12	Fängt nichts an zu stinken oder nach verbrannter Elektronik zu riechen?	<input type="checkbox"/>
C3.3.13	Erwärmen sich keine aktiven Komponenten übermässig?	<input type="checkbox"/>