„Gaston !“ - Bauanleitung für einen Getränkeservierroboter

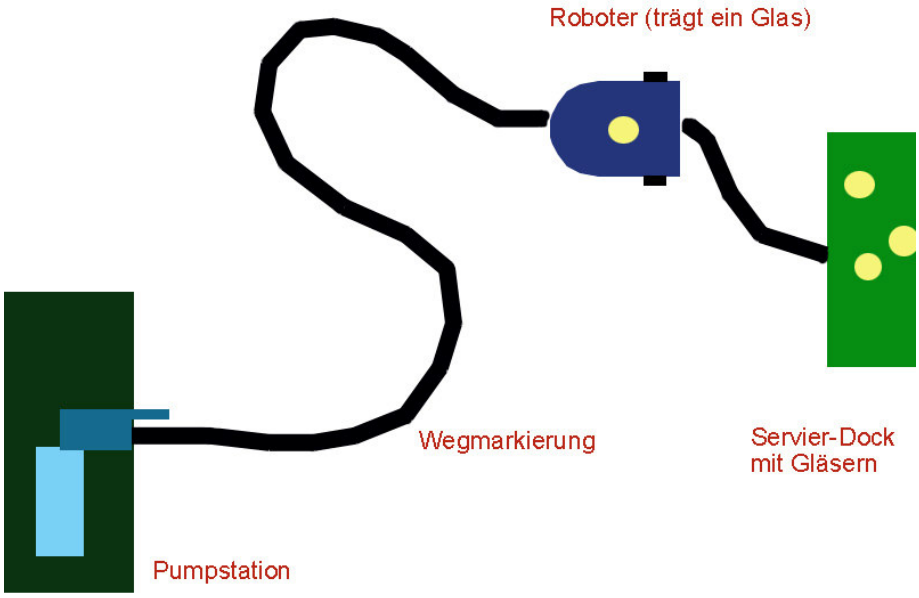
von Christoph Veigl

Projektidee

Elektronische Steuerungen sind im modernen Haushalt schon allgegenwärtig. Täglich kommen weitere Entwicklungen der Technik und neue Roboter auf den Markt. Deren Funktionsweise ist aber nur wenigen Menschen klar, ihre Schaltkreise werden nur von Experten verstanden. Ziel dieses Projektes ist es, eine einfache programmierbare Schaltung anzufertigen, die eine nachvollziehbare aber beeindruckende Aufgabe bewerkstelligt: Sie steuert den kleinen Roboter ‚Gaston’, der ein Glas mit einem Getränk befüllen und es servieren kann. Zur Umsetzung des Projektes wird Basiswissen im Umgang mit dem Lötkolben und dem Computer empfohlen, mit etwas Unterstützung können es aber auch Hobby-Robotiker im Alter von 13-16 Jahren bewerkstelligen.

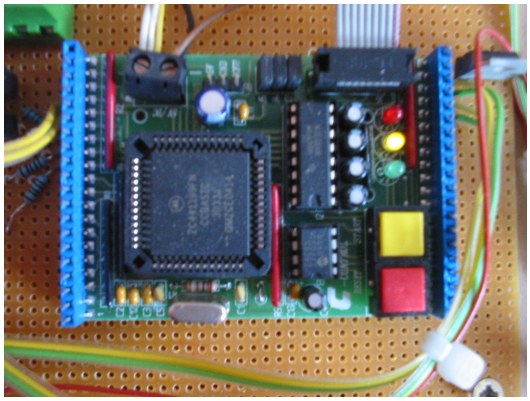
Bitte ein Getränk !

Gaston wartet an der Startposition, bis ein leeres Glas auf seiner Servierplattform abgestellt wird. Dann beginnt der Robot seine Fahrt entlang einer Linienmarkierung, die ihn zu einem Getränkebehälter mit Pumpe führt. Die Pumpe kann durch ein Lichtsignal aktiviert werden, das Gaston mit einer Leuchtdiode aussendet. Durch die Dauer des Lichtsignals kann der Roboter die Füllmenge des Glases bestimmen. Nach der Befüllung dreht der Roboter wieder um und fährt zurück zur Startposition, wo das Glas serviert wird.



Das Servierdock und die Pumpstation haben Grundflächen aus Holz, die genug Masse haben, sodass sie durch das Andocken des Roboters nicht verschoben werden. Die Halterung des Flüssigkeitsspenders ist so eingerichtet, dass sich das Schlauchende genau über der Mitte des Glases befindet, wenn der Roboter an der Pumpstation andockt. Hier entscheiden wenige Zentimeter zwischen Erfrischungsgetränk und „Robot-Dusche“…

Wie funktioniert ‚Gaston' ?
Das Herzstück des Roboters ist eine programmierbare Steuereinheit (Mikrocontroller). Mikrocontroller dienen zur Auswertung von Sensoren und zur Ansteuerung von Motoren, Lichtern oder anderer Verbraucher, die für den jeweiligen Zweck benötigt werden. Es sind verschiedene Typen von Controllern erhältlich, hier wird die C-Control-Unit von Conrad Elektronik eingesetzt, die zwar teuer aber einfach zu verwenden ist. Als Programmiersprache kommt BASIC zum Einsatz. Das Programm wird auf einem Standard-PC (Desktop oder Laptop) geschrieben und mit einem USB- oder RS232-Kabel in den Mikrocontroller überspielt, wo es auch ohne Batterieversorgung erhalten bleibt und beim Einschalten des Roboters gestartet wird. Die C-Control-Unit besitzt 16 digitale Ein- oder Ausgänge (für Schalter oder Verbraucher) sowie 8 Anschlüsse für das Einlesen von analogen Messwerten (Sensoren).

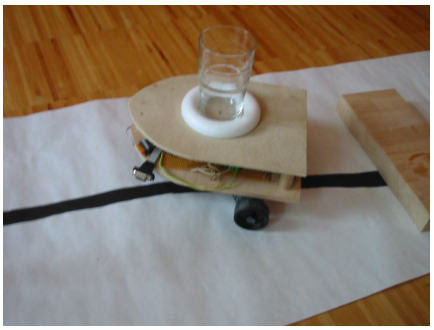


Die Abbildung zeigt die C-Control-Unit.
Sie wird mittels Stiftleisten, die in die blauen Kontakbuchsen eingreifen, mit der Lochrasterplatine verbunden. Die Kontakte zu den Ein- und Ausgägnen des Controllers sind dadurch an der Unterseite für Lötverbindungen zugänglich.
Die gelbe Taste startet die Ausführung des Programms, die rote Taste unterbricht die Ausführung und gibt die Unit zur neuen Programmierung frei.

Der Roboter braucht für seine Aufgaben folgende zusätzliche Komponenten:

1. Zwei Motoren + Räder, um forwärts fahren und sich drehen zu können
2. Batterien oder Akkus, um die Schaltung und Motoren versorgen
3. einen Sensor für die Linienmarkierung. Der Sensor besteht aus einer Leuchtdiode (LED) und einem Phototransistor, der das reflektierte Licht mißt
4. zwei Schalter, als Sensoren für das Glas und für das Andocken
5. eine Leuchtdiode zum aktivieren der Pumpstation
6. für die Pumpstation einen lichtempfindlicher Schalter, eine Pumpe für trinkbare Flüssigkeiten und eine Batterie

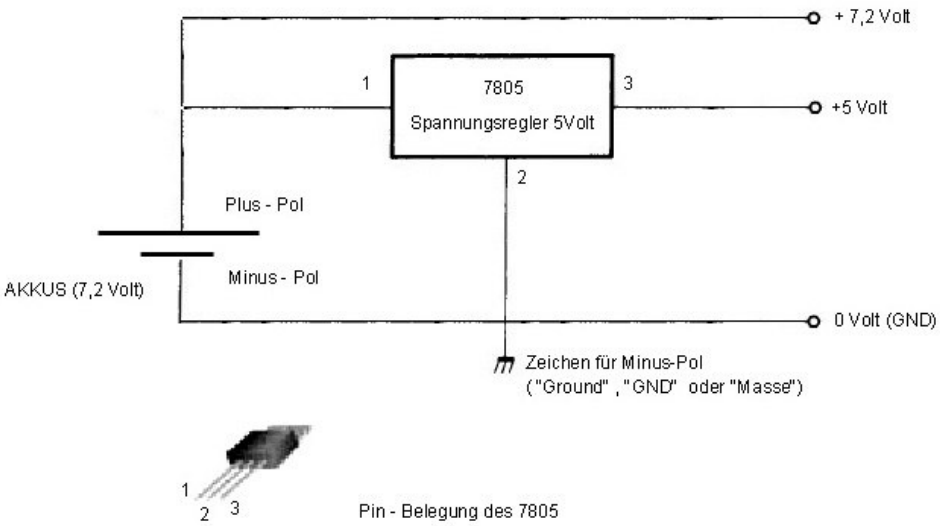
Der Mikrocontroller alleine kann noch keine Motoren betreiben, er benötigt dazu stärkere Bauteile wie Transistoren oder Relais, die der Motorleistung standhalten. Bei der Herstellung der Schaltung werden diese Bauteile in die Lochrasterplatine gesteckt und an den Mikrocontroller angelötet. (siehe Schaltplan). Die Elektronik für den lichtempfindlichen Schalter der Pumpstation wird ebenso auf einer kleinen Lochrasterplatine aufgebaut.
Das Gerüst der Pumpstation und die Grundplatte des Roboters werden aus Holz gefertigt.
Der letzte Arbeitsschritt ist die Programmierung.



Die elektronischen Schaltkreise

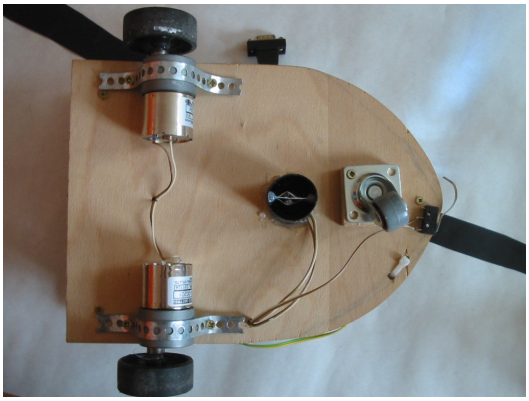
1. Bereitstellung der Betriebsspannung

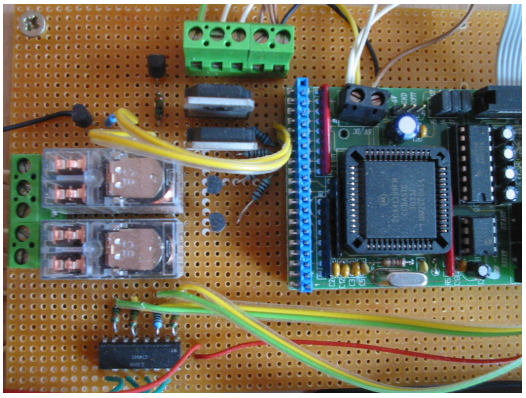
Sechs 1,2V – Akkus werden in Serie (=hintereinander) geschaltet, dies ergibt ca. 7,2 V Gesamtspannung für die Verbraucher. Ein Spannungsregler (7805) stellt eine konstante 5V-Spannung her, die zur Versorgung des Mikrocontrollers (C-Control), der Leuchtdioden und auch für die Motoren dient. Ein Akku speichert ca. 1500 mAh Strom, der Dauerbetrieb des Roboters ist mit einem Akku-Satz für mehrere Stunden möglich.



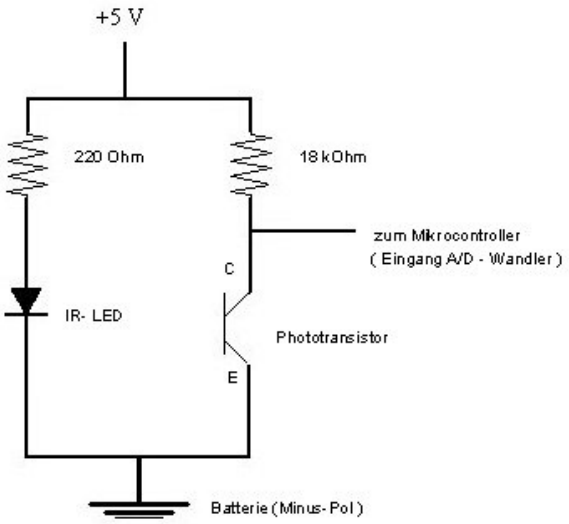
2. Ansteuerung der Motoren

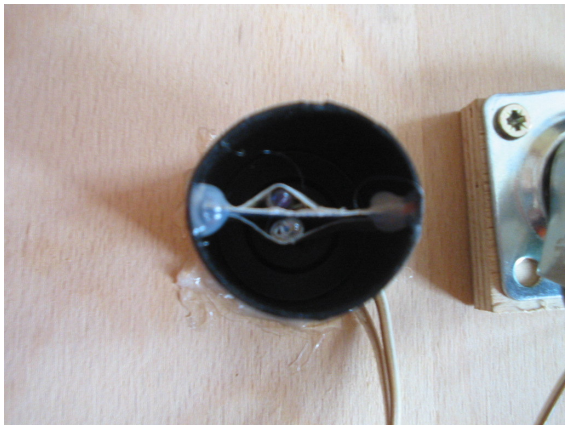
durch 2 starke Transistoren (TIP141) können die Motoren vom Mikrocontroller eingeschaltet werden. Ein Transistor hat drei Anschlüsse und funktioniert wie ein elektronischer Schalter: durch eine kleine Steuerspannung an der Basis (B) wird eine leitende Verbindung zwischen Emitter (E) und Kollektor (C) hergestellt. Diese Verbindung hält im Vergleich zum Mikrocontroller stärkere Stromflüsse aus.
Um auch rückwärts fahren und drehen zu können, wird pro Motor ein Relais benötigt, das die Stromrichtung umpolen kann. Das Relais wird ebenfalls über einen Transistor am Controller angeschlossen. Zum Schutz der Transistoren wird zwischen der Verbindung von der Basis zum Mikrocontroller ein Vorwiderstand eingelötet, der zur Strombegrenzung dient.



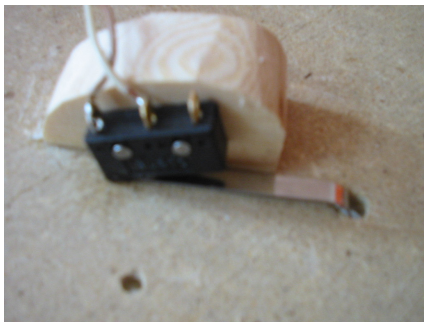


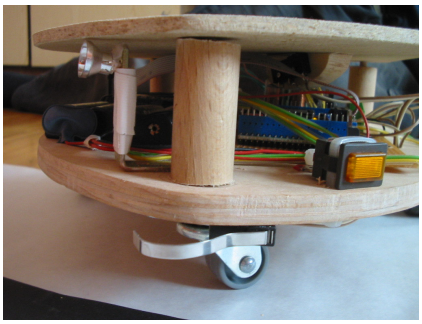
3. Hell/Dunkel-Detektor aus IR-LED und Fototransistor
Der Roboter findet seinen Weg zur Pumpstation durch die Linienmarkierung am Boden. Ein Sensor an der Bodenplatte ermöglicht es, immer entlang der Hell/Dunkel-Grenze der Markierung zu fahren. Der Sensor besteht aus einer Infrarot Leuchtdiode, die Licht in Richtung Boden aussendet, und einem IR-Fototransistor, der je nach reflektierter Lichtmenge seine Leitfähigkeit ändert. Diese Leitfähigkeit kann mit dem Mirkrocontroller gemessen werden, das Programm steuert die Räder zur entsprechenden Richtungskorrektur.



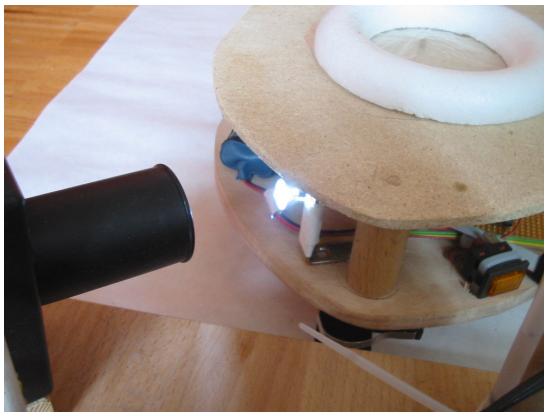


4. Mikroschalter für Glas- und Kollisions-Erkennung
Die Mikroschalter melden der Steuereinheit, ob ein Glas abgestellt ist, oder ob am Bug des Roboters eine Kollision stattfindet (bei der Pumpstation und bei der Servier-Station). Die Mikroschalter können direkt an den Controller angeschlossen werden. Für den Glas Sensor wird in die Servierplattform ein kleines Loch gebohrt, dass groß genug ist, dass die aufgebogene Metallitze des Mikroschalters hindurchpasst und etwas emporragt. Dadurch wird der Schalter durch ein abgestelltes Glas betätigt. Ein Styroporring grenzt die Stellfläche ein (es ist wichtig, dass das Glas exakt in der Mitte steht). Eine lose eingelegte Plastikfolie schützt die Elektronik vor heruntertropfender Flüssigkeit.

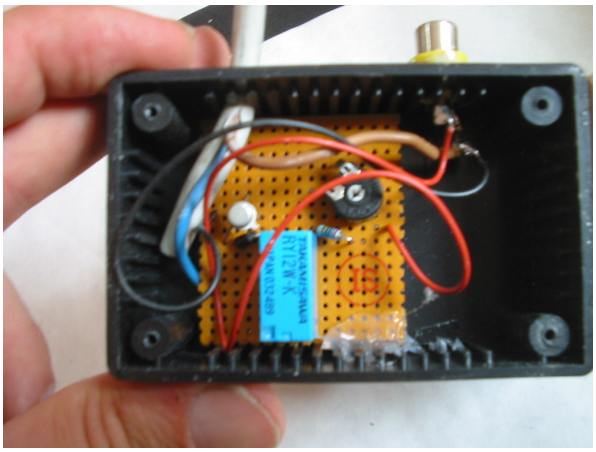


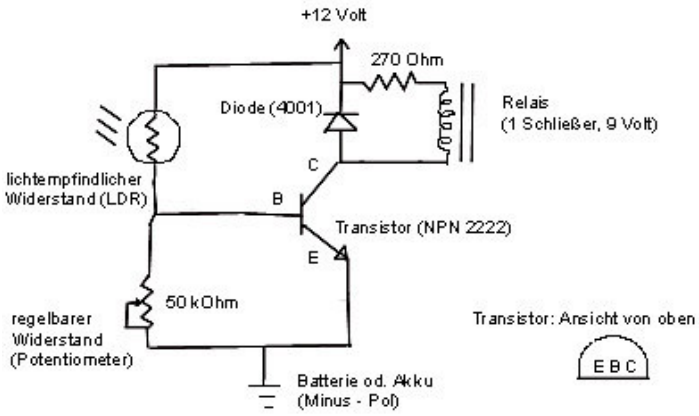


5. Helle Leuchtdiode mit Vorwiderstand
Diese LED wird seitlich am Roboter montiert, und dient dazu, den lichtempfindlichen Schalter an der Pumpstation auszulösen. Der Vorwiderstand dient zur Strombegrenzung. Da die helle LED relativ viel Strom braucht, wird sie ebenfalls über einen Transistor an den Controller angeschlossen.



6. Der Aufbau des lichtempfindlichen Schalters:
Ähnlich dem Fototransistor ändert ein lichtempfindlicher Widerstand seine Leitfähigkeit, wenn er mit sichtbarem Licht bestrahlt wird. Hier wird die Steuerspannung des Transistors direkt von dieser Leitfähigkeit beeinflußt: Ab einem gewissen Wert schlatet der Transistor durch, und das Relais schießt mechanisch einen Kontakt: Die Pumpe erhält Strom. Der Helligkeitswert, ab dem der Schalter anspricht, kann mit einem regelbaren Widerstand eingestellt werden, und sollte möglichst hoch gewählt sein, sodaß die Pumpe nur dann in Betrieb geht, wenn der Roboter direkt mit der Leuchtdiode einstrahlt. Das Gehäuse und eine kleine Röhre aus einer Fotodose dienen als Schutz vor seitlichen Einstrahlungen.





Programmierung
Die C-Control-Unit wird am PC in Basic programmiert. Zuerst werden Namen für die angeschlossenen Schaltkreise definiert. Eine mögliche Lösung für die Aufgaben „Warten auf Glas“, „Fahren entlang der Linie“, „Tanken“ und „Umdrehen“ ist im folgenden beschrieben, die Kommentare stehen nach einem einfachen Hochkomma und dienen nur zum besseren Verständtnis.

Das Programm in Basic:

```
' Beginn des C-Control/BASIC-Programms  “gaston.BAS”

' Definition der Mikrocontroller - Ausgänge :

  define m1ri port[9]      ' Motor 1 Richtung (Transistor BC547, Relais)
  define m2ri port[10]     ' Motor 2 Richtung (Transistor BC547, Relais)
  define m1 port[11]       ' Motor 1 Stromversorgung (Transistor TIP141)
  define m2 port[12]       ' Motor 2 Stromversorgung (Transistor TIP141)
  define licht port[13]    ' helle LED (Transistor BC547)

' Definition der Mikrocontroller - Eingänge :

  define sensor ad[3]         ' Phototransisor an Analog-Digital-Wandler 3
  define bumper1 port[16]     ' Mikroschalter für Kollisionssensor
  define bumper_glas port[15] ' Mikroschalter für Glassensor

'Hier startet die Programmausführung (Hauptprogramm)

  m1ri=0       '  beide Richtungen und Motoren 0 setzen
  m2ri=0
  m1=0
  m2=0
  licht=0            '  Licht ausschlalten

print "Gaston ready."

'---------- Schleife (Endlos)

#warte_glas        ' Licht blinken und warten bis Glas abgestellt
  licht=1
  pause 20
  licht=0
  pause 50
if bumper_glas<>0 then goto warte_glas

gosub umdrehen      ' von Wartepunkt wegdrehen
gosub fahre_linie   ' fahren entlang der Linie

pause 50
licht=1             ' tanken
pause 200           ' - " -
licht=0             ' ende tanken
pause 100           ' etwas warten

gosub umdrehen      ' von Pumpe wegdrehen
gosub fahre_linie    ' zum Wartepunkt zurückfahren

#glas_abheben        ' Warten, bis Glas abgenommen
if bumper_glas=0 then goto glas_abheben
goto warte_glas      '  Weiter mit Schleife: warten auch nächtes Glas

'------------Ende der Endlosschleife und des Hauptprogramms
```

```
#fahre_linie                            ' Fahren auf Linie bis zum Hindernis
if bumper1=0 then goto stop
if sensor < 80 then goto nicht_links   ' sensor >=80 : fahre nach links
m2=0
m1=1
goto fahre_linie

#nicht_links                            ' sensor < 80 : gerade oder rechts ?
if sensor > 60 then goto nicht_rechts  ' sensor <= 60 : fahre nach rechts
m2=1
m1=0
goto fahre_linie

#nicht_rechts                           ' sensor > 60 und < 80 : fahre gerade
m1=1
m2=1
goto fahre_linie

#stop
m1=0
m2=0
return

#umdrehen                               ' Unterprogramm zum Umdrehen
m1ri=1
m2ri=1
m2=1
m1=1
pause 30
m1=0
m2=0
m1ri=0
pause 20

m1=1
m2=1
pause 140
m1=0
m2=0
m2ri=0
pause 20
return
end
```

Materialien

- Mikrocontroller (programmierbare Steuereinheit): C-Control Unit
- 2 Mikroschalter für Glas- und Kollisionsdetektoren
- 2 Getriebemotoren (12V, 1 Umdrehung/sek.) und geeignete Räder
- Bauelemente zum Schalten der Motoren und zur Richtungsänderung:
  2x Transistor TIP141, 2 Relais mit doppeltem Wechsler
- Bauelemente für den lichtempfindlichen Schalter:
  1 Lichtempfindlicher Widerstand (LDR), 1 Widerstand 270 Ohm,
  1 Potentiometer 50 kOhm, 1 Diode 4001, 1 Relais (9V, 1 Schließer)
- sonstige Bauelemente: 3 x Transistor BC547,
  1 Spannungsregler 7805, 5 Widerstände 1 kOhm,
- Infrarotlicht-Diode (IR-LED) und Fototransistor für den Liniensensor
- Helle Leuchtdiode zum Betätigen der Pumpe
- Lebensmittelpumpe + Plastikschlauch, Getränkebehälter
- Grundplatte und Servierplattform aus Holz (Maße ca. 15x20x1cm)
- 1 Rundholz 50cm x 1,5cm; 1 Rundholz 10cm x 0,5cm
- 1 Fotodose, 1 Styroporring
- Aufladbare Batterien: 6 x 1,2V (Mignon) , 1 x 12 V
- Lötzinn, dünner isolierter Draht, 2 Lochrasterplatinen
- Befestigungsmaterial: 20 cm Lochblech, Schrauben, Klebstoff

Benötigtes Werkzeug:

- Schraubenzieher, kleine Zange bzw. Seitenschneider
- Säge (ev. Stichsäge), Bohrer (ev. Bohrmaschine)
- Lötkolben, ev. Absaugpumpe zum Entlöten

Die gesamten Materialkosten betragen ca. 130 Euro. Der Löwenanteil davon sind die ca. 75 Euro für die programmierbare Steuerung, die allerdings für andere Projekte wiederverwendet werden kann.

Yannick Schmidt mit seinem ‚Gaston'