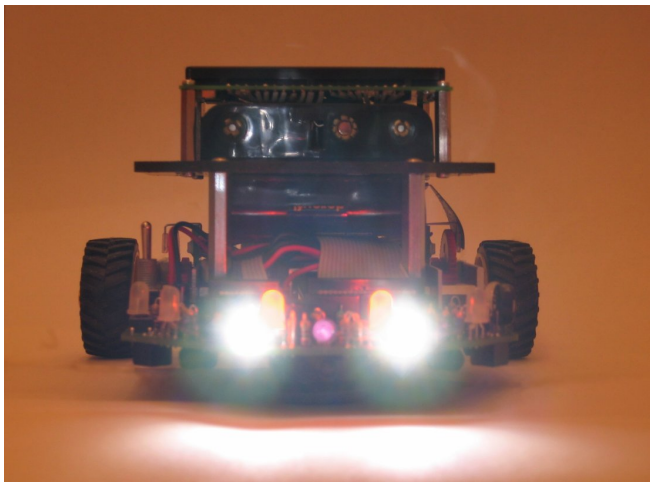
Roboterbausatz Nibo

Bauanleitung und Funktionshandbuch



nicai systems

nibo.nicai-systems.de

Sicherheitshinweise

Für den Zusammenbau und den Betrieb des Roboters beachten Sie bitte folgende Sicherheitshinweise:

- Der Roboterbausatz Nibo ist ausschließlich für lernende, lehrende und experimentelle Zwecke gedacht. Beim Einsatz für andere Aufgaben wird jegliche Haftung ausgeschlossen und der Einsatz besteht auf eigene Gefahr.
- An den Roboter dürfen keine Maschinen angeschlossen werden. Insbesondere ist der Betrieb mit Geräten mit Netzspannung untersagt.
- Der Roboter darf nicht ohne Aufsicht betrieben werden. Der Roboter ist bei Abwesenheit von der Energieversorgung zu trennen.
- Der Roboter darf nur mit einer stabilisierten Gleichspannung von 9,6 Volt betrieben werden. Insbesondere darf der Roboter **nur mit Akkus (1,2V)** und keinesfalls mit normalen Batterien (1,5V) betrieben werden.
- Für Datenverluste eines angeschlossenen Computers wird keine Haftung übernommen.
- Der Roboter darf nur innerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Insbesondere ist der Einsatz des Roboters im öffentlichen Straßenverkehr ausdrücklich verboten!
- Für einen von dieser Anleitung abweichenden Aufbau wird keine Garantie und keine Haftung übernommen, der Betrieb ist auf eigene Gefahr!

Zum Löten beachten Sie bitte auch folgende Hinweise:

- Arbeiten Sie mit dem Lötkolben stets mit äußerster Vorsicht!
- Unsachgemäße Bedienung kann zu schweren Verbrennungen führen oder Brände verursachen.
- Legen Sie den heißen Lötkolben nie auf dem Tisch oder auf anderen Unterlagen ab.
- Lassen Sie den Lötkolben im eingeschalteten Zustand niemals unbeaufsichtigt.
- Achten Sie darauf, dass beim Löten giftige Dämpfe entstehen können. Achten Sie daher auf ausreichende Belüftung und waschen Sie sich nach den Arbeiten gründlich die Hände.
- Halten Sie den Lötkolben fern von Kindern!
- Beachten Sie bitte auch die Sicherheitshinweise des Lötkolbenherstellers!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Überblick....5
1.1 Funktionsumfang und Ausstattung....6
1.2 Motoren....7
1.2.1 Odometrie....7
1.2.2 Motorbrücke....8
1.2.3 Motorregler....8
1.3 Sensorik....8
1.3.1 Distanzmessung....8
1.3.2 Linien- und Bodensensoren....9
1.4 Kommunikation....9
1.4.1 IR-Empfänger....9
1.4.2 IR-Sender....9
1.4.3 ISP-Schnittstelle....9
1.4.4 Erweiterungsport....10
1.5 Sonstige Hardwarekomponenten....10
1.5.1 Status LEDs....10
1.5.2 Beleuchtung....10
1.5.3 Resettaster und Spannungsschalter....10
1.5.4 Display....10
2 Montage des Roboters....11
2.1 Erforderliches Werkzeug....11
2.2 Löten....11
2.3 Odometriesensorplatinen....11
2.4 Mechanischer Aufbau des Antriebs....14
2.5 Bestückung der Platine....16
2.5.1 Keramik-Vielschicht-Kondensatoren....16
2.5.2 Scheibenkondensatoren....16
2.5.3 Quarz....16
2.5.4 Widerstandsnetzwerke....17
2.5.5 IC-Sockel....17
2.5.6 Bipolar-Transistoren....17
2.5.7 MOSFET-Transistoren....17
2.5.8 Widerstände....18
2.5.9 Spule....19
2.5.10 Diode....19
2.5.11 Reflexlichtschranken....19
2.5.12 IR-Phototransistoren....20
2.5.13 IR-LEDs....20
2.5.14 Mehrfarbige LEDs....21
2.5.15 Weiße LEDs....21
2.5.16 Stecker....21
2.5.17 Wannenstecker....21

2.5.18 Jumper....22
2.5.19 IR-Empfangs-IC....22
2.5.20 Elektrolytkondensatoren....22
2.5.21 Reset-Taster....22
2.5.22 Schalter....23
2.5.23 Potentiometer....23
2.5.24 Spannungsregler....23
2.6 Optische Überprüfung der Platine....24
2.7 Vorbereiten der Batteriehalter....24
2.8 Montage des Grafik-Displays (optional)....24
2.9 Montage des Text-Displays (optional)....25
2.10 Zusammenbau der Module....26
3 Inbetriebnahme....27
4 Anhang....28
4.1 Widerstandsfarbcode....28
4.2 Bestückungsplan....29
4.3 Schaltplan....30
4.4 Bauteilliste....34
4.5 Links zu weiterführenden Internetseiten....38

1 Einleitung und Überblick

Der Roboterbausatz **Nibo** ist ein von der Firma nicai-systems entwickelter, frei programmierbarer mobiler Roboter. Als autonomer Roboter kann er selbständig in beliebige Richtungen fahren. Durch seine multiplen Sensoren kann er dabei Hindernissen ausweichen oder auch einer Linie folgen.

Der Bausatz wurde konzipiert, um jungen Leuten technische Sachverhalte vermitteln zu können. Insbesondere sollen Einblicke in die Bereiche Robotik, Mikrocontrollerprogrammierung und der Mess- und Regelungstechnik gewährt werden. Um Anfängern das Leben nicht allzu schwer zu machen, werden ausreichend dimensionierte Mikrocontroller verwendet. Dadurch ist für die Programmierung relativ viel Platz vorhanden.

Die Steuerung des Roboters übernehmen drei Mikrocontroller: ein Atmel ATmega128 als Haupt-Controller und zwei ATtiny44 Controller. Der Roboter kann mit jedem gängigen Atmel Programmieradapter programmiert werden. Ein eigener Programmieradapter mit USB Adapter wird zur Zeit entwickelt.

Für die rechenintensiven und zeitkritischen Module Motorregelung und Distanzmessung stehen die beiden ATtiny44 Mikrocontroller zur Verfügung. Die Firmware für diese beiden Mikrocontroller wird bereitgestellt, sie kann jedoch den jeweiligen Erfordernissen und Bedürfnissen angepasst werden. Dadurch benötigen die Programmierer keine tieferen Kenntnisse in der Mess- und Regelungstechnik und sie müssen sich nicht mit den zeitkritischen Programmteilen auseinander setzen.

Ziel der Entwicklung war es einen für Schüler und Studenten erschwinglichen Bausatz anbieten, ohne dabei auf wichtige Systembestandteile zu verzichten. Vorrangig war dabei die Verwendung von mehreren Distanzsensoren, um dem Roboter ein „Gefühl“ für die Umgebung zu ermöglichen.

Die Platinen werden mit bestückten SMD-Bauteilen ausgeliefert, es müssen nur die bedrahteten Bauteile eingelötet werden. Dies ermöglicht es nicht nur Profis, sondern auch Personen mit grundlegenden Lötkenntnissen, die mit Bestückungsdruck versehene Platine fertigzustellen.

1.1 Funktionsumfang und Ausstattung

Das Roboterbausatz besitzt unter anderem folgende Eigenschaften:

Technische Daten:

- Abmessungen: (L x B x H) 136 x 142 x 87 mm
- Gewicht: 570g (mit Akkus und Grafikdisplay)
- Energie: 8 AA Mignon-Akkus mit je 1,2 V
- Bordspannungen: 5 V (stabilisiert) und 9,6 V
- Abmessung der Platine: 100 x 70 mm

Ausstattung:

- 5 IR-Reflexsensoren zur Distanzmessung
- ATmega128 (16 MHz) als Hauptprozessor
- ATtiny44 (8 MHz) zur Motoransteuerung
- ATtiny44 (8 MHz) zur Distanzmessung
- 6 mehrfarbige LEDs zur Statusanzeige
- 2 superhelle, weiße LEDs zur Beleuchtung
- 2 Bodensensoren zur Absturzvermeidung
- 2 Sensoren zur Linienverfolgung
- IR-Empfänger für IR-Programmierung o.ä.
- 4 Radencodersensoren zur genauen Bestimmung der Raddrehung
- Stabile Aluminiumrahmenstruktur für die Antriebssektion
- Antrieb durch zwei Motoren mit 25:1 Getriebe
- ISP-Schnittstelle (In-System-Programmierung)

Applikationen:

- Verfolgung einer schwarzen Linie
- Erkennung und Vermeidung von Hindernissen
- Wandverfolgung
- Erkennung von Abgründen

- Kartographierung
- Unterscheidung von verschiedenen Bodenbelägen
- Objekte verfolgen
- Fernsteuerung von TV-Geräten, HiFi-Anlagen

Features:

- Hauptprozessor mit 128 kByte Flash-Speicher
- Programmierbar in C, C++ und Java (GNU gcc und nanoVM)
- Separater Controller für die Motorregelung (Rad-Encoder-Auswertung und PID-Regler)
- Separater Controller für die Hinderniserkennung (moduliertes IR-Licht, 5 Kanäle, bis 100 cm Abstand)

1.2 Motoren

Die Fortbewegung des Roboters erfolgt mit zwei Motoren, die die Räder über ein Getriebe mit einer 25:1 Untersetzung antreiben. Die Motoren werden von einer H-Brücke mit einem 31 kHz PWM Signal angesteuert. Das PWM-Signal kann mit Hilfe der Odometriesensoren geregelt werden, dadurch ist es möglich, mit konstanter Geschwindigkeit zu fahren.

1.2.1 Odometrie

Die Drehrichtung und Geschwindigkeit der Räder wird mit vier Phototransistoren und zwei IR-LEDs am mittleren Zahnrad des Getriebes gemessen. Die Bauelemente befinden sich auf den beiden Odometriesensorplatinen. Durch die Phasenverschiebung der beiden IR-Signale lässt sich die Drehrichtung ermitteln. Die Geschwindigkeit ist direkt proportional zur Frequenz des Signals.

1.2.2 Motorbrücke

Die Motorbrücke L293D (Vierquadrantensteller) wird zur Stromverstärkung und zur Spannungsanpassung der Mikrocontrollersignale benötigt. Der Motor bekommt vom Vierquadrantensteller eine von drei möglichen Signalkombinationen: Plus/Minus(vorwärts), Minus/Plus(rückwärts), Plus/Plus(kurzgeschlossen). Der kurzgeschlossene Betrieb(Freilauf) dient zur besseren Energieausnutzung bei der PWM-Ansteuerung, da der Strom dabei nicht gegen die Versorgungsspannung fließen muss.

1.2.3 Motorregler

Einer der beiden ATtiny44 dient zur Regelung der Motordrehzahlen. Der Hauptprozessor gibt eine Soll-Drehzahl vor, der ATtiny44 ermittelt die Ist-Drehzahl mit Hilfe der Odometriesensoren und berechnet ein günstiges Puls/Pause-Verhältnis für das PWM-Ansteuerungssignal der Motoren.

Der Motorregler ist als PID-Regler mit den Modifikationen nach Takahashi und „anti windup“ im ATtiny44 Mikrocontroller implementiert.

Sinnvolle Werte für die Konstanten KI, KD und KP sind im EEPROM des ATtiny44 vorgegeben, die anschließende Optimierung der Werte obliegt dem Programmierer.

1.3 Sensorik

Die Sensoren ermöglichen dem Roboter die Wahrnehmung und somit eine Reaktion auf Umwelteinflüsse. Im folgenden sind die einzelnen Sensoren beschrieben.

1.3.1 Distanzmessung

Um die Entfernung von Hindernissen grob abzuschätzen sendet der Nibo moduliertes IR-Licht aus. Durch die Verrechnung der empfangenen Signale wird der Reflexionsfaktor ermittelt. Da der Reflexionsfaktor nicht nur vom Abstand der Hindernisse abhängt sondern auch von deren *Farbe* in IR-Bereich, ist nur eine grobe Entfernungsschätzung möglich, die jedoch zum Umfahren von Hindernissen ausreicht. Unter günstigen Bedingungen können Objekte bis zu einem Abstand von einem Meter detektiert werden.

1.3.2 Linien- und Bodensensoren

Zur Messung des Reflexionsfaktors des Bodens unter dem Roboter dienen vier CNY70 Reflexlichtschranken. Dadurch ist sowohl eine Erkennung von Abgründen möglich, wie auch das Folgen einer schwarzen Linie. Zusätzlich können verschiedene Bodenbeläge unterschieden werden, solange ihr IR-Reflexionsfaktor unterschiedlich ist. Zur Vermeidung von Streulichteinflüssen empfiehlt es sich, ein Modulationsverfahren anzuwenden.

1.4 Kommunikation

Der größte Teil der Kommunikation wird über die IR-Schnittstelle abgewickelt. Dazu gehört zum einen der Empfang und das Aussenden von Befehlen einer IR-Fernbedienung zum anderen die Kommunikation mit dem separat erhältlichen Programmieradapter.

1.4.1 IR-Empfänger

Der IR-Empfängerbaustein SFH5110-36 ist auf eine Modulationsfrequenz von 36 kHz abgestimmt und kann somit viele Standard-Fernsehfernbedienungen empfangen. Auch der separat erhältliche Programmieradapter kann in der entsprechenden Modulationsfrequenz kommunizieren.

1.4.2 IR-Sender

Zur IR-Kommunikation werden die selben IR-LEDs zur Erzeugung der Lichtpulse verwendet, wie zur Distanzmessung. Die IR-Impulse werden dabei mit einer Frequenz von 36 kHz moduliert, auf die der IR-Empfängerbaustein abgestimmt ist.

1.4.3 ISP-Schnittstelle

Zur Programmierung des Roboters wird ein Standard 6-Pin Atmel ISP-Programmieradapter verwendet. Dadurch hat der Anwender eine breite Auswahl von Programmiergeräten. Aktuelle Bezugsquellen für Programmieradapter befinden sich in der Wiki-Dokumentation.

1.4.4 Erweiterungsport

Der Erweiterungsport dient zum Anschluss von zukünftigen Erweiterungen.

1.5 Sonstige Hardwarekomponenten

Folgende Komponenten des Roboters sind bis jetzt noch nicht erwähnt worden:

1.5.1 Status LEDs

Die sechs zweifarbigen LEDs dienen zur Statusanzeige. Sie können rot und grün leuchten, zusätzlich können auch beide Farben gleichzeitig angezeigt werden (orange).

1.5.2 Beleuchtung

Mit den beiden superhellen, weißen LEDs kann man dunkle Bereiche beleuchten. Das ist zum Beispiel sinnvoll, wenn man zusätzlich eine Kamera betreiben möchte.

1.5.3 Resettaster und Spannungsschalter

Der Resettaster dient zum einfachen Zurücksetzen der Mikrocontroller. Der Spannungsschalter trennt die Batteriespannung von der Schaltung.

1.5.4 Display

Zusätzlich kann man den Roboter mit einem Display ausstatten. Darauf können detaillierte Informationen angezeigt werden. Erhältlich ist ein Textdisplay mit zwei Zeilen und jeweils 16 Zeichen, oder alternativ ein Grafikdisplay mit 64*128 Pixeln, was in etwa 8 Zeilen mit jeweils 18 Zeichen entspricht.

2 Montage des Roboters

Der folgende Abschnitt beschreibt den Zusammenbau des Roboters. Lesen Sie das Kapitel bitte erst komplett durch, bevor Sie mit dem Zusammenbau beginnen!

2.1 Erforderliches Werkzeug

Für die Montage des Nibo werden folgende Werkzeuge benötigt:
- Lötkolben mit Schwämmchen
- Elektroniklötzinn
- Entlötlitze
- Multimeter (mit Durchgangsprüfer)
- Seitenschneider
- Spitzzange
- Kombizange
- kleiner Schlitzschraubendreher
- kleiner Kreuzschraubendreher
- 2 mm Innensechskantschlüssel (Inbus)
- kleiner Hammer
- Feile

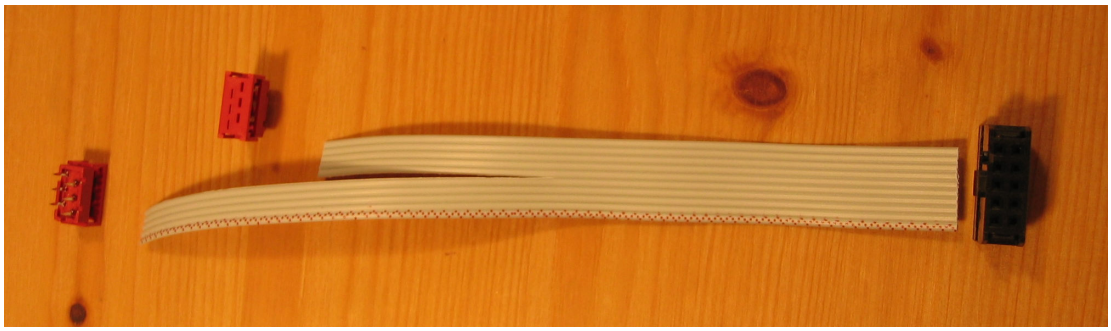
2.2 Löten

Zum Löten sollten Sie am Besten einen Lötkolben oder eine Lötstation mit 50 Watt und feiner Spitze verwenden. Falls Sie eine regelbare Lötstation benutzen, sollten Sie eine hohe Temperatur von 370 °C wählen, da die Platine wie alle heutigen Platinen bleifrei verzinnt ist. Als Lötdraht sollten Sie flussmittelhaltiges Elektroniklötzinn mit einem Durchmesser von 0,5 mm verwenden. Die Lötzeit sollte nur wenige Sekunden betragen, da die meisten Bauteile empfindlich auf die hohe Temperatur reagieren.

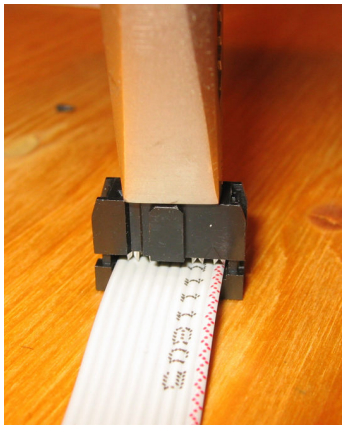
2.3 Odometriesensorplatinen

Zunächst müssen die Odometriesensorplatinen vorbereitet werden. Sie lassen sich einfach von der Hauptplatine abbrechen. Die Bruchstellen sollte man anschließend mit einer Feile entgraten.

Als nächstes muss das Anschlusskabel hergestellt werden. Dazu benötigt man das graue 10-polige Flachbandkabel, den schwarzen 10-poligen Stecker und die beiden roten 6-poligen Krimpkontakte.

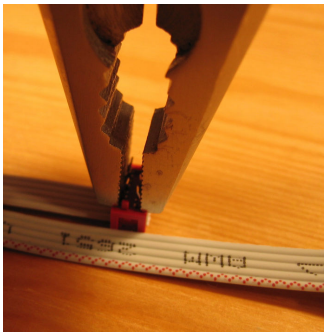


Das Flachbandkabel muss zunächst auf 14 cm gekürzt werden. Dann wird das Kabel von einer Seite auf einer Länge von 7 cm in zwei 5-polige Stränge aufgeteilt. Der Strang mit der **ersten (rot markierten)** Ader behält die Länge von **14 cm**, der andere wird auf 10,5 cm gekürzt.

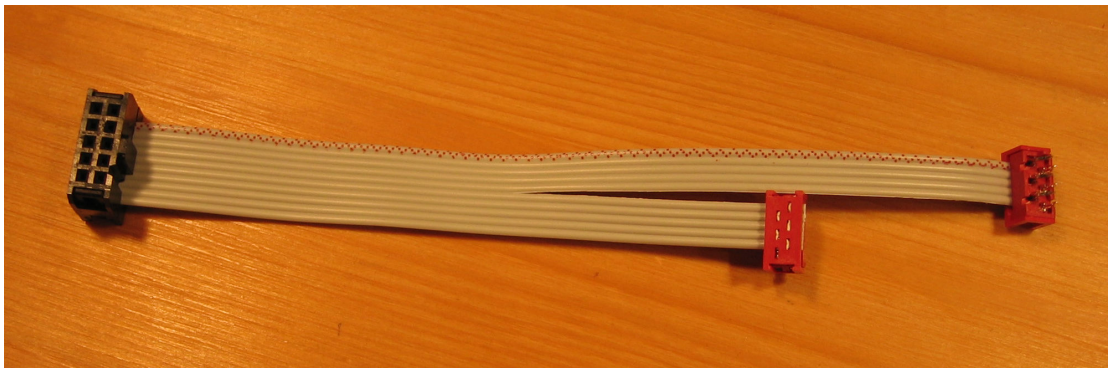


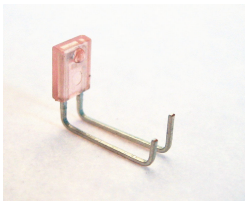
Jetzt wird der schwarze 10-polige Stecker aufgekrimpt. Dabei muss beachtet werden, dass die markierte erste Ader auf der richtigen Seite des Steckers landet: Der Pin 1 ist mit einem kleinen Dreieck gekennzeichnet. Zusätzlich muss die Nase des Steckers in die Richtung des Kabels zeigen. Das eigentliche Krimpen kann man mit einer Kombizange durchführen. Man drückt dabei – wie im Bild – von oben auf den Stecker, bis die seitlichen Laschen einrasten.

Als nächstes wird der rote 6-polige Krimpkontakt für die linke Odometriesensorplatine am 14 cm langen Strang aufgekrimpt. Das Kabel muss mit der gleichen Seite auf dem Tisch liegen wie bei dem 10-poligen Stecker. Den Pin 1 am Krimpkontakt erkennt man an der kleinen Kunststoffnase, der sechste Pin bleibt frei. Auch bei diesem Krimpkontakt drückt man mit einer Kombizange von oben auf den Krimpkontakt bis die Laschen einrasten. Dabei darf man die Zange nicht zusammendrücken, damit die Beinchen am Krimpkontakt nicht verbiegen!



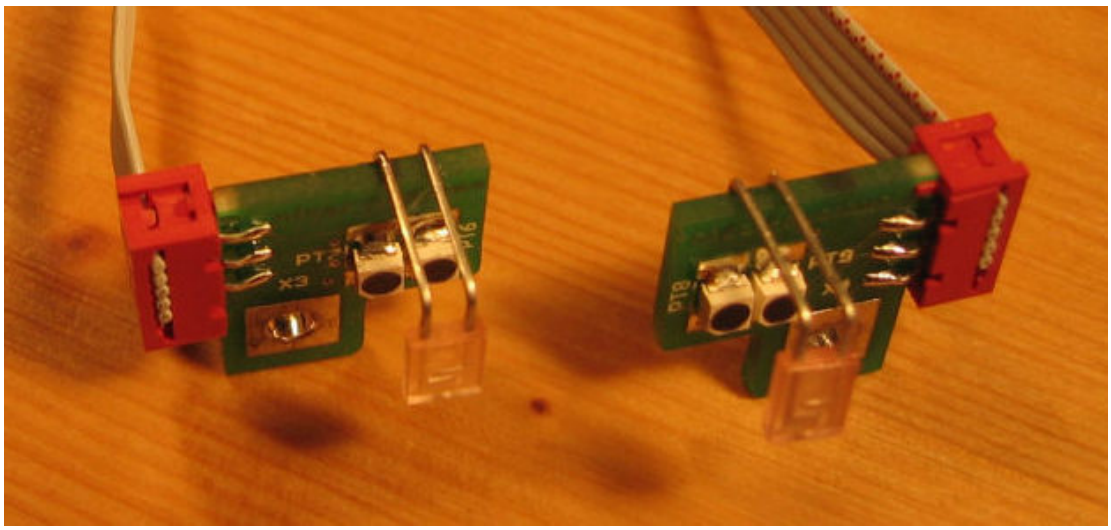
Jetzt wird noch der zweite 6-polige Krimpkontakt am kürzeren Strang aufgekrimpt. Dazu muss das Kabel zunächst umgedreht werden. An den Pin 1 des Krimpkontakts muss die Ader, die dem langen Strang am nächsten ist. Nach dem Krimpen sollte das Kabel folgendermaßen aussehen:





Nun müssen die beiden IR-LEDs (IRL80A) mit einer Zange umgebogen werden. Das Stück vom Plastikkörper bis zur ersten Biegung muss 2 mm lang sein und das mittlere Stück muss 10mm lang sein. Die beiden LEDs können jetzt von hinten an die Odometriesensorplatinen gelötet werden.

Als nächstes wird der Krimpkontakt des **längeren** Strangs seitlich an der **linken** Odometriesensorplatine (Kennzeichnung: **L**) wie im Bild zu sehen angelötet. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Nase des Krimpkontakts in die Aussparung der Platine gehört. Nun wird noch der **kürzere** Strang an der **rechten** Odometriesensorplatine (Kennzeichnung: **R**) angelötet. Das Endprodukt sollte folgendermaßen aussehen:

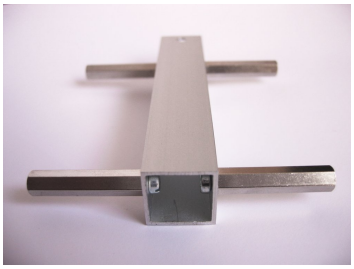


2.4 Mechanischer Aufbau des Antriebs

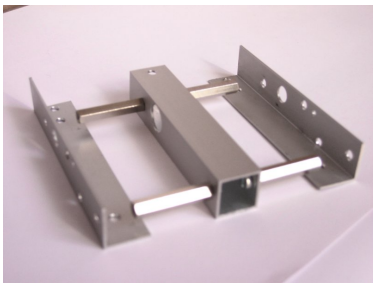
Als vorbereitende Arbeiten müssen die beiden roten Doppelzahnräder auf die beiden Messingachsen aufgepresst werden. Das geht am einfachsten indem man die Achse in die Seite mit dem kleinen Ritzel steckt, und sie danach vorsichtig mit einem kleinen Hammer durch die Bohrung treibt. Das Zahnrad sollte sich anschließend in der Mitte der Achse befinden.

Bei den beiden sechseckigen Antriebsachsen sind die Zahnräder schon fertig verklebt, es sind keine Vorbereitungen notwendig.

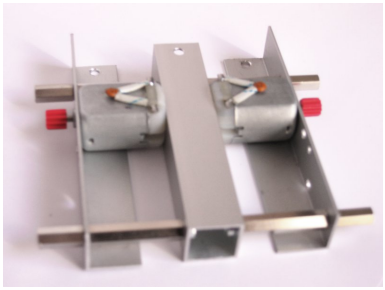
Wir beginnen mit dem Mittelträger, einem Aluminium Vierkantprofil. Mit Hilfe einer Spitzzange werden von Innen vier Schrauben durch die jeweiligen Löcher gesteckt und auf die Gewinde von außen jeweils ein 25 mm Bolzen aufgeschraubt.



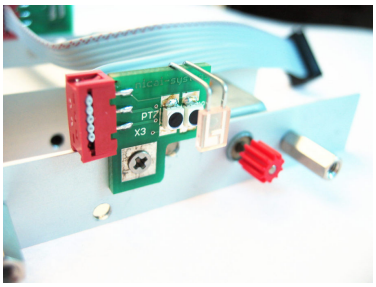
Im nächsten Schritt wird an jeder Seite ein L-Profil befestigt. Dazu legen Sie das Vierkantprofil und die beiden L-Profile so vor sich hin, wie auf der Abbildung gezeigt. Die Oberseite des Vierkantprofils erkannt man daran, dass sich dort die große Bohrung für die Motoren näher am Rand befindet.



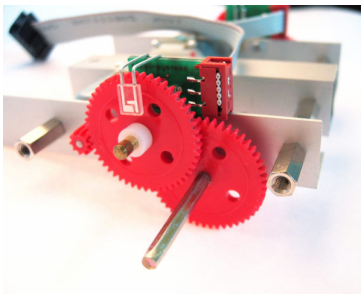
Legen Sie die Motoren so zwischen L-Profil und Vierkantprofil, dass die Kondensatoren zur Oberseite zeigen. Schrauben Sie nun die L-Profile mit den 12 mm Bolzen fest.



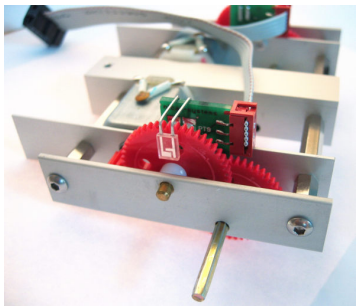
Anschließend werden die Odometriesensorplatinen mit den 5 mm langen M2 Senkkopfschrauben (es gibt auch 6 mm lange Schrauben!) und Muttern befestigt.



Nun müssen auf beiden Seiten die Getriebe montiert werden. Dazu wird die sechseckige Antriebsachse mit dem Doppelzahnrad in die hintere Bohrung gesteckt und danach die runde Messingachse mit dem zweiten Zahnrad in die andere Bohrung. Auf die runde Messingachsen wird nun noch ein Kunststoffdistanzring aufgesteckt.



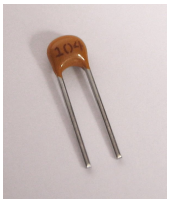
Abschließend wird das Getriebe mit einer Aluminiumabdeckplatte und zwei Innensechskantschrauben fixiert. Analog verfährt man auf der anderen Seite.



2.5 Bestückung der Platine

In diesem Abschnitt wird die Bestückung der Platine mit den elektronischen Bauteilen beschrieben. Die Reihenfolge der Bestückung richtet sich nach der Höhe der Bauteile, damit alle Lötstellen gut zugänglich sind. Die folgenden Unterabschnitte sind nach diesem Kriterium sortiert.

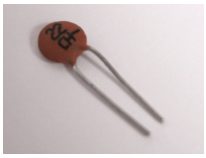
2.5.1 Keramik-Vielschicht-Kondensatoren



Die Platine wird mit insgesamt zehn Keramik-Vielschicht-Kondensatoren bestückt. Dabei haben die Kondensatoren C7 und C10 einen Wert von 220 nF (Aufdruck: 224), die Übrigen Kondensatoren (C3, C4, C8, C11, C12, C13, C14 und C15) haben einen Wert von 100 nF (Aufdruck: 104). Es muss beim Einbau keine Polarität beachtet werden.

Info: Der Aufdruck 104 bedeutet 10*10^4 pF, oder allgemein: Der Aufdruck *xyz* steht für eine Kapazität von *xy*10^*z* pF.

2.5.2 Scheibenkondensatoren



Die beiden Scheibenkondensatoren C1 und C2 haben eine Kapazität von 22 pF (Aufdruck: 22), auf eine Polarität muss nicht geachtet werden.

2.5.3 Quarz

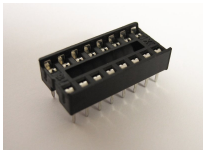
Der Quarz Q1 hat einen Frequenz von 16,000MHz. Das Gehäuse sollte nach dem Einbau keinen Kontakt zur Platine haben (optimal: 1mm Abstand zur Platine). Eine Polarität muss beim Einbau nicht beachtet werden.

2.5.4 Widerstandsnetzwerke

Bei jedem Widerstandsnetzwerk ist der Pin 1 durch einen **Punkt** markiert. Auf der Platine ist der Pin 1 durch ein rechteckiges Löt-Pad markiert. Folgende Widerstandsnetzwerke werden bestückt:

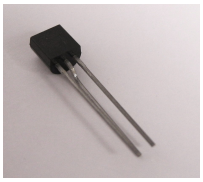
Bauteil	Wert	Beschriftung
RN1	4,7 kΩ	472
RN2 (zwischen RN5 und RN4)	1 MΩ	105
RN3	4,7 kΩ	472
RN4	100 Ω	101
RN5	100 Ω	101
RN6	100 Ω	101

2.5.5 IC-Sockel



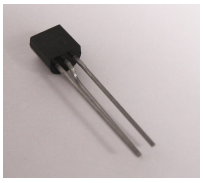
Für den Motortreiber-IC L293D (IC2) wird ein Sockel auf der Platine eingelötet. Die **Einkerbung** im Sockel muss in die selbe Richtung zeigen, wie die Markierung auf der Platine. Der IC wird erst später in den Sockel gesteckt.

2.5.6 Bipolar-Transistoren



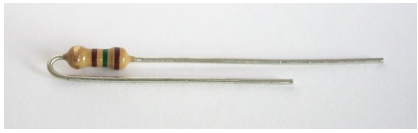
Die vier NPN-Bipolar-Transistoren (T1, T2, T3 und T4) sind vom Typ BC368. Bei der Bestückung ist darauf zu achten, dass die abgeflachte Seite der Transistoren in die gleiche **Orientierung** zeigt, wie auf der Platine angegeben ist.

2.5.7 MOSFET-Transistoren



Die beiden N-MOSFET-Transistoren (T5 und T6) sind vom Typ BS170. Bei der Bestückung ist darauf zu achten, dass die abgeflachte Seite der Transistoren in die gleiche **Orientierung** zeigt, wie auf der Platine angegeben ist.

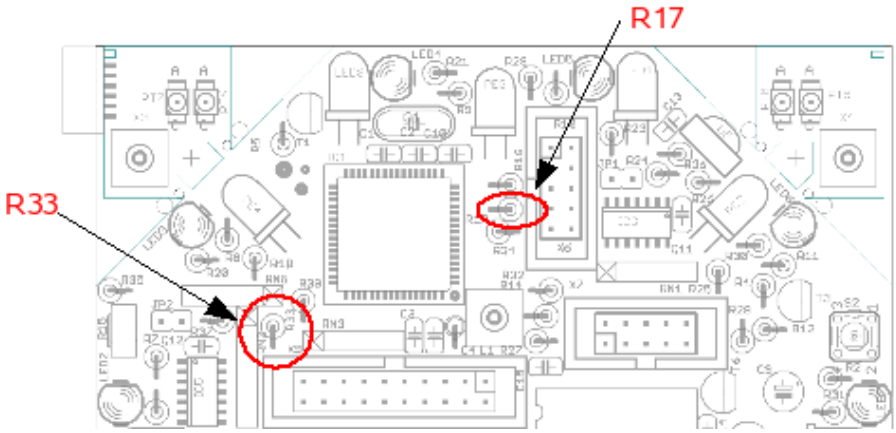
2.5.8 Widerstände



Alle Widerstände werden senkrecht in die Platine eingelötet. Die Beinchen werden dazu, wie auf der Abbildung zu sehen ist, an einer Seite umgebogen. Der Wert der Widerstände ist in einem Farbcode auf den Widerständen angegeben, der im Anhang erklärt wird. Hier eine Übersicht der Farbcodes der verwendeten Widerstände:

Wert	Bauteile	Markierung
12 Ω	R22	braun – rot – schwarz – (gold)
100 Ω	R3, R32, R33	braun – schwarz – braun – (gold)
150 Ω	R1, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R19, R20, R21, R29, R30, R31	braun – grün – braun – (gold)
180 Ω	R6, R23, R37	braun – grau – braun – (gold)
680 Ω	R25	blau – grau – braun – (gold)
2,2 kΩ	R4, R5, R13	rot – rot – rot – (gold)
4,7 kΩ	R17, R38	gelb – violett – rot – (gold)
10 kΩ	R16, R18, R24, R26, R27, R28, R34, R35, R36, R39	braun – schwarz – orange – (gold)

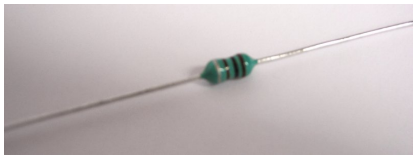
Hinweis: Die Widerstände R33 und R17 sind hier zu finden:



Im Anhang 4.2 ist ein kompletter Bestückungsplan zu finden.

Für den 0-Ohm Widerstand R2 wird ein Stück Draht zurecht gebogen und eingelötet.
Der Widerstand R14 befindet sich im Display-Satz und wird je nach Displaytyp mit einem unterschiedlichen Wert bestückt: Für das Grafikdisplay mit einem 100 Ω Widerstand, für das Textdisplay mit einem 47 Ω Widerstand (gelb, violett, schwarz, (gold)).

2.5.9 Spule



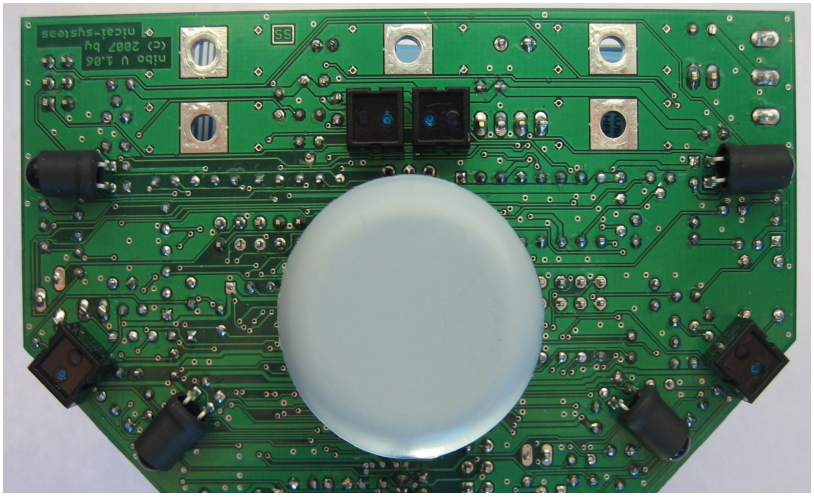
Die Spule L1 mit einer Induktivität von 100mH (Milli-Henry) wird stehend eingebaut. Dazu wird sie genauso umgebogen wie die Widerstände. Der Farbcode der Spule ist braun, schwarz, braun, silber. Sie befindet sich zusammen mit den Kondensatoren in einer Tüte.

2.5.10 Diode

Auch die Diode D1 vom Typ SB140 muss vor der Bestückung wie die Widerstände zurechtgebogen werden. Dabei muss man jedoch auf die **Polarität** achten! Die Kathode, die man am Ring auf der Diode erkennen kann muss das gerade Beinchen haben. Das Beinchen der Anode wird umgebogen.

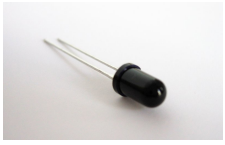
2.5.11 Reflexlichtschranken

Die vier IR-Reflexlichtschranken vom Typ CNY70 müssen von der Unterseite der Platine bestückt werden (zwei innen und zwei am äußeren Rand der Platine). Die Lichtschranken bestehen aus einer IR-LED (das blaue Fenster) und einem IR-Phototransistor (das dunkle Fenster in Richtung des Aufdrucks). Dabei ist genau auf die richtige **Orientierung** des Bauteils zu achten! Die beiden äußeren Lichtschranken (U3 und U4) müssen die IR-LEDs (blaues Fenster) am Platinenrand haben, also den Aufdruck (dunkles Fenster) zur Platinenmitte. Bei den beiden inneren Lichtschranken (U1 und U2) liegen die IR-LEDs (blaues Fenster) direkt nebeneinander, die Aufdrucke (dunkles Fenster) sind außen (siehe Foto!).



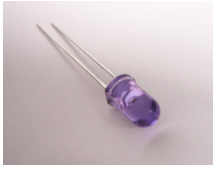
Die Pins der Reflexlichtschranken dürfen nach dem Einlöten und anschließendem Kürzen **höchstens** noch 0,7 mm lang sein, da sie sonst den Boden des Spannungsreglers berühren werden!

2.5.12 IR-Phototransistoren



Die Phototransistoren PT1-PT5 dienen zur Messung der reflektierten IR-Strahlung. Um sie möglichst unempfindlich gegenüber störenden Einflüssen zu machen, werden sie auf der Unterseite der Platine eingelötet. Die Beinchen werden ca. 1 mm vom Boden des Phototransistors abgewinkelt, am besten legt man dazu ein 1mm dickes Material (Messer o.Ä.) dazwischen. Dabei muss die **Polarität** beachtet werden: Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das rechteckige Lötpad.
Außerdem werden die Phototransistoren durch 8mm lange Schrumpfschlauchstücke abgeschirmt. Dabei bleiben die Beinchen bis auf 1 mm unbedeckt. Dafür müssen die Schrumpfschlauchstücke ca. 1 mm über den Boden der Phototransistoren hinausragen und mit Hitze (am besten mit Heissluft, notfalls mit dem Lötkolben, dabei aber mindestens 2 mm Abstand halten!) zum Schrumpfen gebracht werden.

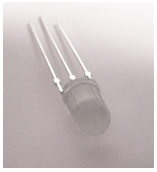
2.5.13 IR-LEDs



Die IR-LEDs PE1-PE5 dienen zur Aussendung der IR-Strahlung, sie werden auf der Oberseite der Platine eingelötet. Die Beinchen werden ca. 3 mm vom Boden des Phototransistors abgewinkelt, am besten legt man dazu ein 3mm dickes Material (Schraubenzieher o.Ä.) dazwischen.

Dabei muss die **Polarität** beachtet werden: Das **lange** Beinchen muss jeweils in das rechteckige Lötpad.

2.5.14 Mehrfarbige LEDs

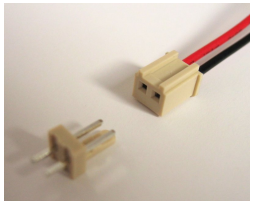


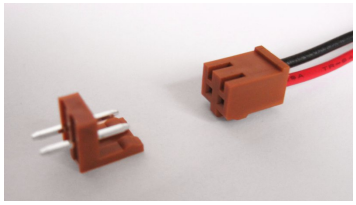
Die mehrfarbigen LEDs LED2-LED7 haben drei Beinchen, ein kurzes (grüne Anode), ein langes (gemeinsame Kathode) und ein mittleres (rote Anode). Das Beinchen mit der **mittleren** Länge muss in das rechteckige Lötpad. Als weiteres Merkmal ist das Gehäuse in Richtung des mittellangen Beinchens abgeflacht, dies ist auch auf der Platine gekennzeichnet.

2.5.15 Weiße LEDs

Die beiden weißen LEDs LED1 und LED8 werden genauso wie die IR-LEDs abgewinkelt (3mm). Dabei muss die **Polarität** beachtet werden: Das **kurze** Beinchen muss jeweils in das rechteckige Lötpad.

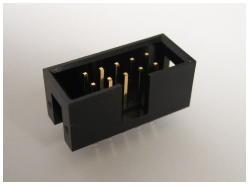
2.5.16 Stecker





Der weiße Stromversorgungsstecker (X5) und die beiden braunen Motorstecker (X1 und X2) müssen unter Beachtung der korrekten **Orientierung** eingelötet werden. Die Nase der Stecker ist auf dem Bestückungsaufdruck erkennbar. Bei dem weißen Stromversorgungsstecker zeigt die Nase in Richtung Platinenmitte, bei den beiden braunen Motorsteckern zeigt die Nase zum Platinenrand. Die Kabel werden erst später an die Motoren und den Batteriehaltern angelötet.

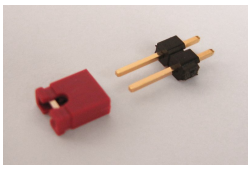
2.5.17 Wannenstecker



Die vier Wannenstecker (X6, X7, X8 und X9) müssen in der richtigen **Orientierung** auf die Platine gelötet werden. Die Aussparungen an den Wannen sind auf dem Bestückungsdruck sichtbar. Die 6-polige Wanne X8 dient

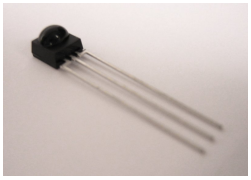
zur Programmierung des Roboters. Eine 10-polige Wanne X7 dient zum Anschluss der Odometrieplatinen. Die zweite 10-polige Wanne X6 stellt den Erweiterungsport zur Verfügung. An der 20-poligen Wanne X9 lässt sich ein LC-Display anschließen.

2.5.18 Jumper



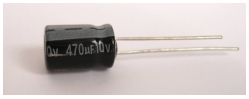
Die beiden Jumperstecker JP1 und JP2 lassen sich am besten mit bestückten Jumpern auflöten, da sich dann die Pins nicht verbiegen. Dabei sollte man aber auf eine kurze Lötzeit achten damit der Kunststoff nicht schmilzt.

2.5.19 IR-Empfangs-IC



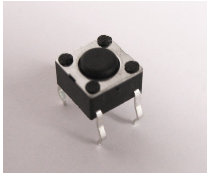
Beim Einbau des Infrarot Empfangs-ICs U5 muss die korrekte Orientierung beachtet werden, die Halbkugel muss nach außen (zum Platinenrand hin) zeigen!

2.5.20 Elektrolytkondensatoren



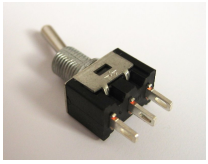
Bei der Bestückung der Platine mit dem 470µF (C6) und den beiden 100µF Elektrolytkondensatoren (C5 und C9) muss insbesondere auf deren **Polarität** geachtet werden:
Die **positiven** Anschlüsse sind auf der Platine durch ein „+“ gekennzeichnet; am Kondensator erkennt man sie an den **längeren** Beinchen.
Die negativen Anschlüsse sind auf der Platine als Thermalkontakte ausgeprägt, am Kondensator sind es die kürzeren Beinchen. Außerdem befindet sich auf den Gehäusen eine „-“ Markierung.

2.5.21 Reset-Taster



Der Einbau des Reset-Tasters S2 ist verpolungssicher. Er muss mit leichtem Druck bis zum Einrasten bestückt werden. Da das Pinout nicht quadratisch ist, sind nur zwei der vier Orientierungen möglich.

2.5.22 Schalter

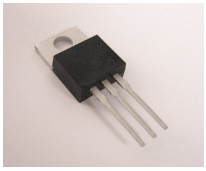


Der Kippschalter S1 kann in zwei verschiedenen Orientierungen eingesetzt werden, die Funktionalität bleibt die gleiche.

2.5.23 Potentiometer

Beim Einbau des Potentiometers R15 muss auf die richtige **Orientierung** geachtet werden. Der Einbau ist nur in einer Richtung möglich.

2.5.24 Spannungsregler



Da der Spannungsregler IC4 mechanisch an der Antriebssektion befestigt wird, wird er jetzt **noch nicht eingelötet**, sondern nur die Beinchen zurecht gebogen: Sie müssen so gebogen werden, dass die Bohrung des Bauteils genau mit der Bohrung der Platine zusammenfällt. Das Bauteil wird später, nach dem mechanischen Zusammenbau eingelötet.

2.6 Optische Überprüfung der Platine

Bevor die Platine erstmalig an eine Stromversorgung angeschlossen wird, müssen erst sämtliche Bauteile auf die richtige Bestückung überprüft werden. Dazu müssen zunächst sämtliche Bauteilwerte überprüft werden.

Anschließend müssen der korrekte Einbau und insbesondere die richtige Orientierung beziehungsweise Polung überprüft werden.

Danach sollte man alle Lötstellen auf Kurzschlüsse prüfen und sich vergewissern, dass weder auf der Ober- noch auf der Unterseite der Platine Lötzinn- oder Drahtreste vorhanden sind.

2.7 Vorbereiten der Batteriehalter

Die acht Mignonzellen des zukünftigen Roboters werden in Reihe geschaltet. Dazu ist es notwendig, den Plus-Pol des einen Batteriehalters mit dem Minus-Pol des anderen Batteriehalters zu verbinden. Die Lötstelle wird danach mit Schrumpfschlauch isoliert. Zum Schluss müssen noch die beiden Übrigen Anschlüsse der Batteriehalter an den Batteriestecker gelötet werden (rot an rot und schwarz an schwarz), und wiederum mit Schrumpfschlauch isoliert werden. Die Schrumpfschlauchstücke solle man immer schon **vor dem Lötvorgang** auf die Kabel schieben!

2.8 Montage des Grafik-Displays (optional)

Zunächst wird der 20-polige Stecker auf das Flachbandkabel gepresst. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die farbig markierte Ader mit dem ersten Pin des Steckers zusammenfällt. Die einzelnen Adern werden nun an der Displayplatine in der numerischen Reihenfolge festgelötet. Abschließend werden die 20 mm Bolzen mit den M2-Schrauben am Display befestigt.

2.9 Montage des Text-Displays (optional)

Zunächst wird der 20-polige Stecker auf das Flachbandkabel gepresst. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die farbig markierte Ader mit dem ersten Pin des Steckers zusammenfällt. Die einzelnen Adern werden nun an der Displayplatine anhand der Reihenfolge in der Tabelle festgelötet.

Stecker	Display	Funktion
1	2	+5V
2	1	0V
3	3	Kontrast
4	7	D0
5	8	D1
6	9	D2
7	10	D3
8	11	D4
9	12	D5
10	13	D6
11	14	D7
12	n.c.	CS1
13	n.c.	CS2
14	n.c.	Reset
15	5	RW
16	4	RS
17	6	EN
18	2	VD / +5V
19	L+	VLED+
20	L-	VLED-

Sowohl die Ader Nummer 1, wie auch die Ader 18 werden am Displaykontakt 2 angelötet.
Abschließend werden die 20 mm Bolzen mit den M2-Schrauben am Display befestigt.

2.10 Zusammenbau der Module

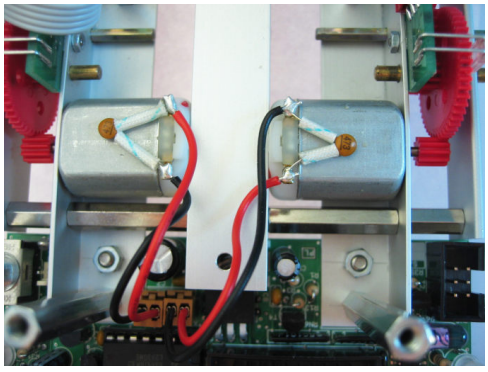
Zunächst wird auf die schwarze Holzscheibe der Teflongleiter geklebt. Anschließend befestigt man sie mit der Holzschraube mitten auf der Unterseite der Platine.

Nun wird die Antriebssektion an der Platine befestigt. Dazu legt man zunächst die Antriebssektion so auf die Platine, dass sich die Bohrungen überdecken und sich die Kühlfläche des 7805 Spannungswandlers im Inneren des Vierkantprofils befindet. Jetzt werden die beiden L-Profile mit jeweils einer Innensechskantschraube von unten und einer Mutter von oben festgeschraubt. Dazu werden die Löcher am Rand der Platine benutzt.

Anschließend werden der Spannungswandler, das Vierkantprofil und die Platine mit einer Schlitzschraube von oben und einer Mutter von unten verschraubt, dazu ist eine Spitzzange und ein wenig Geduld notwendig.

Abschließend werden jetzt noch die vier 40 mm Distanzbolzen mit Innensechskantschrauben von unten an den L-Profilen bzw. an der Platine festgeschraubt.

Nun lötet man den Spannungswandler endgültig fest. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Pins der Reflexlicht-schranken auf keinen Fall den Boden des 7805 berühren!



Anschließend werden die Anschlusskabel an die Motoren gelötet, und der Motor-treiber-IC bestückt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Kerbe im IC in die gleiche Richtung zeigt, wie die Kerbe am Sockel.

Jetzt wird die 2. Etage montiert: An der Kunststoffplatte werden zunächst die beiden Batteriehalter angeschraubt. Danach werden die Halter mit Mignon-Akkus bestückt. Jetzt muss eventuell noch das vorhandene Display mit den 2 mm Kreuzschrauben angebracht werden. Die Lötkontakte zeigen später in Fahrtrichtung nach vorne.

Die komplette zweite Etage muss jetzt auf den Abstandsbolzen der Antriebssektion mit vier Innensechskantschrauben festgeschraubt werden. Vorher sollte man jedoch alle Stecker, bis auf den Stromversorgungsstecker, in die vorgesehenen Buchsen stecken und die Kabel optimal platzieren.

Abschließend müssen noch die beiden Räder auf die Sechskantantriebsachsen aufgesteckt werden, dann ist der Roboter betriebsbereit.

3 Inbetriebnahme

Nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten kann der Roboter nun erstmalig Schritt für Schritt in Betrieb genommen werden. Dazu werden zunächst alle Stecker abgesteckt und die beiden Jumper abgezogen.

Der Roboter wird ausgeschaltet (Kippschalter nach hinten) und der Stromversorgungsstecker wird eingesteckt. Nach dem Einschalten sollten die Status-LEDs zunächst kurz orange leuchten. Anschließend sollten sie einzeln rot und danach grün aufleuchten, und zum Schluss sollten die beiden weißen LEDs aufleuchten.

Als nächstes muss der Mikrocontroller zur Distanzmessung IC5 programmiert werden. Dazu schaltet man den Roboter wieder aus und bestückt den Jumper JP2. Wenn man den Roboter jetzt wieder einschaltet leuchten die drei Status LEDs auf der linken Seite (in Fahrtrichtung) rot auf, während die Firmware automatisch auf den Controller übertragen wird. Nach abgeschlossener Programmierung leuchten alle Status-LEDs grün.

Anschließend wird der zweite Mikrocontroller IC3 programmiert. Dazu wird der Roboter ausgeschaltet, der Jumper JP2 wieder entfernt und der Jumper JP1 gesteckt. Wenn der Roboter jetzt eingeschaltet wird, leuchten die drei Status-LEDs auf der rechten Seite rot auf. Nach abgeschlossener Programmierung leuchten wieder alle Status-LEDs grün.

Jetzt wird der Roboter wieder ausgeschaltet und beide Jumper gesteckt. Anschließend werden die beiden Kabel der Motoren eingesteckt sowie das Kabel von den Odometriesensorplatinen. Danach wird eventuell noch das Displaykabel eingesteckt.

Wenn alles funktioniert, sollte sich der Roboter jetzt langsam im Uhrzeigersinn um seinen Mittelpunkt drehen, das heißt das linke Rad vorwärts und das rechte Rad rückwärts. Außerdem sollten die Status-LEDs der entsprechenden Richtungen je nach Wert der Abstandssensoren grün bei Freiraum und rot bei nahen Hindernissen leuchten. Wenn der Roboter keinerlei Bodenkontakt mehr hat sollten die weißen LEDs aufleuchten.

Wenn soweit alles funktioniert hat, kann man jetzt mit der eigenen Programmierung loslegen, **viel Spaß!**

Weitere Informationen sind unter http://nibo.editthis.info zu finden!

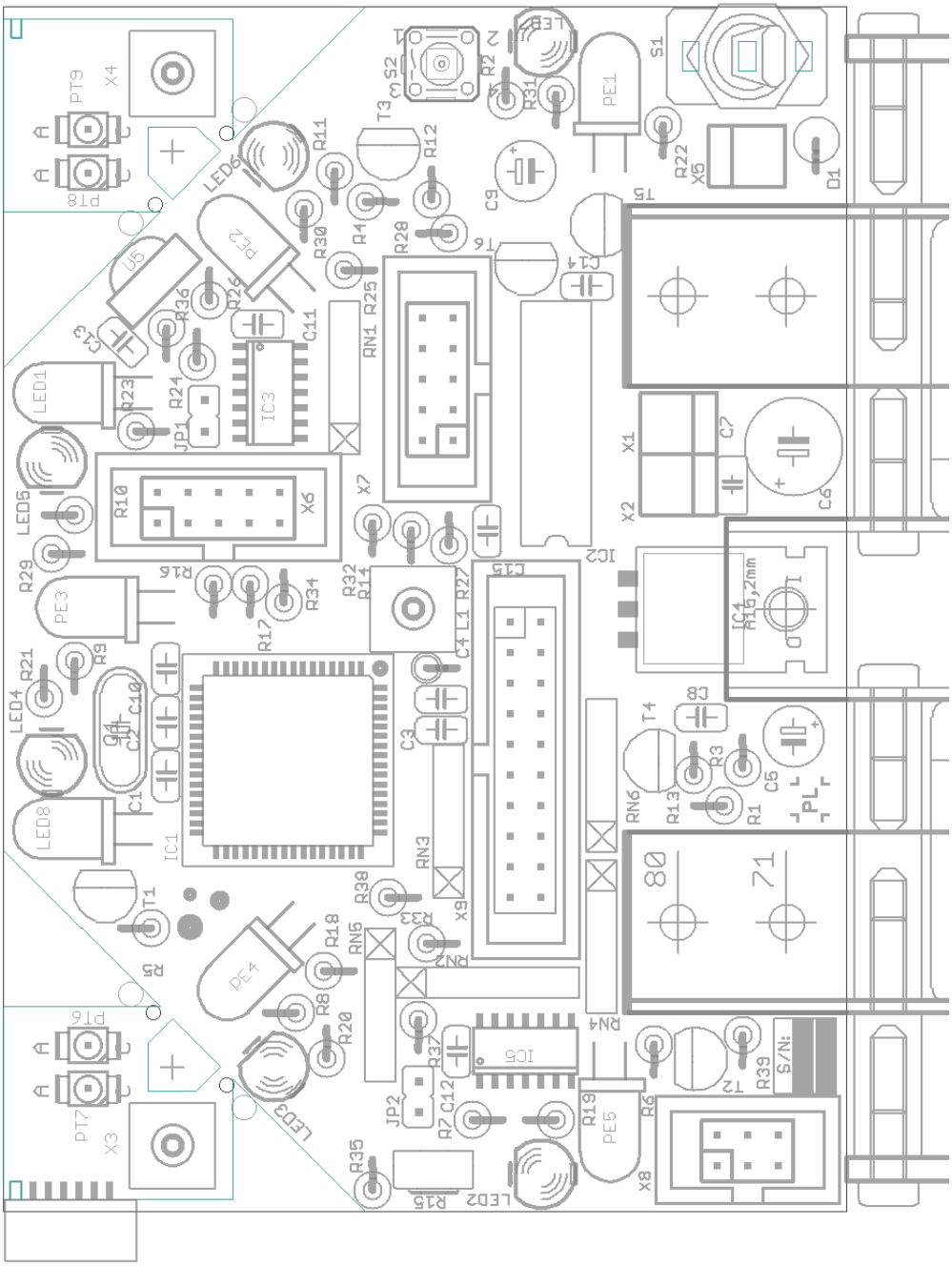
4 Anhang

4.1 Widerstandsfarbcode

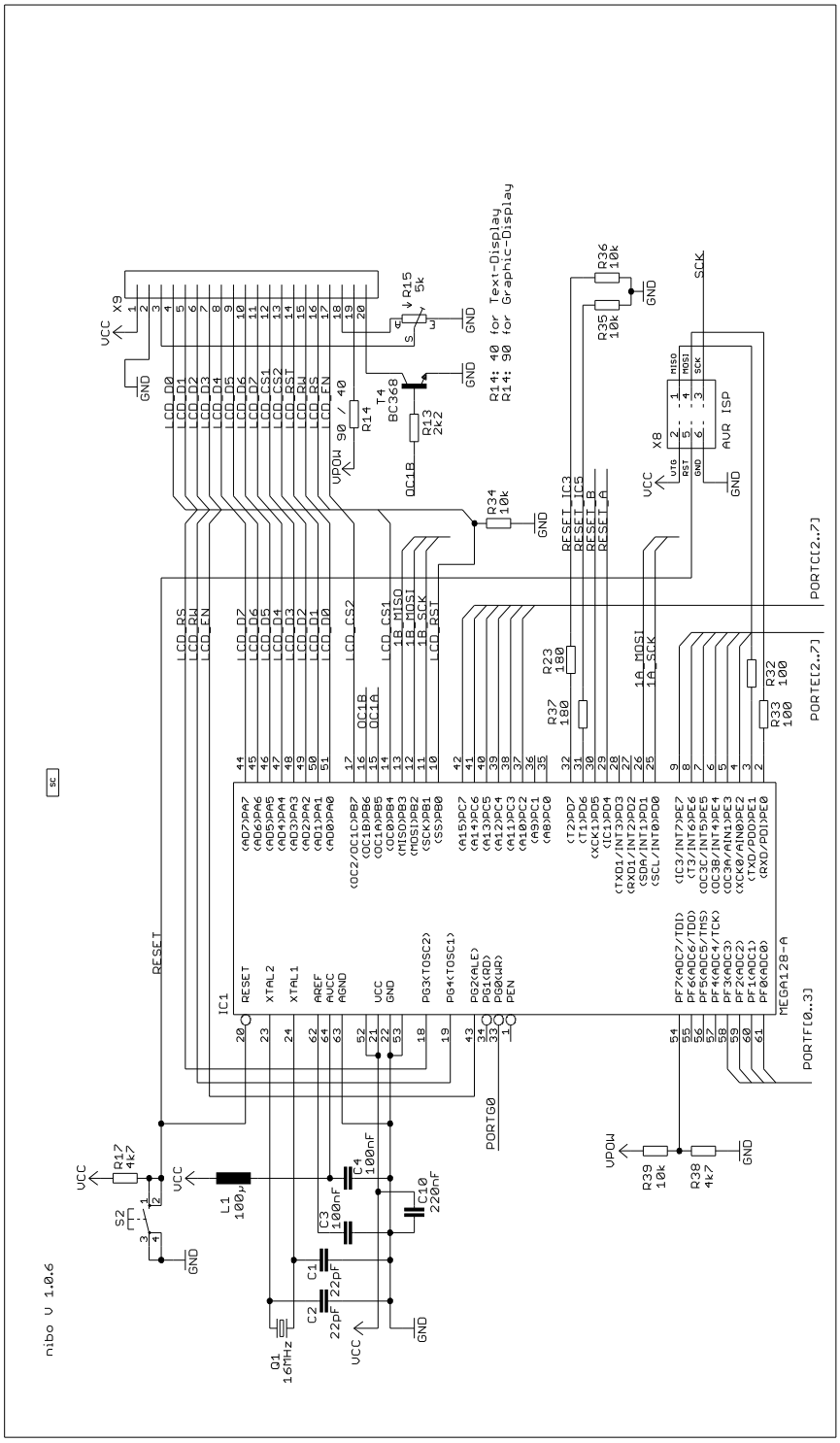
Die Werte von Kohleschichtwiderständen werden mit 4 Farbringen anhand nachfolgender Tabelle codiert:

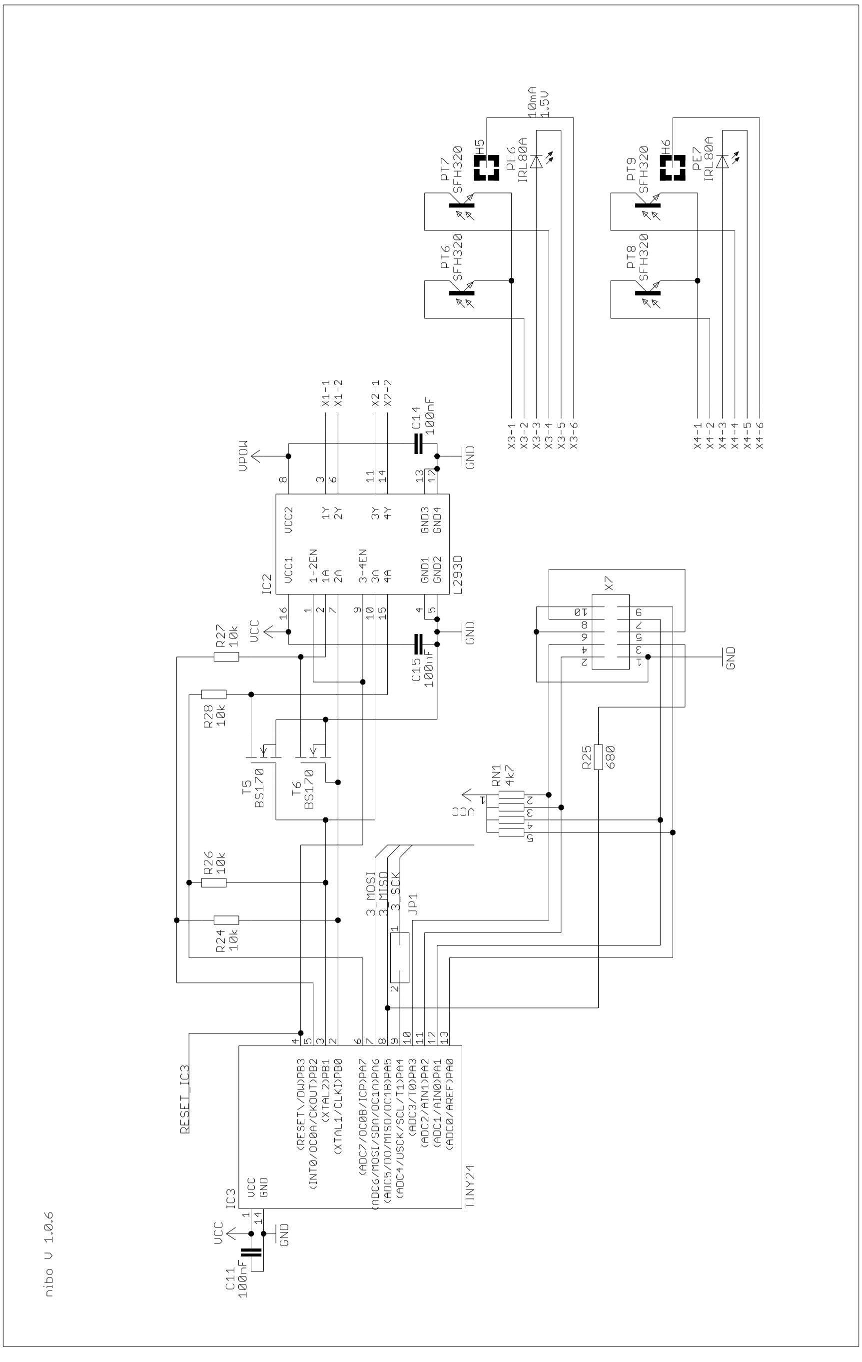
Farbe	Ring 1	Ring 2	Ring 3 (Faktor)	Ring 4 (Toleranz)
silber	—	—	$1 \cdot 10^{-2}$ = 10 mΩ	±10 %
gold	—	—	$1 \cdot 10^{-1}$ = 100 mΩ	±5 %
schwarz	—	0	$1 \cdot 10^{0}$ = 1 Ω	—
braun	1	1	$1 \cdot 10^{1}$ = 10 Ω	±1 %
rot	2	2	$1 \cdot 10^{2}$ = 100 Ω	±2 %
orange	3	3	$1 \cdot 10^{3}$ = 1 kΩ	—
gelb	4	4	$1 \cdot 10^{4}$ = 10 kΩ	—
grün	5	5	$1 \cdot 10^{5}$ = 100 kΩ	±0,5 %
blau	6	6	$1 \cdot 10^{6}$ = 1 MΩ	±0,25 %
violett	7	7	$1 \cdot 10^{7}$ = 10 MΩ	±0,1 %
grau	8	8	$1 \cdot 10^{8}$ = 100 MΩ	—
weiß	9	9	$1 \cdot 10^{9}$ = 1 GΩ	—

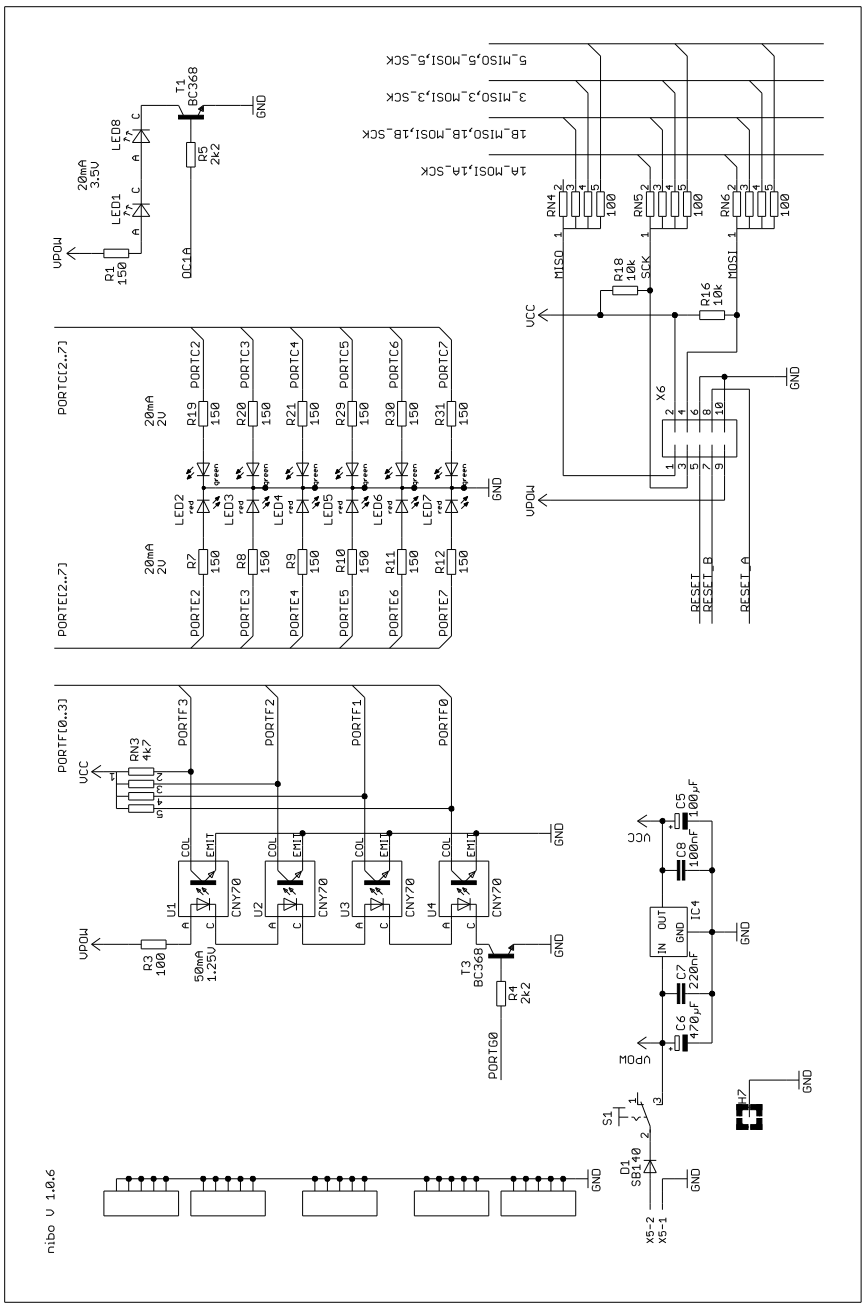
4.2 Bestückungsplan

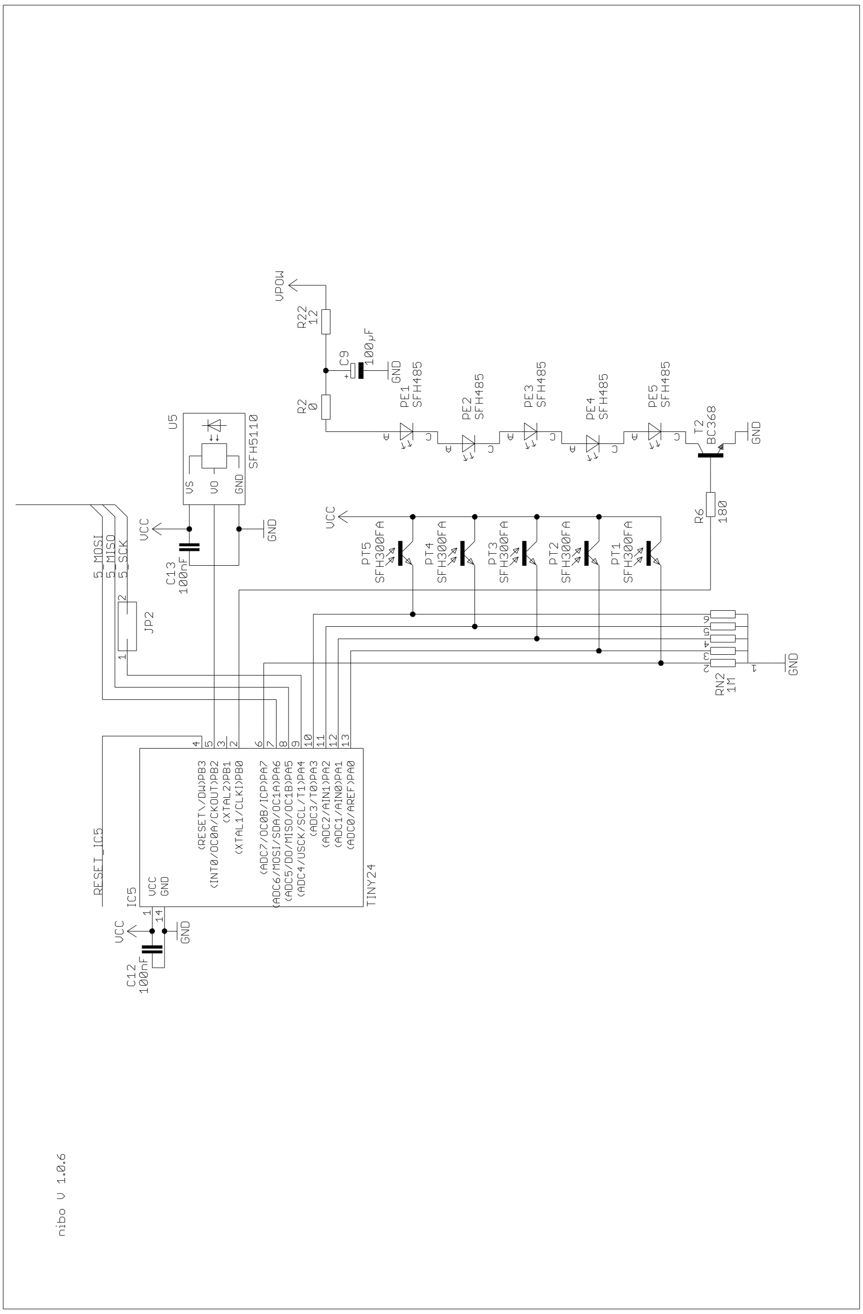


4.3 Schaltplan




nibo V 1.0.6
IC2
L293D
IC3
TINY24
RESET_IC3
C11
100nF
C14
100nF
C15
100nF
R24
10k
R26
10k
R27
10k
R28
10k
R25
680
RN1
4k7
T5
BS170
T6
BS170
JP1
3_MOSI
3_MISO
3_SCK
X7
PT6
PT7
PT8
PT9
SFH320
PE6
PE7
IRL80A
H5
H6
10mA
1.5V
VPOW
VCC
GND


nibo V 1.0.6
PORTF[0..3]
PORTE[2..7]
PORTC[2..7]
VCC
VPOW
GND
RESET_A
RESET_B
X6
X5-1
X5-2
D1
SB140
S1
H7
C5
100µF
C8
100nF
C7
220nF
C6
470µF
IC4
U1
U2
U3
U4
CNY70
50mA
1.25V
R3
100
RN3
4k7
T3
BC368
R4
2k2
PORTG0
PORTF0
PORTF1
PORTF2
PORTF3
PORTE2
PORTE3
PORTE4
PORTE5
PORTE6
PORTE7
PORTC2
PORTC3
PORTC4
PORTC5
PORTC6
PORTC7
20mA
2V
LED1
LED2
LED3
LED4
LED5
LED6
LED7
LED8
20mA
3.5V
R1
150
R5
2k2
T1
BC368
OC1A
RN4
RN5
RN6
100
MISO
MOSI
SCK
R18
10k
R16
10k
1A_MOSI,1A_SCK
1B_MISO,1B_MOSI,1B_SCK
3_MISO,3_MOSI,3_SCK
5_MISO,5_MOSI,5_SCK


VPOW
R22
12
C9
100µF
GND
R2
0
PE1
SFH485
PE2
SFH485
PE3
SFH485
PE4
SFH485
PE5
SFH485
T2
BC368
U5
SFH5110
VCC
R6
180
PT5
SFH300FA
PT4
SFH300FA
PT3
SFH300FA
PT2
SFH300FA
PT1
SFH300FA
C13
100nF
5_MOSI
5_MISO
5_SCK
JP2
RN2
1M
RESET_IC5
IC5
TINY24
C12
100nF
nibo V 1.0.6

4.4 Bauteilliste

Part	Value	Package
C1	22pF	C025-024X044
C2	22pF	C025-024X044
C3	100nF	C025-024X044
C4	100nF	C025-024X044
C5	100µF	E2-5
C6	470µF	E3,5-8
C7	220nF	C025-025X050
C8	100nF	C025-024X044
C9	100µF	E2-5
C10	220nF	C025-024X044
C11	100nF	C025-024X044
C12	100nF	C025-024X044
C13	100nF	C025-024X044
C14	100nF	C025-024X044
C15	100nF	C025-024X044
D1	SB140	RAD2,5
IC1	ATmega128	TQFP64
IC2	L293D	DIL16
IC3	ATtiny44	SO14
IC4	7805	78XXL
IC5	ATtiny44	SO14
JP1		JP1
JP2		JP1
L1	100µH	0207/2V
LED1		LED5MM3S
LED2		DUOLED5MM
LED3		DUOLED5MM
LED4		DUOLED5MM

Part	Value	Package
LED5		DUOLED5MM
LED6		DUOLED5MM
LED7		DUOLED5MM
LED8		LED5MM3S
PE1	SFH485	LED5MM3S
PE2	SFH485	LED5MM3S
PE3	SFH485	LED5MM3S
PE4	SFH485	LED5MM3S
PE5	SFH485	LED5MM3S
PE6	IRL80A	LED3MMSMD
PE7	IRL80A	LED3MMSMD
PT1	SFH300FA	LED5MM3S
PT2	SFH300FA	LED5MM3S
PT3	SFH300FA	LED5MM3S
PT4	SFH300FA	LED5MM3S
PT5	SFH300FA	LED5MM3S
PT6	SFH320	SMT-TOPLED
PT7	SFH320	SMT-TOPLED
PT8	SFH320	SMT-TOPLED
PT9	SFH320	SMT-TOPLED
Q1	16MHz	HC49/S
R1	150 Ω	0309V
R2	0 Ω	0309V
R3	100 Ω	0309V
R4	2,2 kΩ	0309V
R5	2,2 kΩ	0309V
R6	180 Ω	0309V
R7	150 Ω	0309V
R8	150 Ω	0309V
R9	150 Ω	0309V

Part	Value	Package
R10	150 Ω	0309V
R11	150 Ω	0309V
R12	150 Ω	0309V
R13	2,2 kΩ	0309V
R14	90 / 40 Ω	0309V
R15	5 kΩ	CA6H
R16	10 kΩ	0309V
R17	4,7 kΩ	0309V
R18	10 kΩ	0309V
R19	150 Ω	0309V
R20	150 Ω	0309V
R21	150 Ω	0309V
R22	12 Ω	0309V
R23	180 Ω	0309V
R24	10 kΩ	0309V
R25	680 Ω	0309V
R26	10 kΩ	0309V
R27	10 kΩ	0309V
R28	10 kΩ	0309V
R29	150 Ω	0309V
R30	150 Ω	0309V
R31	150 Ω	0309V
R32	100 Ω	0309V
R33	100 Ω	0309V
R34	10 kΩ	0309V
R35	10 kΩ	0309V
R36	10 kΩ	0309V
R37	180 Ω	0309V
R38	4,7 kΩ	0309V
R39	10 kΩ	0309V

Part	Value	Package
RN1	4,7 kΩ	RN-5
RN2	1 MΩ	RN-6
RN3	4,7 kΩ	RN-5
RN4	100 Ω	RN-5
RN5	100 Ω	RN-5
RN6	100 Ω	RN-5
S1		M9040P
S2		B3F-10XX
T1	BC368	TO92
T2	BC368	TO92
T3	BC368	TO92
T4	BC368	TO92
T5	BS170	TO92
T6	BS170	TO92
U1	CNY70	CNY70
U2	CNY70	CNY70
U3	CNY70	CNY70
U4	CNY70	CNY70
U5	SFH5110	SFH5110
X1		22-23-2021
X2		22-23-2021
X3		MICROMATCH_6
X4		MICROMATCH_6
X5		22-23-2021
X6		MA05-2
X7		MA05-2
X8		MA03-2
X9		MA10-2

4.5 Links zu weiterführenden Internetseiten

In diesem Unterkapitel ist eine ausgewählte Linksammlung zu themenähnlichen Internetseiten aufgeführt.

Entwicklungsumgebungen:

- Atmel: http://www.atmel.com Webseite vom Hersteller der Mikrocontroller. Dort gibt es Datenblätter, Applikationsbeispiele und die Entwicklungsumgebung AVRStudio.
- WinAVR: http://winavr.sourceforge.net/ AVR-GCC Compiler für Windows mit vielen Extras und „Add-on“ für das AVRStudio.
- AVRDude: http://savannah.nongnu.org/projects/avrdude/ Freie Programmiersoftware (Downloader, für den Nibo geeignet!).

Weitere Informationen:

- Nibo Hauptseite: http://nibo.nicai-systems.de Die Homepage des Nibo Herstellers. Liefert technische Informationen, die Bauanleitung und weitere Links.
- Nibo Wiki: http://nibo.editthis.info Wiki des Nibo. Liefert alle Informationen rund um den Nibo.
- Nibo Shop: http://shop.nicai-systems.de Online-Shop für den Nibo und Erweiterungssets.
- Mikrocontroller: http://www.mikrocontroller.net Alles über Mikrocontroller und deren Programmierung.
- AVRFreaks: http://www.avrfreaks.net Informationen rund um den AVR.