VARIOBOT®

MECHATRONIK ENTDECKEN

varikabo + varikabo FT

Variabler Roboterbausatz mit 12 verblüffenden Funktionen

ALTER 10+

BAUZEIT 2-4h

TEILE 36

FT 67

zum Löten

Anleitung

Sicherheitshinweise

Vor dem Zusammenbau und dem Betrieb des Roboters beachte unbedingt folgende Hinweise:

- **Achtung:** Der varikabo Bausatz ist kein Spielzeug und ausschließlich für lernende, lehrende und experimentelle Zwecke gedacht. Beim Einsatz für andere Aufgaben wird jegliche Haftung ausgeschlossen.
- Er darf von Kindern und Jugendlichen nur unter Anleitung und Aufsicht von Erwachsenen gebaut und betrieben werden.
- Erwachsene müssen vor Gebrauch die Anleitung lesen, befolgen und nachschlagebereit halten. Bitte Verpackung aufbewahren.
- Verwende das Produkt so, dass es nicht in die Reichweite von Kleinkindern gelangt.
- Betreibe den Roboter nicht in der Nähe von frei laufenden Kleintieren.
- Aus Sicherheitsgründen sollte der Roboter nie unbeaufsichtigt betrieben werden.
- Bedingt durch die offene Bauform gibt es bei varikabo spitze Ecken und scharfe Kanten. Bei Berührung besteht Verletzungsgefahr!
- Da der Roboter kein Gehäuse besitzt, sind Bauteile und Leiterbahnen nicht abgedeckt. Verursache keine Kurzschlüsse durch Metallgegenstände oder Werkzeuge.
- Der varikabo Roboter darf nur innerhalb von Gebäuden und darf insbesondere nicht im öffentlichen Verkehr eingesetzt werden.
- Betreibe varikabo nicht auf Tischflächen oder an Orten, an denen Absturzgefahr besteht.
- Setze den Roboter nur im trockenen und sauberen häuslichen Bereich ein. Schmutz, Staub, Fremdkörper und Feuchtigkeit zerstören die Mechanik und Elektronik.
- An den Roboter dürfen keine Maschinen, insbesondere keine Geräte mit Netzspannung angeschlossen werden.

- Die in dieser Anleitung vorgestellte Schaltung wurde mit der größtmöglicher Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden.
- Das Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen.
- Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in dieser Anleitung beschrieben. Für einen Aufbau der von dieser Anleitung abweicht wird keine Garantie und keine Haftung übernommen; der Betrieb erfolgt auf eigene Gefahr! Baue die Schaltung daher genau so auf, wie sie in der Anleitung beschrieben ist.
- Das Symbol der durchgekreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo du die nächste kostenlose Annahmestelle findest, sagt dir deine kommunale Verwaltung.

Hinweise zur Batterie:

- Für den Bausatz ist eine 9 V Block-Batterie erforderlich, die aufgrund der begrenzten Lagerfähigkeit nicht im Set enthalten ist.
- Herkömmliche Batterien dürfen keinesfalls geladen werden. Es besteht Brand- und Explosionsgefahr.
- Ein Kurzschluss der Batterie ist zu vermeiden, da er zum Überhitzen von Leitungen führen kann. Nach Gebrauch muss der Batterieclip von der Batterie abgehängt werden.
- Vermeide jegliche Verformungen der Batterie.
- Verbrauchte Batterien sind gemäß den Umweltbestimmungen zu entsorgen und müssen in entsprechende Sammelbehälter für Gerätealtbatterien gegeben werden.

Einleitung

Wir freuen uns, dass du dich für diesen vielseitigen Roboterbausatz entschieden hast. varikabo eröffnet dir einen spannenden und spielerischen Zugang zur Welt der Elektronik. Bestimmt wirst du mit dem Bausatz lange Zeit Spaß am Experimentieren und Tüfteln haben.

varikabos „Augen“ sind drei Sensoren und seine „Gehirnzellen“ zwei Transistoren. Mit Hilfe einer patentierten Kombination von Helligkeitssensoren nimmt varikabo kleinste Kontrast in seinem Umfeld wahr und reagiert darauf in unterschiedlichster Weise.

varikabo kann viel:

- Weicht Hindernissen geschickt aus
- Folgt dunklen oder hellen Linien
- Verfolgt oder schiebt Gegenstände
- Sucht, verfolgt oder umkreist Licht
- Folgt oder umkreist einen Schatten
- Meidet helle oder dunkle Flächen

Einen autonomen Roboter zu bauen war noch nie so einfach. Die Steuerschaltungen wird mit vier kleinen Platinen aufgebaut.

Dank eines Wahlschalters und durch Ausrichten und Vertauschen der Sensoren erforscht du nach und nach zwölf verblüffende Verhaltensweisen.

varikabo

varikabo ist mit Kabelbinder und als Fischertechnik-Variante varikabo FT erhältlich.

varikabo FT

Inhalt

A) Aufbau

Nach einer kurzen Einführung zum Löten zeigt dir die Aufbauanleitung zunächst Schritt für Schritt und mit zahlreichen Abbildungen wie die Platinen mit den elektronischen Bauteilen bestückt werden.

Bitte beachte, dass die LEDs, die Sensoren, die Transistoren, die Motoren und die Batterie richtig gepolt eingebaut werden müssen.
Die zwei Transistoren sind unterschiedlich und dürfen nicht verwechselt werden.

Hinterher ist der mechanische Aufbau für den varikabo Bausatz und für die Fischertechnik-Version varikabo-FT beschrieben.

- Einführung zum Löten S. 6
- Elektronik S. 8
- varikabo S. 16
- varikabo-FT S. 22

B) Funktionen

In der Experimentieranleitung ab Seite 28 werden die zwölf Funktionen von varikabo erläutert.

Es wird gezeigt, wie du diese mit Hilfe des Wahlschalters und der drei schwenkbaren und austauschbaren Sensoren einstellst.

Am Schluss findest du eine Fehlerdiagnose für den Fall, dass mal etwas nicht wie erwartet funktioniert.

C) Funktionsweise

Ab Seite 40 erfährst du, wie varikabos Steuerschaltung aufgebaut ist und wie die Komponenten des Bausatzes funktionieren.

Du lernst varikabos vielseitige Verhaltensweisen verstehen und begreifst, wie diese hervorgerufen werden.

A) Aufbau

Was du dafür benötigst

- 9 V Block-Batterie oder 9 V Akku
- Zange und Seitenschneider
- Lötkolben und Lötzinn
- evtl. schwarzes Isolierband (für varikabo FT)

Einführung zum Löten

Wenn du noch nicht viel Erfahrung mit dem Löten hast, lese dir diese Hinweise zunächst aufmerksam durch und übe z.B. an ein paar alten Drähten, bevor du dich an den varikabo Bausatz wagst.

Hilfsmittel

- Lötkolben: 20 bis 30 W / 300 bis 350°C
- Lötzinn: 0,5 bis 0,7 mm Durchmesser
- Kleiner Seitenschneider
- Feuchter, hitzebeständiger Schwamm
- Evtl. Entlötlitze oder Absaugpumpe für Korrekturen

Die Vorgehensweise

1. Stecke die Bauteile an die markierte Stelle. Gelötet wird auf der anderen Seite der Platine.
2. Reinige die Lötspitze der Länge nach mit einem feuchten Schwamm.

3. Drücke die Lötspitze für ca. eine Sekunde gleichzeitig an das Lötpad und den Anschlussdraht des Bauteils, so dass beides gut erhitzt wird.

4. Führe nun Lötzinn zwischen dem Lötpad, dem Bauteildraht und der Lötspitze zu, ohne die Lötspitze wegzunehmen. Verwende nur soviel Lötzinn, dass das ganze Lötpad davon bedeckt ist.

5. Bleibe mit der Lötspitze noch etwa eine Sekunde an der Lötstelle, bis das aufgebrachte Lötzinn gut verteilt ist, so dass sich ein silbrigglänzender Kegel rund um den Draht bildet.

6. Kürze zu lange Drahtstücke anschließend mit einem kleinen Seitenschneider.

Tipps

- Ausreichend lange erhitzen und nicht mit dem Lötkolben „tupfen“
- Nicht zu lange aufheizen – das Lötzinn wird sonst „klebrig“
- Nicht zu viel Lötzinn, sonst gibt‘s dicke „Klumpen“

Wenn es mal nicht geklappt hat:
Lötzinn mit Lötzinnsauger oder mit Entlötlitze absaugen und nochmal frisch anfangen. Beim zweiten Mal klappt‘s besser!

Elektronik

1)

2)

3)

4)

5)

6)

7)

8)

varikabo

9)

10)

11)

12)

13)

14)

varikabo FT
9)

10)

11)

12)

Inbetriebnahme

Richte den mittleren Sensor zunächst senkrecht nach oben. Tausche den rechten mit dem linken Sensor und richte diese etwa 45° zur Seite. Teste varikabo auf einem glatten und hellen Boden.

Wenn du varikabo nun einschaltest, so bewegt er sich auf Licht zu und weicht Gegenständen aus. Hältst du deine Hand über den mittleren Sensor, so wird varikabo schnell oder bleibt stehen.

varikabo vergleicht die Helligkeit an seinen drei Sensoren. Je nachdem wie die Sensoren ausgerichtet sind, nimmt er Eindrücke am Boden, vor sich oder über sich wahr.

Im Gegensatz zu anderen Robotern muss varikabo kein Infrarotlicht aussenden, um z.B. Linien oder Gegenstände wahrzunehmen. Das vereinfacht die Schaltung und reduziert den Stromverbrauch.

Da varikabo auf Helligkeitsunterschiede reagiert, ist jedoch auf die Art der Beleuchtung zu achten.

Hinweise zur Beleuchtung

Damit varikabos Sensoren nicht geblendet werden, solltest du auf eine geeignete Position von Lampen oder Fenstern achten.

- Lasse varikabo möglichst unterhalb einer weit entfernten Beleuchtung oder unter einem Fenster am Boden fahren.

Bei seitlichem Lichteinfall fährt varikabo evtl. diesem Licht oder seinem eigenen Schatten hinterher, anstatt dem gewünschten Ziel.

- Bei Verwendung von Leuchtstofflampen oder LED-Lampen muss für eine ausreichend starke Ausleuchtung gesorgt werden.

Das Licht von Leuchtstoff- oder LED-Lampen hat einen geringen Rotanteil und ist für die Sensoren nicht so gut wahrnehmbar.

- Gib acht, dass der Untergrund nicht spiegelt.

Fehlerdiagnose

Problem	Mögliche Ursachen
varikabo bewegt sich gar nicht.	• Der linke und der rechte Sensor sind falsch gepolt eingebaut bzw. angeschlossen. • Das Batteriekabel ist nicht korrekt angeschlossen. • Die Batterie ist leer oder defekt.
Es dreht nur einer der Motoren.	• Ein Transistor ist falsch gepolt eingebaut. • Die Transistoren BC516/BC517 sind vertauscht eingebaut. • Der linke oder der rechte Sensor ist falsch gepolt. • Ein Motor ist nicht korrekt angelötet.
Ein Motor dreht rückwärts.	• Dieser Motor ist falsch gepolt eingebaut und angelötet.
varikabo fährt nur geradeaus.	• Der mittlere Sensor ist falsch gepolt eingebaut.
varikabo bleibt am Untergrund hängen.	• varikabo liegt ungleich auf den Kabelbindern auf. • Der Untergrund ist zu uneben für varikabo.

Sollte keine dieser Ursachen der Grund für dein Problem sein, so überprüfe genau, ob alle Teile wie im Bauplan beschrieben eingebaut sind.

Benötigst du Hilfe, so wende dich bitte mit einer genauen Fehlerbeschreibung und mit einem Foto von deinem Roboter an uns: *info@variobot.com*

B) Funktionen

Der Wahlschalter und die Position der seitlichen Sensoren bestimmen diese 4 Verhaltensweisen:

- Lichtfolger / Schattenfolger
- Beschleunigungsmodus / Bremsmodus

Indem du zusätzlich die Sensoren unterschiedlich ausrichtest, ergeben sich 12 verblüffend vielseitige Anwendungsmöglichkeiten. varikabo reagiert dabei auf Licht und Schatten sowie auch auf Markierungen und unterschiedliche Gegenstände.

varikabo steht still.

varikabo fährt langsam.

varikabo fährt schnell.

Fährt varikabo schnell, so leuchten seine Augen-LEDs rot. Steht varikabo still, so leuchten die LEDs blau.

Die vier Grundeinstellungen

Du kannst den linken und den rechten Sensor von den LEDs abnehmen und miteinander vertauschen. Damit legst du fest, ob varikabo auf Dunkles oder auf Helles zufährt.

- Sensorkabel gekreuzt: Lichtfolger
- Sensorkabel parallel: Schattenfolger

Bei den Funktionen 10 und 12 werden die seitlichen Sensoren nach hinten gerichtet.

Mit dem Wahlschalter entscheidest du, ob die Sensorsignale direkt (=) oder vertauscht (×) mit den Transistoren (T_1/T_2) bzw. den Motoren (M_1/M_2) verbunden werden. Damit wählst du den Beschleunigungs- oder den Bremsmodus.

- Schalter auf „FAST (=)“: varikabo beschleunigt bei Schatten auf den mittleren Sensor.
- Schalter auf „STOP (×)“: varikabo bremst bei Schatten auf den mittleren Sensor.

Das Ausrichten der Sensoren

Indem du die drei schwenkbaren Sensoren nach unten, vorne oder oben ausrichtest, bestimmst du, ob varikabo Eindrücke am Boden, vor sich oder über sich wahrnimmt.

Das Helligkeitsverhältnis zwischen den seitlichen Sensoren bestimmt varikabos Fahrtrichtung. Das Helligkeitsverhältnis zwischen dem mittleren und den seitlichen Sensoren bestimmt seine Geschwindigkeit.

Auf den folgenden sechs Seiten erfährst du, wie du die jeweiligen Funktionen einstellen kannst. Verhält sich varikabo nicht sofort wie erwartet, so justiere die Ausrichtung der Sensoren nach.

Wenn du die verschiedenen Funktionen alle einmal kennen gelernt hast, kannst du diese schließlich noch schneller mit Hilfe der vier Diagramme am Ende des Abschnittes einstellen.

1) Hellen Linien folgen

varikabo fährt entlang von hellen Linien (z.B. über weiße Papierstreifen auf dunklem Untergrund).

varikabo stoppt am Ende der Linie.

Einstellung:

- Lichtfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen ca. parallel nach unten und den mittleren noch etwas mehr zum Boden.

Passe den Abstand der seitlichen Sensoren an die Linienbreite an. Experimentiere mit der Neigung der Sensoren, sodass varikabi am Ende der Linie zum Stillstand kommt.

2) Dunklen Linien folgen

varikabo fährt auf dunklen Linien (z.B. schwarzes Isolierband).

varikabo beschleunigt auf Geraden und bremst in scharfen Kurven.

Einstellung:

- Schattenfolger
- Beschleunigungs-modus

Sensoren:
Richte alle 3 parallel nach vorne und ca. 45° nach unten.

Experimentiere mit dem Abstand der seitlichen Sensoren, sowie mit der Neigung des mittleren Sensors, um die Geschwindigkeitsregelung so gut wie möglich einzustellen.

3) Lichtschein verfolgen

varikabo verfolgt einen Lichtschein am Boden (von einer Taschenlampe) und stoppt vor dem Licht.

varikabo stoppt auch bei einem Schatten über sich.

Einstellung:
- Lichtfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen ca. parallel nach unten und den mittleren senkrecht nach oben.

Das Umgebungslicht sollte bei dieser Funktion nicht zu stark sein, damit varikabo den Lichtschein gut erkennen kann. Experimentiere mit dem Abstand und der Neigung der seitlichen Sensoren.

4) Gegenstände verfolgen

varikabo bewegt sich auf dunkle Gegenstände unmittelbar vor sich zu und bleibt davor stehen.

varikabo verfolgt Objekte, die sich bewegen.

Einstellung:
- Schattenfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen etwa 45° nach unten und den mittleren auch ca. 45°.

Passe den Abstand der seitlichen Sensoren der Größe des Gegenstandes an. Experimentiere mit der Neigung der Sensoren, damit sowohl das Folgen als auch das Anhalten gut klappt.

5) Hindernissen ausweichen

varikabo weicht dunklen Hindernissen aus und kann beschleunigen, wenn er freie Fahrt hat.

Er bewältigt einen Hindernisparcours.

Einstellung:

- Lichtfolger
- Beschleunigungs-modus

Sensoren:
Richte die seitlichen ca. 45° nach unten und den mittleren ca. 30° nach oben.

Je weiter du die seitlichen Sensoren nach unten richtest, desto näher fährt varikabo an Hindernisse heran. Der mittlere Sensor muss etwas über die Hindernisse gerichtet sein.

6) Gegenstände schieben

Solange nichts in Sicht ist, steht varikabo still.

Liegt ein kleiner dunkler Gegenstand direkt vor varikabo, so schiebt er diesen vor sich her.

Einstellung:

- Schattenfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen etwa parallel nach unten und den mittleren ca. 30° nach oben.

Passe den Abstand der seitlichen Sensoren an die Größe des zu verfolgenden Objektes an. Stelle den Neigungswinkel des mittleren Sensors so ein, dass er nur leicht über den Gegenstand gerichtet ist.

7) Dunkles vermeiden

varikabo bleibt auf hellem Untergrund und weicht dunklen Hindernissen aus.

Bei einem Schatten über sich beschleunigt er und flieht.

Einstellung:

- Lichtfolger
- Beschleunigungs-modus

Sensoren:
Richte die seitlichen ca. 45° nach unten und den mittleren senkrecht nach oben.

Der helle Bereich kann z.B. dein Zimmerboden oder ein gut beleuchteter heller Tisch sein. Hältst du deine Hand über varikabo, so fährt er nur geradeaus, ohne auf die Umgebung zu achten.

8) Helles vermeiden

varikabo zieht seine Bahnen und bleibt auf dunklem Untergrund.

Er wendet sich von Hellem ab oder bleibt davor stehen.

Einstellung:

- Schattenfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen etwa 45° nach unten und den mittleren ca. 30° nach oben.

Stelle die Neigung der seitlichen Sensoren so ein, dass varikabo immer rechtzeitig am Rand wendet. Justiere den Neigungswinkel des mittleren Sensors so, dass varikabo auf hellem Untergrund stoppt.

9) Licht verfolgen

varikabo verfolgt eine Lampe über sich und bleibt darunter stehen.

Er wendet sich von einem Schatten ab um wieder ins Licht zu fahren.

Einstellung:
- Lichtfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen nach hinten/oben und den mittleren ca. 45° nach oben.

Je weiter du den mittleren Sensor nach oben richtest, desto näher fährt varikabo zur Lampe. Hältst du deine Hand zwischen die Lampe und varikabo, versucht er wieder ins Licht zu kommen.

10) Schatten verfolgen

varikabo meidet Licht und fährt auf einen Schatten über sich zu (z.B. Hand).

Er hält im Schatten an oder folgt diesem, wenn sich der Schatten bewegt.

Einstellung:
- Schattenfolger
- Bremsmodus

Sensoren:
Richte die seitlichen ca. 60° nach oben und den mittleren senkrecht nach oben.

Halte zuerst deine Hand über varikabo, um ihn zu stoppen. Bewege deine Hand dann langsam nach vor oder zur Seite, damit varikabo ihr folgen kann. Achte darauf, keine dunklen Ärmel zu tragen.

11) Im Licht bleiben

varikabo sucht ein Licht und fährt rasch darauf zu.

Dann wendet er ständig, um unter der Lampe zu bleiben und beschleunigt bei Schatten über sich.

Einstellung:

- Lichtfolger
- Beschleunigungs-modus

Sensoren:
Richte den mittleren senkrecht nach oben und die seitlichen ca. 60° nach oben.

Setzt du varikabo in einiger Entfernung zur Lampe auf den Boden, so fährt er schnell auf das Licht zu. Damit varikabo dann immer wieder umkehrt, muss die Neigung der Sensoren gut justiert werden.

12) Im Schatten bleiben

varikabo fährt von Licht weg und beschleunigt bei einem Schatten über sich.

Dann versucht varikabo ständig zu wenden, um im Schatten zu bleiben.

Einstellung:

- Schattenfolger
- Beschleunigungs-modus

Sensoren:
Richte die seitlichen nach hinten/oben und den mittleren senkrecht nach oben.

Für diese Funktion ist es besonders wichtig eine sehr gleichmäßige Beleuchtung zu verwenden. Damit varikabo dann immer wieder umkehrt, muss die Neigung der Sensoren sehr gut justiert sein.

Lichtfolger Funktionen

Schattenfolger Funktionen

Beschleunigungsfunktionen

Um die Beschleunigungsfunktionen zu wählen, stelle den vorderen Schalter auf „=“ bzw. „FAST“.

Bremsfunktionen

Um die Bremsfunktionen zu wählen, stelle den vorderen Schalter auf „×“ bzw. „STOP“.

C) Funktionsweise

1) Widerstand

Ein Widerstand begrenzt den Stromfluss in einem Schaltkreis und gibt dabei Energie in Form von Wärme ab. Er wird z.B. bei der Spannungsteilung, der Regelung von Stromstärken und als Schutz für empfindliche Komponenten eingesetzt.

Widerstände haben oft 4 oder 5 farbige Ringe aufgedruckt, die als Farbcodes bezeichnet werden. Bei Widerständen mit 4 Ringen sind die ersten beiden Ringe der Wert, der dritte Ring ist der Multiplikator und der vierte Ring die Toleranz.

Der 150 Ω (Ohm) Widerstand im varikabo Bausatz begrenzt den Strom der durch die zwei LEDs fließt. Der erste braune Ring steht für die „1“, der grüne für die „5“, der zweite braune für „mal 10“ und der goldene Ring für die Genauigkeit von ±5 %.

Das Schaltzeichen für einen Widerstand:

2) LEDs

Leuchtdioden (LEDs), sind elektronische Bauteile, die elektrische Energie in Licht umwandeln, indem sie Elektronen durch eine Halbleiterschicht leiten.

Sie sind für ihre Energieeffizienz, Langlebigkeit und kompakte Größe bekannt und daher eine beliebte Alternative zu Glüh- und Leuchtstofflampen.

LEDs müssen richtig gepolt sein. Das kürzere Beinchen markiert den negativen Anschluss (Kathode). Die zweifarbigen LEDs von varikabo leuchten jedoch in beide Richtungen.

A Anode (+)
K Kathode (–)

Außerdem benötigen LEDs einen Vorwiderstand, der in Reihe mit der LED geschaltet wird, um den durch sie fließenden Strom zu begrenzen.

Das Schaltzeichen für eine LED:

3) Transistoren

Ein Transistor ist ein grundlegender elektronischer Verstärker mit den drei Anschlüssen:
Basis (B), Emitter (E) und Kollektor (C)

Als Verstärkungsfaktor ß bezeichnet man das Verhältnis zwischen dem Kollektorstrom I_C am Ausgang und dem Basisstrom I_B am Eingang.

Um varikabos Motoren mithilfe der Sensorsignale steuern zu können werden sogenannte Darlington-transistoren verwendet. Diese verfügen über eine besonders hohe Stromverstärkung von ß = 30000.

Ein Motor und die zwei LEDs benötigen zusammen einen Strom von ca. 30 mA (Milliampere). Hierfür reicht ein Basisstrom von nur 1 µA (Mikroampere).

30 mA / 30000 = 0,001 mA = 1 µA

Die Pinbelegung ist bei anderen Herstellern evtl. unterschiedlich.

Bei einer ausreichend hohen Spannung zwischen Basis und Emitter von etwa U_{BE} = 0,7 V (V = Volt), verringert ein Transistor den Widerstand zwischen Kollektor und Emitter und er schaltet durch.

Darlingtontransistoren beinhalten bereits zwei hintereinander geschaltete Transistoren. Daher benötigen sie ca. U_{BE} = 1,4 V, um durchzuschalten.

Damit varikabos Motoren gegengleich auf die linken und rechten Sensorsignale reagieren, werden komplementäre Transistoren genutzt. NPN Transistoren (T_2) benötigen eine positive Spannung U_{BE} und PNP Transistoren (T_1) eine negative Spannung U_{BE} um durchzuschalten.

4) Kollektorschaltung

Es gibt 3 Grundschaltungen mit einem Transistor: Die Basis-, die Emitter- und die Kollektorschaltung. varikabo nutzt die s.g. **Kollektorschaltung**. Diese wird so genannt, weil der Kollektor (C) an einer konstanten Spannung (Batteriespannung) anliegt.

Die Spannungsverstärkung ist dabei kleiner als 1, die Stromverstärkung ist jedoch sehr groß.

Weil die Emitter-Spannung U_E der Spannung an der Basis U_B bis auf die Differenz von U_{BE} folgt, nennt man diese Schaltung auch **Emitterfolger**.

Die Abbildung unten links zeigt eine einfache Kollektorschaltung mit einem NPN Transistor, einer Batterie und einem Motor. Unten rechts ist die entsprechende Schaltung mit einem PNP Transistor zu sehen.

Der Strom fließt jeweils in Richtung des schwarzen Pfeiles des Transistors von Plus nach Minus.

Mit der Steuerspannung U_B und einem sehr kleinen Strom I_B kann so die Spannung U_E und damit die Geschwindigkeit des Motors gesteuert werden.

Die roten Pfeile kennzeichnen die Spannungen.

Dabei ist zu sehen, dass die Spannung am Motor (U_E) um die Basis-Emitter-Spannung (U_{BE}) kleiner ist als die Basisspannung (U_B).

$U_E = U_B - U_{BE} = U_B - 1.4\ V$

5) Fototransistoren

varikabos Sensoren sind s.g. Fototransistoren (FT). Diese kannst du dir vereinfacht als einen veränderlichen Widerstand vorstellen, dessen Widerstandswert bei zunehmender Helligkeit kleiner wird.

Ihr Aufbau ähnelt jedoch eher einem Transistor. Anstatt eines Anschlusses an der Basis verfügt ein Fototransistor über eine lichtempfindliche Fläche. Die Stärke des Lichteinfalls bestimmt die Leitfähigkeit zwischen Kollektor (C) und Emitter (E).

Neben sieht man, dass varikabos Fototransistoren FT_2, FT_3 und FT_1 alle miteinander verbunden sind. Eine solche **Reihenschaltung** von (veränderlichen) Widerständen ergibt einen s.g. **Spannungsteiler**. Dieser teilt die Versorgungsspannung der 9 V Batterie abhängig von der Beleuchtung der entsprechenden Fototransistoren auf.

Die variablen Spannungen U_1 und U_2 steuern (über die Transistoren) die Geschwindigkeiten von varikabos Motoren.

Zwei Beispiele:

- Sind alle 3 Sensoren exakt gleich stark beleuchtet, so teilt sich, unabhängig von der allgemeinen Helligkeit, die Versorgungsspannung gleichmäßig auf:
  $U_2 = U_3 = U_1 = 3$ V
- Wäre der mittlere Sensor FT_3 viermal heller als FT_2 und FT_1 beleuchtet, würde an FT_3 eine viermal kleinere Spannung abfallen und sich die Versorgungsspannung somit wie folgt aufteilen:
  $U_2 = 4$ V, $U_3 = 1$ V, $U_1 = 4$ V

U_1, U_2 und U_3 verhalten sich zur jeweiligen Beleuchtung umgekehrt proportional.

6) Die Steuerschaltung

Je nachdem, wie die Sensoren über den Schalter S_2 mit den Transistoren verbunden sind und ob die Sensoren FT_1 und FT_2 parallel oder überkreuzt angeordnet sind, ergeben sich die vier grundlegende Steuerungsvarianten.

- Beschleunigungsmodus / Bremsmodus
- Schattenfolger / Lichtfolger

Im Schaltplan sind die seitlichen Sensoren FT_1 und FT_2 als Schattenfolger angeordnet.
Der Wahlschalter S_2 befindet sich in der Stellung für den Beschleunigungsmodus.

Wenn auf den mittleren Sensor FT_3 weniger Licht fällt, schalten beide Transistoren mehr durch und die Motoren werden schneller. Wäre der Schalter S_2 hingegen in der gekreuzten Stellung, so würden die Motoren entsprechend langsamer werden.

Fällt z.B. auf den Sensor FT_2 mehr Licht, so steigt die Spannung an beiden Transistoreingängen. Der Motor M_2 wird dann schneller und M_1 langsamer.

Demzufolge wendet sich varikabo vom Licht ab. Wären die Sensoren hingegen überkreuzt angeordnet, so würde varikabo auf das Licht zufahren.

Die beiden zweifarbigen LEDs sind mit dem Widerstand in Reihe geschaltet und zwischen den Transistoren angeordnet. Sie leuchten rot, wenn der Strom durch beide Transistoren fließt und blau, wenn der Strom in die andere Richtung durch die Motoren fließt, sofern diese stillstehen.