Beleuchtungen an RC-Modellen sind immer eine Attraktion und verbessern die Sichtbarkeit und Lageeinschätzung eines Modells insbesondere bei Flugmodellen. Am Markt gibt es dazu einige Systeme, mir waren diese aber alle zu teuer, zu schwer und meist zu unflexibel. Deshalb habe ich "RClights4C" entworfen.

RClights4C

Eine 4-Kanal-Beleuchtungssteuerung für ferngesteuerte Modelle über einen RC-Kanal

Frank Scholl

Einführung

Die eigentliche Steuerelektronik wiegt nur 1,4g und ist auf einer 25 x 28 mm großen Leiterplatte untergebracht. Dazu kommen noch je nach Wunsch einige LEDs und deren Zuleitungen, für die man am besten Lackdraht verwendet, sodass man meist bei 4-5g Gesamtgewicht landet. Damit ist die Steuerung sowohl für Großmodelle als auch für kleine Hallenflieger geeignet. Außer Flugmodellen lassen sich natürlich auch Schiffe, Autos oder was einem sonst so einfällt beleuchten.

Mit nur einem freien RC-Kanal lassen sich 4 unabhängige Beleuchtungs-Kanäle schalten. Möglich ist das durch 16 Stufen, die man binär codiert über Mischer am Sender auf 4 Schalter legt. Wie das genau funktioniert ist weiter unten beschrieben.

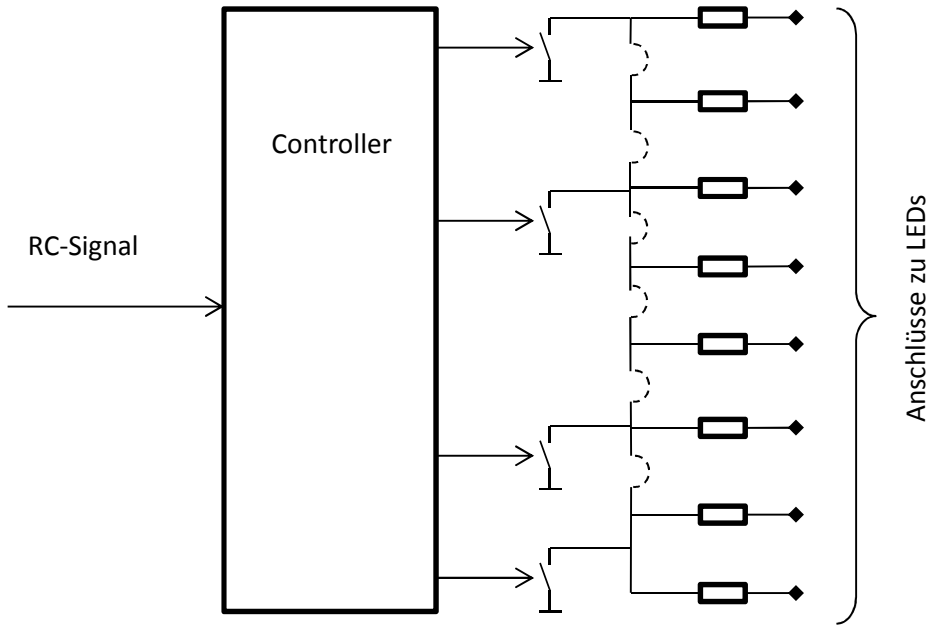
Die Leucht-Muster jedes der 4 Ausgänge, also die Anzahl der Lichtpulse, deren Dauer und Pausenzeiten lassen sich über den Sender ändern. So kann man z.B. einen Landescheinwerfer als Dauerlicht konfigurieren, die Anzahl und Länge der Strobe-Light-Blitze ändern oder die Art der Navigations- oder ACL-Lichter anpassen.

Hat man keinen freien Empfängerausgang zur Verfügung, kann man RClights4C alternativ auch über einen Taster steuern, den man statt des Empfängers anschießt. Damit lassen sich nacheinander alle 4 Kanäle ein- und wieder ausschalten.

Funktions-Prinzip

Die nachfolgende Skizze zeigt das Prinzip der Schaltung:

Prinzipschaltung



Ein Controller decodiert das Signal eines RC-Empfänger-Ausgangs und schaltet 4 Ausgänge unabhängig voneinander gegen GND. Das RC-Signal wird dabei in 4 „Sub-Kanäle“ zerlegt, die jeweils einen Ausgangskanals aktivieren. Je nach Konfiguration kann der Ausgang permanent oder als Pulsfolge (Blink-Muster) geschaltet werden.

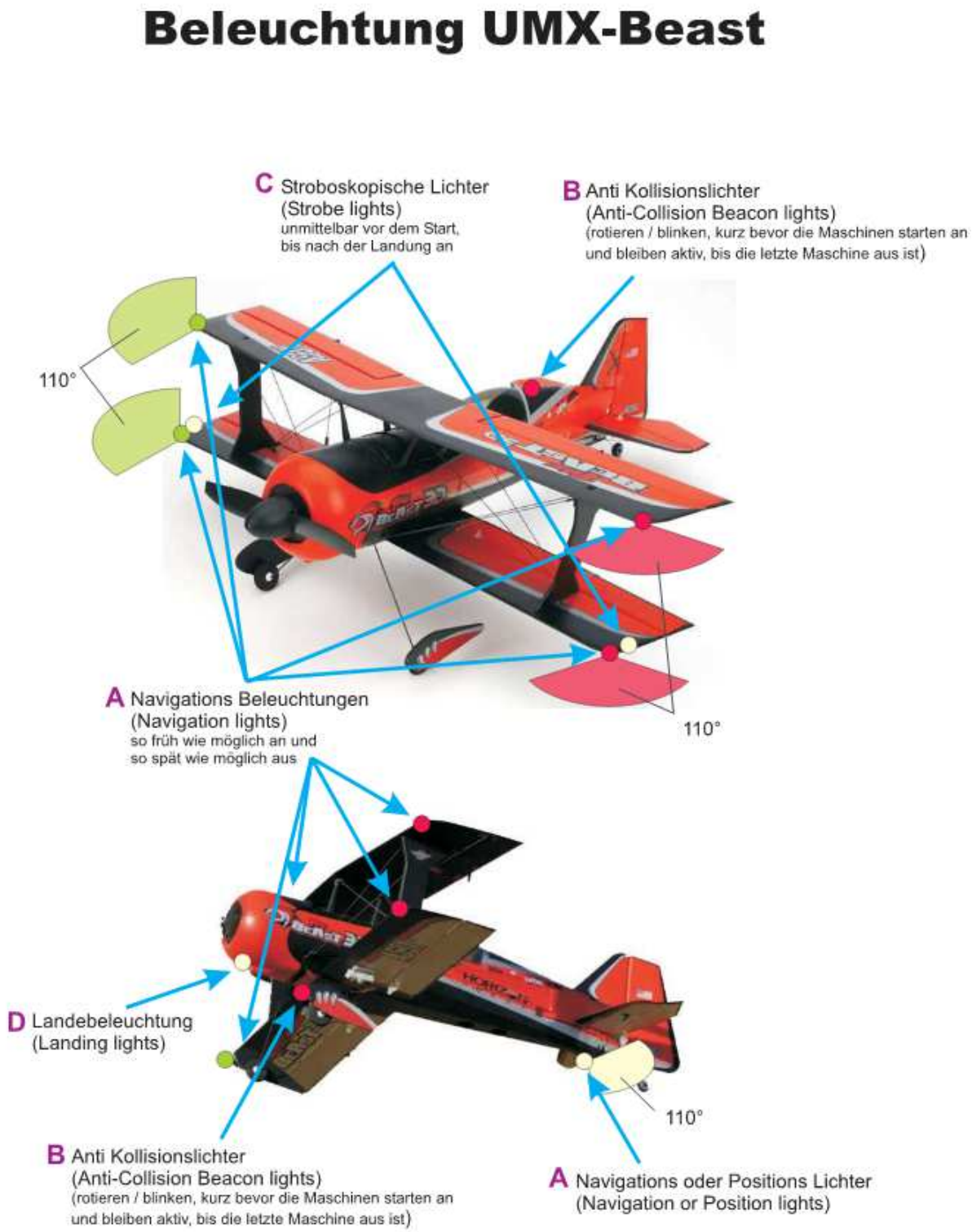
Dahinter liegen 8 Widerstände, die zu den LEDs führen. Im Gegensatz zu aufwändigeren Stromregelungsschaltungen, wie man sie in vielen käuflichen Steuerungen vorfindet, werden je nach Batteriespannung (1S-, 2S-, 3S-Lipo, …) LED-Farbe (unterschiedliche Flussspannungen!) und Anzahl in Reihe geschalteter LEDs unterschiedliche Widerstandswerte benötigt.

Die Ausgangsschalter können über Lötbrücken (gestrichelte Bögen) miteinander verbunden werden. So kann ein Schalter eine einzelne oder mehrere unterschiedliche LEDs bedienen. Die Schalter dürfen sogar untereinander verbunden werden, wenn man z.B. verschiedene Blinkmuster kombinieren oder den Ausgangsstrom erhöhen möchte.

Wegen dieser Konfigurationsmöglichkeiten kann eine Platine nicht so bestückt werden, dass sie alles abdeckt. Vielmehr bestimmen Batteriespannung, Art und Anzahl der LEDs was bestückt werden muss. Wie das bestimmt wird, ist weiter unten im Abschnitt „Auswahl der Widerstände“ beschrieben.

Beispiel-Konfiguration

Das UMX-Beast von Horizon-Hobby habe ich mit folgender Beleuchtung ausgestattet. Das ist vielleicht nicht ganz üblich für einen Doppeldecker, aber hier geht es hauptsächlich um den Spaßfaktor. Außerdem ist es sehr hilfreich für die Sichtbarkeit bei Dämmerung.



Luftfahrt-Vorschriften, Variationen

Bei Flugzeugen sind folgende Beleuchtungseinrichtungen vorgeschrieben:

- Navigations Beleuchtungen (Navigation lights)
  Diese sollen so früh wie möglich an und so spät wie möglich ausgeschaltet werden.
  Sie befinden sich an den Tagflächenenden und am Heck. Auf der rechten Seite sind sie grün, links rot und am Heck weiß.
  Mit einem Abstrahlwinkel von 110° in der Ebene decken sie zusammen alle Seiten des Flugzeugs ab.
- Anti Kollisionslichter (ACL, Anti-Collision oder Beacon lights)
  Diese roten Lichter rotieren oder blinken. Kurz bevor die Maschinen starten werden sie angeschaltet und bleiben aktiv, bis die letzte Maschine aus ist.
- Stroboskopische Lichter (Strobe lights)
  Diese sollen erst unmittelbar vor dem Start angeschaltet werden, da sie das Bodenpersonal blenden können. Sei bleiben bis nach der Landung an.
- Landebeleuchtung (Landing lights)
  Die Landescheinwerfer werden wie der Name schon sagt bei Start und Landeanflug eingeschaltet.

Siehe auch Links zu Informationen im Internet am Ende dieses Dokuments.

Einrichten des RC-Senders

Zur Ansteuerung muss der Sender so programmiert werden, dass über einzelne Schalter jeweils ein Ausgangskanal aktiviert wird.
Der verwendete Sender sollte dafür die Möglichkeit haben, 4 Schalter über Mischer frei auf einen Empfängerausgang zu programmieren. Bei weniger verfügbaren Schaltern lassen sich weniger Leuchtkanäle steuern.

Das RC-Signal aus dem Empfängerausgang, das per Definition eine Pulsbreite zwischen 1ms und 2ms hat, wird dazu in 16 Bereiche unterteilt.
Diese Bereiche werden im Sender als 0%..100% bzw. -100%..+100% angezeigt.

Der erste Schalter, der für den Ausgangskanal 1 zuständig ist, bestimmt ob die Pulslänge zwischen 1,0..1,5ms oder zwischen 1,5..2ms, also in der unteren oder oberen Hälfte der 16 möglichen Pulslängen liegt.
Der zweite Schalter für den Ausgangskanal 2, bestimmt ob die Pulslänge jeweils in der unteren oder oberen Hälfte der beiden durch Kanal 1 definierten Bereiche liegt, also zwischen 1,0..1,25ms bzw. 1,5..1,75ms oder zwischen 1,25..1,5ms bzw. 1,75..2,0ms.
Die beiden Schalter für die Ausgangskanäle 3 und 4 unterteilen die vorigen Bereiche in gleicher Weise nochmals. Somit entstehen diskrete 16 Signalbereiche.

Die folgende Tabelle zeigt das ganze etwas anschaulicher.
Der maximale RC-Puls-Bereich (hier 0,8..2,2ms - entsprechend +/- 125% eines Senderkanals) wird in 2^4 = 16 gleiche Zeitbereiche unterteilt (Spalte „RC-Puls“).
Schalter 1 am Sender bestimmt nun, ob die Pulslänge größer oder kleiner als 1,5ms ist also der Empfängerausgang ein Signal zwischen -125%..0% oder 0%..+125% liefert (bzw.-25%..50% oder 50%..125% je nach Sendertyp), siehe rechte 2 Spalten.

<table>
<tr><td></td><td>Schalter 1</td><td>Schalter 2</td><td>Schalter 3</td><td>Schalter 4</td><td>RC-Puls</td><td colspan="2">Empfängerausgangssignal</td></tr>
<tr><td></td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td>>2216 µs</td><td>Typ A</td><td>Typ B</td></tr>
<tr><td>16</td><td rowspan="8">1</td><td rowspan="4">1</td><td rowspan="2">1</td><td>1</td><td>1960-2208µs</td><td>115,6% .. 125%</td><td>109,3% .. 125%</td></tr>
<tr><td>15</td><td>0</td><td>1896-1960µs</td><td>106,2% .. 115,6%</td><td>93,7% .. 109,3%</td></tr>
<tr><td>14</td><td rowspan="2">0</td><td>1</td><td>1832-1896µs</td><td>96,8% .. 106,2%</td><td>78,1% .. 93,7%</td></tr>
<tr><td>13</td><td>0</td><td>1768-1832µs</td><td>87,5% .. 96,8%</td><td>62,5% .. 78,1%</td></tr>
<tr><td>12</td><td rowspan="4">0</td><td rowspan="2">1</td><td>1</td><td>1704-1768µs</td><td>78,1% .. 87,5%</td><td>46,8% .. 62,5%</td></tr>
<tr><td>11</td><td>0</td><td>1640-1704µs</td><td>68,7% .. 78,1%</td><td>31,2% .. 46,8%</td></tr>
<tr><td>10</td><td rowspan="2">0</td><td>1</td><td>1576-1640µs</td><td>59,3% .. 68,7%</td><td>15,6% .. 31,2%</td></tr>
<tr><td>9</td><td>0</td><td>1512-1576µs</td><td>50% .. 59,3%</td><td>0% .. 15,6%</td></tr>
<tr><td>8</td><td rowspan="8">0</td><td rowspan="4">1</td><td rowspan="2">1</td><td>1</td><td>1448-1512µs</td><td>40,6% .. 50%</td><td>-15,6% .. 0%</td></tr>
<tr><td>7</td><td>0</td><td>1384-1448µs</td><td>31,2% .. 40,6%</td><td>-31,2% .. -15,6%</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="2">0</td><td>1</td><td>1320-1384µs</td><td>21,8% .. 31,2%</td><td>-46,8% .. -31,2%</td></tr>
<tr><td>5</td><td>0</td><td>1256-1320µs</td><td>12,5% .. 21,8%</td><td>-62,5% .. -46,8%</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="4">0</td><td rowspan="2">1</td><td>1</td><td>1192-1256µs</td><td>3,1% .. 12,5%</td><td>-78,1% .. -62,5%</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0</td><td>1128-1192µs</td><td>-6,2% .. 3,1%</td><td>-93,7% .. -78,1%</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">0</td><td>1</td><td>1064-1128µs</td><td>-15,6% .. -6,2%</td><td>-109,3% .. -93,7%</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>800-1064µs</td><td>-25% .. -15,6%</td><td>-125% .. -109,3%</td></tr>
<tr><td></td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td>ungültig</td><td><800 µs</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Für jede der 16 möglichen Signalbereiche wird also eine bestimmte Kombination der Ausgänge aktiviert.

Beispiele:

- Bei [1] entsprechend -25% .. 15,6% bzw. -125% .. -109,3% sind alle Ausgänge ausgeschaltet.
- Bei [6] entsprechend 21,8% .. 31,2% bzw.-46,8% .. -31,2% ist Ausgang 1 aus, Ausgang 2 ein, Ausgang 3 aus und Ausgang 4 ein.
- Bei [16] entsprechend 115,6% .. 125% bzw. 109,3% .. 125% sind alle Ausgänge eingeschaltet.

Theoretisch könnte man noch eine weitere Unterteilung in 32 Bereiche vornehmen und damit das letzte verfügbare Pin des Controllers noch als weiteren Ausgang verwenden. Da anstatt eines externen Quarzes aber nur der interne Oszillator als Zeitbasis verwendet wird, der eine größere Toleranz hat, wurde darauf verzichtet. Bei zu feinen Unterteilungen kann es sein, dass sich Bereiche überschneiden und ein Kanal zu flackern beginnt.

Beispiel: Programmierung bei Graupner mc24

In diesem Beispiel schaltet der Schalter S1 den Ausgang 1 (Navi), S2 Ausgang2 (ACL), S3 Ausgang3 (Strobe) und S4 Ausgang4 (Landescheinwerfer).
Dazu werden folgende Mischer eingestellt:

					L Mixanteil H		Offset
LinearMIX 1		S → 6	S1 .\	=>	-50%	-50%	0%
LinearMIX 2		S → 6	S2 .\	=>	-25%	-25%	0%
LinearMIX 3		S → 6	S3 .\	=>	-13%	-13%	0%
LinearMIX 4		S → 6	S4 .\	=>	-6%	-6%	0%

	Umk	Mitte	- Servoweg +		- Begrenz. +	
Servo 6	=>	-6%	125%	125%	125%	125%

Die Änderung der Servomitte auf -6% bewirkt, dass das Signal immer etwa mittig in einem der 16 Signalbereiche liegt.

Beispiel: Programmierung bei Spektrum DX10t:

Hier wird ein 3-Stufen-Schalter (I) verwendet um Navi und ACL einzuschalten, zwei Einfach-Schalter (M, L) schalten Strobe und Landescheinwerfer ein. Der Ausgabekanal ist Fahrwerk bzw. Kanal5 (FW).

Mischer:

Mischer		Schalter	Rate	Versatz
P-Mi x 1:	-I- > FW	EIN	50% 100%	0%
P-Mi x 2:	-M- > FW	EIN	25% 100%	0%
P-Mi x 3:	-L- > FW	EIN	13% 100%	0%

Servoeinstellung Ausgabekanal (hier FW)

	- Servoweg +	
Servoweg	125%	125%
Sub Trim	+15	

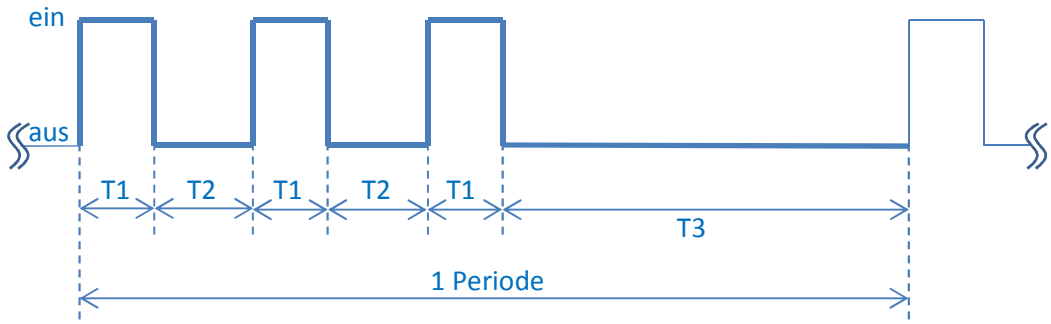
Die Änderung des Sub Trim auf 15 bewirkt, dass das Signal immer etwa mittig in einem der 16 Signalbereiche liegt.

Konfiguration der Lichtsignale über den RC-Sender

Der programmierte Controller ATtiny85 hat bereits eine Standard-Konfiguration:

- Kanal1 (über T4) schaltet bei Aktivierung dauerhaft ein. Das kann z.B. für die roten und grünen Navigationslichter an den Tragflächenenden verwendet werden.
- Kanal2 (über T3) gibt bei Aktivierung zwei Lichtpulse mit anschließender Pause aus. Das kann z.B. für die roten Anti-Kollisions-Lichter am Rumpf verwendet werden.
- Kanal3 (über T2) gibt bei Aktivierung einen kurzen Doppelblitz aus. Das kann z.B. für die weißen Stroboskop-Lichter an den Tragflächenenden verwendet werden.
- Kanal4 (über T1) schaltet bei wieder Aktivierung dauerhaft ein. Das ist für die Landescheinwerfer vorgesehen.

Darüber hinaus kann jeder Kanal aber auch individuell über den Sender programmiert werden. Man wählt dabei zwischen Dauerlicht oder 1 bis 5 Lichtpulsen. Die Lichtpulse können eine Dauer T1 von einem der Werte aus Tabelle1 haben, die Pausen dazwischen T2 können Werte aus derselben Tabelle haben. Leuchtdauer und Pause sind aber unabhängig und müssen nicht gleich sein. Nach den Pulsen erfolgt dann eine Pause T3 mit Werten aus Tabelle3.
Wem das nicht reicht, der kann die Zeiten im Programm-Code in der Datei „RClights4C.c“ in den Feldvariablen „OntimeValues“ und „OfftimeValues“ ändern.



Aufbau des Licht-Puls-Schemas

Ich habe mich für die Vorgabe von festen Zeiten entschieden, da dies einfacher zu konfigurieren ist als freie Werte:

T1, T2
10ms
20ms
50ms
100ms
200ms
300ms
500ms
1000ms

Tabelle1:
Zeiten für Pulsdauer T1 und Pulspause T2

T3
0ms
10ms
20ms
50ms
100ms
300ms
500ms
1000ms
1500ms
2000ms
3000ms

Tabelle2:
Zeiten für Pause nach den Pulsen T3

Um die Werte der einzelnen Kanäle zu ändern ruft man das Setup-Menü auf.
Dazu geht man folgendermaßen vor:

1. Innerhalb der ersten 10 Sekunden nach Einschalten der Empfängerspannung den Schalter **S1** (für Ausgangskanal 1) mindestens **5 Mal** schnell ein- und ausschalten.
   Bei Erfolg blitzen alle LEDs zweimal hintereinander auf.
   Alle Schalter sollten jetzt in Stellung "aus" stehen.

2. Man kann jetzt den ersten Ausgangs-Kanal einstellen. Dieser gibt seine aktivierte Pulsform nun ständig aus. Alle anderen Kanäle sind ausgeschaltet.
   Abhängig von der Stellung des Schalters S4 kann man nun mit S2 und S3 verschiedene Einstellungen des Kanals ändern:

   Ist der Schalter **S4 in Stellung "aus"**, dann

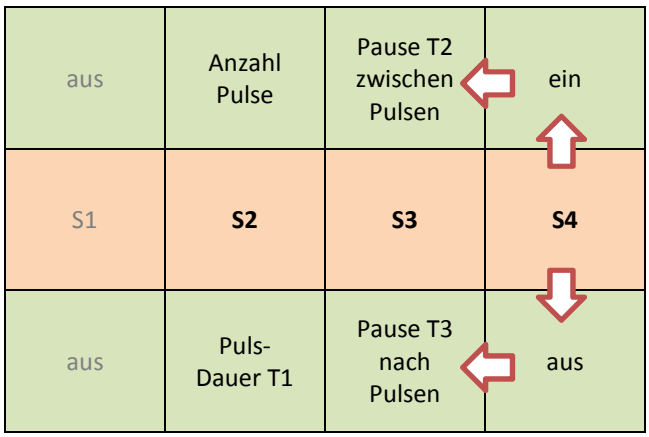
   a. Ändert man durch ein- und ausschalten von **S2** die **Länge der Pulse T1**.
   b. Ändert man mit **S3** die **Pause T3** nach den Pulsen.
      Wählt man mit S3 eine Pause von 0ms ist der Betrieb auf Dauerlicht eingestellt.
      Pulsdauer T1 und Pause T2 zwischen den Pulsen spielen dann keine Rolle mehr.

   Ist der Schalter **S4 in Stellung "ein"**, dann

   c. Ändert man durch ein- und ausschalten von **S2** die **Anzahl der Pulse**
   d. Ändert man mit **S3** die **Pause T2** zwischen den Pulsen.

3. Ist an diesem Kanal alles wunschgemäß eingestellt, schaltet man mit **S1** weiter zum nächsten Ausgangskanal.
   Nach dem letzten Kanal wird das Setup verlassen und der Controller geht zum Normalbetrieb über.

Die eingestellten Pulsfolgen bleiben auch nach Ausschalten erhalten.



Erläuterung der Schaltung

Kern der Schaltung ist ein 8-pinniger Atmel-Controller ATtiny85.
Dieser wertet das RC-Signal am Port PB2 aus und steuert über die Transistoren T1 bis T4 die externen LEDs an. Jeder Transistor BC846 kann bis zu 100mA Strom treiben, das reicht für gut 10 einzelne LEDs pro Kanal. Bei höheren Akkuspannungen kann man auch mehrere LEDs in Reihe schalten, das nutzt die Energie effizienter aus, kann aber dazu führen, dass die Helligkeit stärker mit dem Ladezustand schwankt.
Versorgt wird die Logik-Schaltung über den RC-Stecker X14 vom Empfänger. Dieser liefert 5V oder im Falle einer 1S-Lipo-Versorgung halt 3,3V..4,2V. Die LEDs versorgt man direkt aus der Batterie. Dazu dient der Verteiler X1, X2, X3, X4, X16. Bei 1S-Lipo-Versorgung entfällt diese Zusatzleitung, und man schließt VBATT mit VCC zusammen.
Die 8 Widerstände R1, R4, R6, R8, R11, R14, R15 und R16 bestimmen den Strom durch die an den 8 Anschlüssen X5, X6, X7, X8, X10, X11, X12 und X13. Sie müssen je nach LED-Farbe und –Typ und dem gewünschten Strom angepasst werden, siehe nächster Abschnitt.
Die Brücken B1 bis B6 sind auf der Leiterplatte zunächst nicht verbunden. Sie dienen dazu, mehrere Ausgangspins mit einem Kanal zu verbinden. Man schließt sie einfach mit Lötzinn. Lediglich X6 und X7 sind fest miteinander verbunden. Durch diese Brücken ist die Leiterplatte flexibler konfigurierbar.
Die Pullup-Widerstände R19 bis R26 bleiben unbestückt. Sie sind nur für den Fall vorgehalten, dass hocheffiziente LEDs mal nicht ganz ausgehen und durch Leckströme der Transistoren oder Verunreinigungen auf der Platine weiterglimmen. Dann könnte man z.B. 10kOhm bestücken und das Nachglimmen sollte beseitigt sein.
Statt der Standard-Transistoren BC846 können auch Digital-Transistoren im SOT23-Gehäuse verwendet werden. Dann entfallen diePulldown-Widerstände R3, R7, R10 und R13 und die Basis-Widerstände R2, R5, R9 und R12 werden überbrückt.

Leiterplatten-Bestellung

Bei verschiedenen Leiterplattenherstellern kann man mit den fertigen Gerberdaten direkt bestellen. Das die Leiterplatte sehr klein ist, sind die Gerberdaten so erzeugt, dass man drei Leiterplatten am Stück bekommt, die man durch brechen oder fräsen vereinzeln kann.

Aufbau und Bestückung, Stückliste

Der Aufbau der Elektronik erfordert etwas Erfahrung beim Löten, immerhin sind SMD-Bauteile der Bauform 0805 nicht ganz so einfach zu handhaben. Wer sich das nicht selbst zutraut, kennt vielleicht jemanden, der ihn dabei unterstützt.
Für die Stückliste sind nur einige Bauteile generell festgelegt:

Designator	Wert	Bemerkung	Bauform	Menge
C1, C2	100nF		0805	2
R1, R4, R6, R8, R11, R14, R15, R16	Werte nach Konfiguration		1206	8
R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26	-	i.d.R. unbest. / ggf. 10k	1206	8
R2, R3, R5, R7, R9, R10, R12, R13, R17, R18	10k		0805	10
T1, T2, T3, T4	BC846B		SOT-23	4
U1	ATtiny85	Low Power tinyAVR® 8-Bit Microcontroller, 4K Flash Memory, 10MHz	SOIC-8-L	1
X15	Pfostenstecker 2x3 1.27mm	Programmierung ISP6		1
B1, B2, B3, B4, B5, B6	Lötbrücke	je nach Konfiguration		6

Am besten ist es, wenn man den Controller vor der Bestückung in einem Adapter bereits programmiert. Dann kann der Programmierstecker X15 entfallen.

Auswahl der Widerstände

Die LED-Vorwiderstände R1, R4, R6, R8, R11, R14, R15 und R16 müssen je nach Akkuspannung und LED-Beschaltung individuell bestimmt werden.
Zur Vereinfachung habe ich die Excel-Tabelle „RClights4C.xlsx“ erstellt, mit der man die Widerstandswerte für alle Konfigurationen bestimmen kann. Die Tabelle ist geschützt, sodass man nur in den orange unterlegten Feldern Eintragungen vornehmen kann. Allerdings gibt es kein Passwort, man kann den Schutz also ggf. auch aufheben.
Wem das zu kompliziert ist, der findet vielleicht in einer der u.g. Beispiel-Konfigurationen schon etwas Passendes.
Zur Bestimmung der individuellen Widerstände geht man folgendermaßen vor:

- Schritt 1
  Im Tabellenblatt „Widerstandswerte ermitteln“ trägt man die minimale, nominale und maximale Zellspannung des Akkus ein, bei Lipo-Akkus z.B. 3,0V/3,7V/4,2V.
  Darunter die Anzahl der Zellen, bei einem 2S-Akku also „2“.
- Schritt 2
  LEDs haben je nach Farbe und Typ unterschiedliche Flussspannungen. Die Werte entnimmt man den Datenblättern der verwendeten LEDs. Meist genügen aber die voreingetragenen Werte.

Außerdem gibt man hier an, mit welchem Strom die LEDs jeweils betrieben werden sollen.
Moderne, hocheffiziente LEDs sind schon bei wenigen mA sehr hell. Mit 5-10mA macht man i.d.R. aber nichts falsch.
Verwendet man die vorgegebenen Transistoren BC846, kann man die Werte für Imax und Usat belassen.

- Schritte 3, 4, 5
  In den Spalten C, F, I und L wählt man für jeden Ausgang in den Zeilen 35, 38 usw. eine LED der gewünschten Farbe aus. Bei nur einer LED trägt man nur in Spalte C etwas ein, der Rest bleibt auf „n/a“. Will man 2 LEDs in Reihe schalten, wird auch in Spalte F etwas ausgewählt. Somit lassen sich bis zu 4 LEDs in Reihe schalten.
  In Spalte Q der entsprechenden Zeile wird der empfohlene Widerstandswert berechnet. Da nicht alle berechneten Werte erhältlich sind, wählt man den nächst gelegenen Wert anhand der E-Reihen (oder aus den Werten des Bauteile-Händlers) und trägt diesen in Spalte S ein.
  Spalte O gibt die Summe der LED-Flussspannungen an. Es versteht sich von selbst, dass diese Spannung kleiner sein muss, als die Akku-Spannung. Ist sie zu hoch, wird beim empfohlenen Widerstandswert ein Fehler angezeigt. In diesem Fall muss man weniger LEDs in Reihe schalten oder LEDs mit geringerer Flussspannung verwenden. Bei 1S-Akkus sind weiße und blaue LEDs wegen ihrer hohen Flussspannung eher ungeeignet.
  Je höher die Differenz zwischen Akkuspannung und der Summe der LED-Spannungen ist, desto konstanter ist der Strom und damit die Leuchtstärke der LEDs über den Verlauf der Akku-Entladung. Allerdings steigt damit auch die Verlustleistung in den LED-Vorwiderständen. Diese wird zum verwendeten Widerstandswert bei voll geladenem Akku in Spalte W angegeben. Ist sie zu hoch (größer als 250mW) wird der Wert rot unterlegt. In diesem Fall kann man entweder mehr LEDs in Reihe schalten, eine kleinere Akkusspannung wählen oder einen zusätzlichen externen Widerstand dazwischen schalten.
- Schritt 6
  In Spalte B, Zeilen 36, 39 usw. wählt man aus, ob die Brücke zwischen den Anschlüssen geschlossen ist. Sind alle Brücken geschlossen, dann überlagern sich die Signale aller Kanäle. Das ist zwar möglich und führt zu keiner Überlastung, dürfte aber wahrscheinlich selten gewünscht sein.
- Schritt 7
  Schließlich sollte man die Stromwerte in den Feldern E62-E65 prüfen. Sind sie zu hoch, werden die Transistoren überlastet und es wird ein Fehler in der Splate F nebenan angezeigt.

Etwas Aufwand an dieser Stelle, dafür lässt sich die Steuerung aber sehr individuell an die jeweiligen Bedürfnisse anpassen.

Als LEDs können moderne hocheffiziente LEDs verwendet werden. Diese brauchen wenig Strom, haben aber meist einen kleinen Abstrahlwinkel, sodass sie nicht von allen Seiten gut sichtbar sind aber beim direkten Blick blenden können. Oft besser geeignet sind daher LEDs mit breitem Abstrahlwinkel und diffusem (opak) Körper.

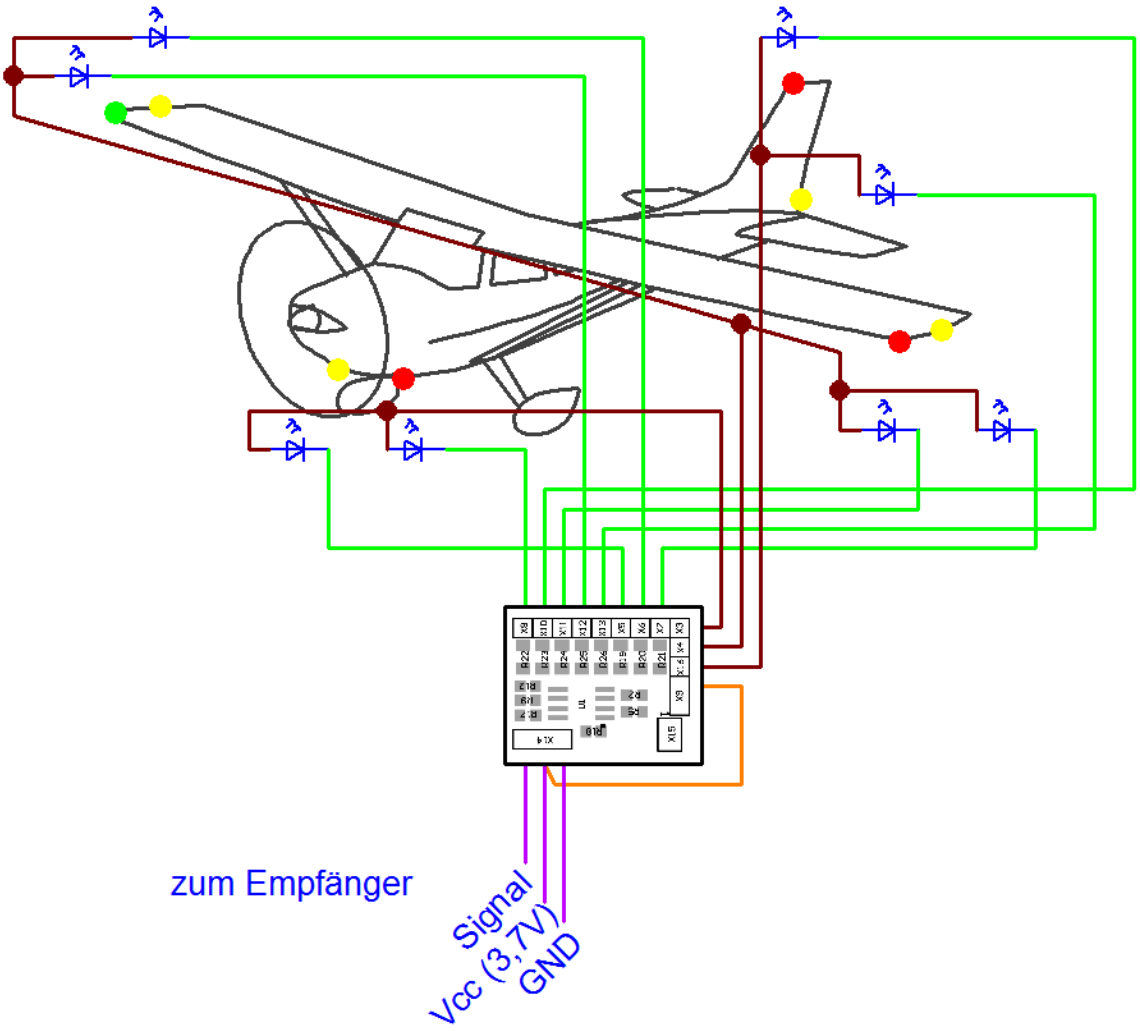
Verdrahtungsbeispiele

Beispiel 1:

Akku = 1s (3,7V),

3x Navi, 2x ACL, 2x Strobe, 1x Landing

(siehe auch Tabellenblatt „Beispiel 1S“ in der Excel-Tabelle „RClights4C.xlsx“)



Die blauen LED-Schaltsymbole sind in der Nähe der bunt ausgefüllten Kreise dargestellt, die an der vorgesehenen Position am Flugzeugs dargestellt sind.

Die dunkelroten Leitungen stellen die Plus-Versorgung der LEDs an deren Anoden-Anschluss bereit. Bei 1S-Akkus können nicht mehrere LEDs in Reihe geschaltet werden, da die Spannung nicht ausreicht. Die grünen Leitungen führen die Kathoden-Anschlüsse zu den vorgesehenen Ausgängen der Elektronik.

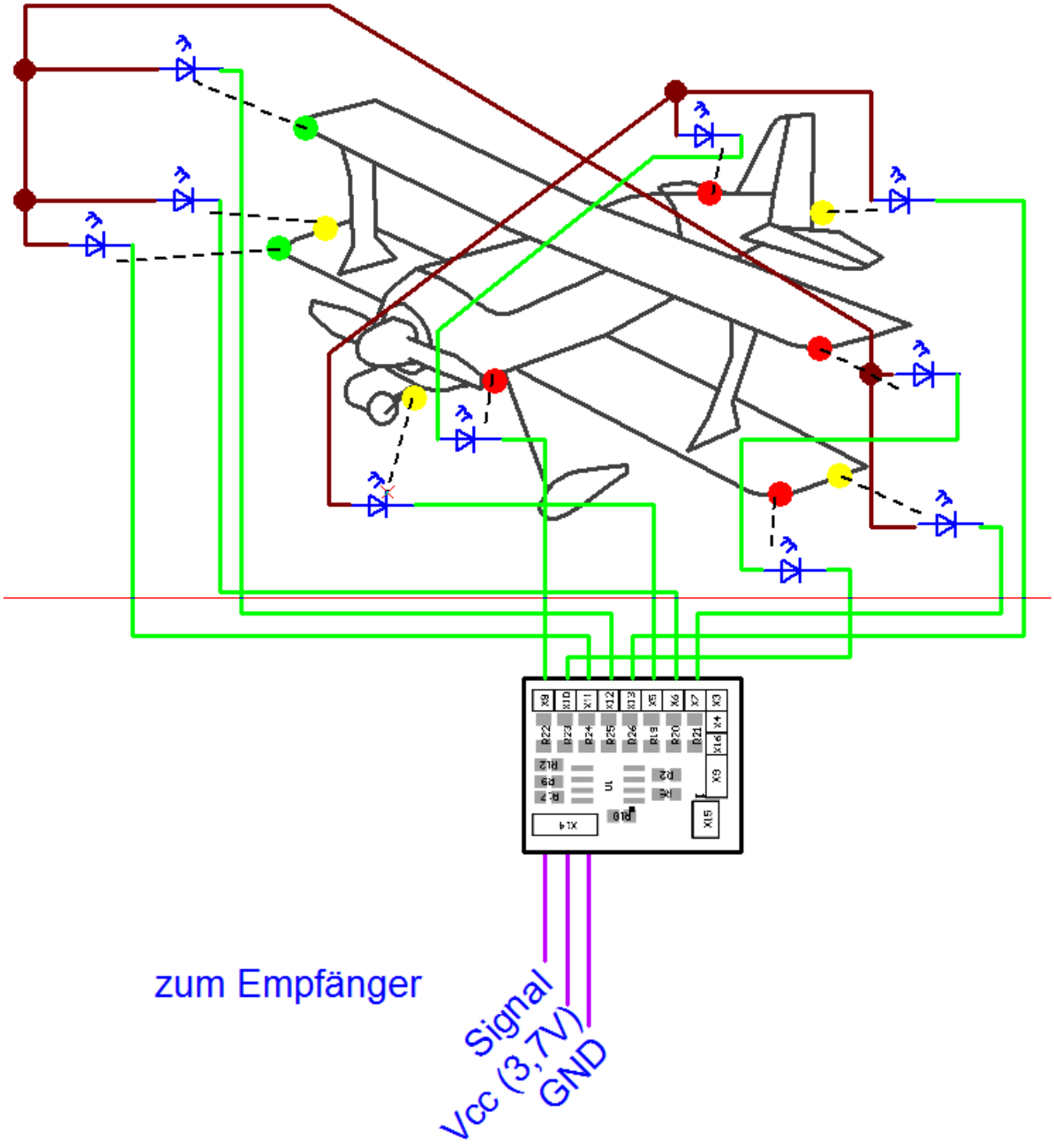
Da bei 1S-Konfiguration die Spannung zur LED-Versorgung und zur Empfängerversorgung identisch sind, brauche wir keinen separaten Anschluss zum Pluspol des Akkus. Stattdessen muss aber über die orangefarbene Leitung eine Verbindung von X9-Pins 1 (dem Versorgungsanschluss aller LEDs) und der Empfänger-Versorgung an X14-Pin2 hergestellt werden. Somit reicht insgesamt ein Anschluß zum Empfänger aus.

Beispiel 2:

Akku = 2s (7,4V),

3x Navi, 2x ACL, 2x Strobe, 1x Landing

(siehe auch Tabellenblatt „Beispiel 2S“ in der Excel-Tabelle „RClights4C.xlsx“)



Die Leitungsfarben sind wie im Beispiel zuvor gewählt.

Bei 2S-Akkus kann man schon mal 2 LED in Reihe schalten.

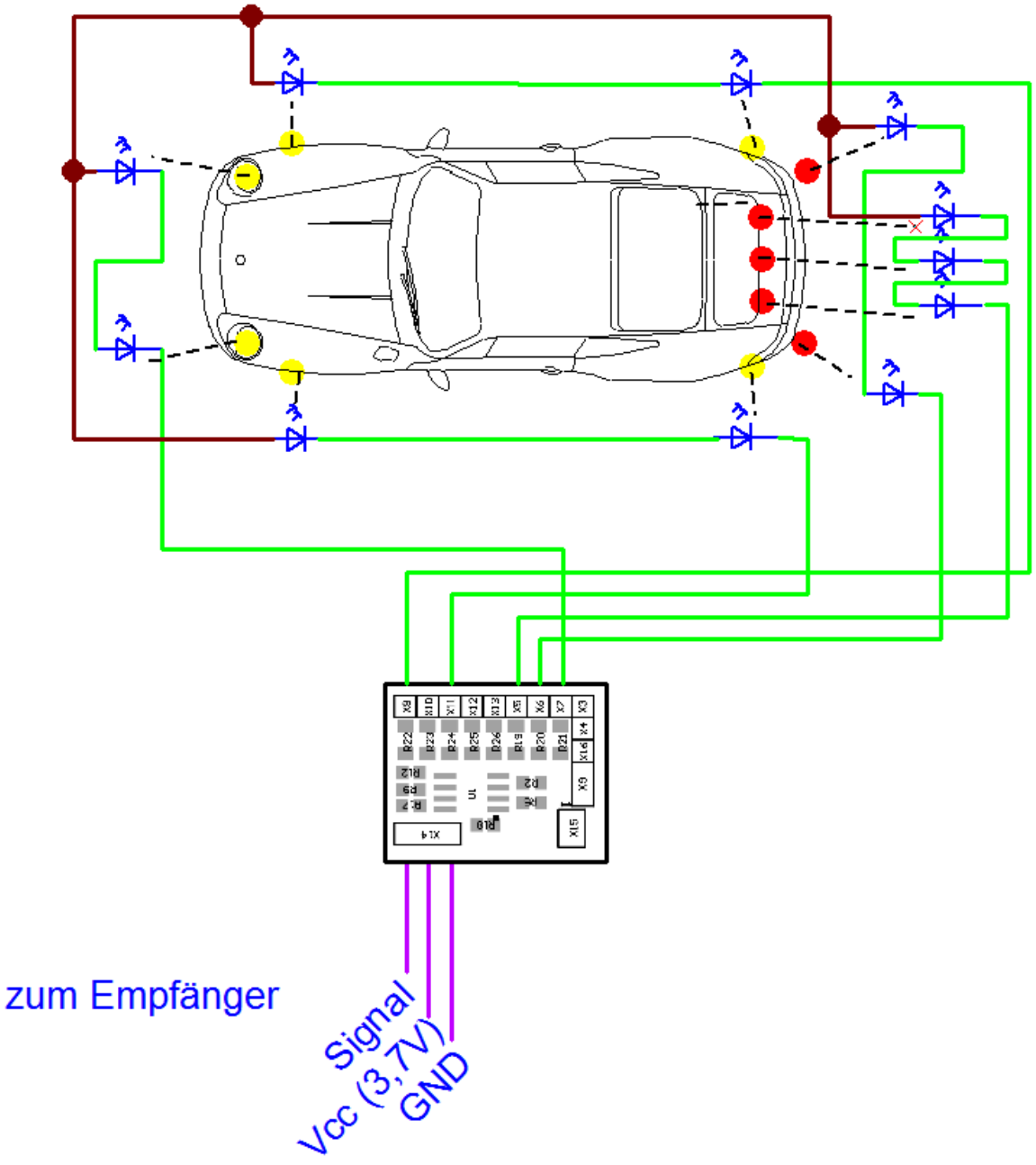
Das hat den Vorteil, dass man bei gleichem Strom in einer Leitung mehr Licht bzw. mehr Leuchtpunkte erhält.

Beispiel 3:

Akku = 3s (11,1V),

2x Blinker rechts, 2x Blinker links, 2x Bremslichter, 2x Rücklichter, 2x Scheinwerfer

(siehe auch Tabellenblatt „Beispiel 3S“ in der Excel-Tabelle „RClights4C.xlsx“)



Als 3S-Beispiel habe ich der Abwechslung wegen mal ein Auto gewählt.

Bei 3S hat man schon mehr Möglichkeiten LEDs in Reihe zu schalten. Hier als Beispiel die 3 Bremsleuchten.

Es sind hier alle 4 Schaltfunktionen belegt, aber nur 5 Anschlüsse, da nur die Scheinwerfer und die Rücklichter auf einer gemeinsamen Funktion liegen.

Weitere Beispiele können mit Hilfe der Excel-Tabelle selbst berechnet werden.

Beschreibung der Programm-Struktur

Der Quellcode des Programms, das in der Programmiersprache C geschrieben wurde, ist hinreichend mit Kommentaren (in englischer Sprache) belegt, sodass hier nur eine grobe Programm-Beschreibung erfolgt.

Im Wesentlichen werden 2 Timer und ein Pin-Change-Interrupt verwendet.
Eine Flanke des RC-Signals löst einen Pin-Change-Interrupt aus. Bei steigender Flanke wird der Timer/Counter1 auf Null gesetzt, bei fallender Flanke wird die Pulsbreite über diesen Timer-Werte gemessen. Anschließend wird geprüft, ob der Wert einem gültigen RC-Signal entspricht.
Dieses wird dann durch einfache Bit-Operationen in 4 Unterkanäle zerlegt und der Aktivierungsstatus der entsprechenden Ausgangskanäle gesetzt.
Hier sieht man nun auch, warum der Pulsbereich von -125% bis +125%, also zwischen 0,8µs uns 2,2µs liegt: die Konfiguration des Timers und diese simplen Bit-Operationen passen genau zu diesem Pulsbereich. Wollte man den Pulsbereich auf -100% bis +100% legen, wäre der Programmieraufwand und die Laufzeit des Interrupts etwas höher, was ich mir hier erspart habe. Außerdem ist durch den größeren Bereich der Störabstand zwischen den möglichen diskreten Werten höher.

Liegt kein RC-Signal an, dann wird nach ca. 4ms ein Timer/Counter1 Overflow Interrupt ausgelöst und damit ein Timeout angezeigt. In diesem Interrupt, der dann ja ständig auftritt, wird auch ein Tastendruck, der eventuell statt des RC-Signals verwendet wird, ausgewertet und an das Hauptprogramm übergeben.

Der zweite Timer „Timer/Counter0“ wird nach jeder Millisekunde ausgelöst und steuert die Ausgänge an. Ist ein Ausgang aktiv, dann werden über verschiedene Zähler, die mit jeder Millisekunde hochgezählt werden, die Ein- und Ausschaltzeiten der Ausgangspulse abgearbeitet.
Die Längen der Pulse sind in den Tabellen „OntimeValues“ und „OfftimeValues“ abgelegt. Welcher Wert gewählt wurde, steht im EEPROM.

Das Hauptprogramm lässt zu Beginn alle LED-Ausgänge kurz aufblitzen Daran kann man dann erkennen, ob überhaupt alles funktioniert.
Anschließend aktiviert es bei einem erfolgten Tastendruck den nächsten Ausgangskanal.
Und es prüft, ob während der ersten 10 Sekunden nach Einschalten der Schalter S1 mehrfach hin und her geschaltet wurde. In diesem Fall wird das Setup-Programm aufgerufen, in dem man die Ausgabepulse ändern und im EEPROM ablegen kann.

Programm-Download

Zum Betrieb muss das Programm, das als fertige HEX-Datei vorliegt, in den Controller übertragen werden. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten. In jedem Fall braucht man einen Programmier-Adapter für Atmel-Prozessoren, siehe Links im Anhang. Oder man kennt jemanden, der sowas schon einmal gemacht hat ☺
Der Controller kann auch bereits vor dem Einlöten programmiert werden. Dadurch erspart man sich auch das Gewicht des Programmiersteckers.

Bei den Fuse-Bits ist zu beachten, dass der interne Clock mit 8MHz gewählt wird und CKDIV8 deaktiviert ist. Außerdem sollte BODLEVEL=2V7 gesetzt sein.

Links

Der Autor
Homepage: http://www.franx-funpage.de
Email: megaprojects@t-online.de

Infos zu Atmel-Prozessoren und deren Programmierung:
http://www.lancos.com/prog.html
http://www.mikrocontroller.net/articles/AVR-Tutorial
http://www.mikrocontroller.net/topic/117182
http://www.avr-asm-tutorial.net/avr_de/index.html

Eine Auswahl an Bauteil-Lieferanten:
http://www.reichelt.de/
http://www.pollin.de/
http://www.conrad.de/

Eine Auswahl an Leiterplattenherstellern:
https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0Ak7xDzNHeVT-dDhZTGVYRllnZ2M2ZmdjMUFYZnh6RXc&usp=sharing#gid=0
https://www.haka-lp.de/home.html
http://www.multi-circuit-boards.eu/
http://www.pcb-pool.com/

Eine Auswahl an Beschreibungen zur Beleuchtung von Flugzeugen:
http://de.wikipedia.org/wiki/Positionslicht
http://wiki.flightgear.org/De/Flugzeugbeleuchtung
http://www.ledprofishop.de/Flugzeugbeleuchtung-von-Piloten-erklaert
http://www.optotronix.de/hilfe/schnelleinfuhrung-in-die-modellflug-beleuchtung/
http://www.airliners.net/

Weitere Links:
http://www.fmt.de/