Lampensteuerung Single v.3  
  
Firmwareversion 0.8 bis 0.12

Stand: 31.01.2007  
  
Tobias Engelmann  
[tobiasengelmann@gmx.de](mailto:tobiasengelmann@gmx.de)

History:  
0.8 30.07.07 Erste Version für den Typ „Single v.3“  
0.10 08.09.07 Sicherheitsbestätigung bei Akkukalibrierung

Rücksetzen der Schaltung auf Standardwerte

Steuerung geht nach Trennen des Akkus bei eingeschalteter Lampe wieder in Dimmstufe 1

Anschlussbeispiel für Leds hinzugefügt

0.11 26.11.07 zusätzlicher Lampenmodus: Konstante Spannungsausgabe, Softstart  
 Statusleds dimmen im Betrieb leicht ab um nicht wärend der Fahrt zu blenden

0.12 „Rücksetzen der Einstellungen“ ist nun im Programmiermenü nach dem Kalibrieren

Vierter Lampenmodus für Ansteuerung einer dimmbaren Konstantstromquelle

PWM- auf PHASE-CORRECT umgestellt-> weniger Probleme mit Funktachos und Pulsgurten

# Technische Daten

* Betriebsspannung:
  + 8 bis 19V
  + Eingang ist gegen Verpolung geschützt
* Stromaufnahme:
  + ca. 26mA Betrieb
  + ca. 5mA im Ruhemodus
* Anschlussleistung:
  + Version mit 2 Ausgängen (IRF7313): 3A je Ausgang, max. 5A für beide zusammen
  + Version mit 1 Ausgang (IRF7456): 6A

**ACHTUNG:**Es muss dafür gesorgt werden, dass die Eingangsspannung den maximalen Wert nicht überschreitet!  
Die Schaltung kann bei Überschreitung der angegebenen Werte beschädigt werden.

## Features

* Mikroprozessorgesteuerte Lampenregelung
* Unterstützung für 2 Lampen
* PWM-Regelung (0-100%) beider Lampen
* programmierbarer Soft-Start um Stromspitzen beim Einschalten zu vermindern
* 3 programmierbare Dimmstufen
* Messung der Akkuspannung zur Kapazitätsermittlung

## Hardware

* verwendeter Prozessor: Atmel AVR Tiny44 SOIC14 (8-bit)
* Aufbau komplett in SMD
* Kompakte Platine 30x17x4mm, doppelseitig, Lötstopp, bedruckt
* PWM-Ausgänge gesteuert über Dual-N-Kanal HexFet von IRF
* Maximale Strombelastbarkeit pro Ausgang bei 4A (Dauer)
* 2 RGB-Leds z.B. von Osram Typ ZHGBT678-E7510
* 1 Taster 12x12mm mit fühlbarem Druckpunkt

## Software

* Programmiersprache C
* Entwicklungsumgebung AVR-Studio 4.12 von Atmel
* WinAVR als C-Compiler aus der GNU compiler-collection AVR-GCC für AVR-Mikrocontroller
* 2 8bit PWM-Leistungsausgänge – PWM-Frequenz liegt bei 32khz
* Sanftanlauf für Reduktion des Einschaltstrom
* 2 RGB-Vielfarbleds, je Farbkanal 8bit Soft-PWM (120Hz), ein/aus, blinken, pulsen
* Messung der Betriebsspannung und Anzeige per Led
* Taster, entprellt, jeweils Erkennung ob kurz oder lang gedrückt
* 3 Dimmstufen mit individueller Anpassung
* Leicht anpassbares Zustandsmodell für Übergänge zwischen den Dimmstufen

(\*) Optional:  
- Low-Voltage-Modifikation   
- Zusammenschalten beider Ausgänge zu einem (siehe Anhang: **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

# Bedienung

**single  
 v.3**

Taster

untere Led

oberer Led

Ansicht von Oben.  
Anschlüsse befinden sich links.

## Taster

Kurz gedrückt Dimmstufe erhöhen, bzw. zwischen 2 und 3 wechseln

Lange gedrückt Dimmstufe verringern, Lampe ausschalten  
Ist die Lampe ausgeschalten, wird durch langes Drücken in den Programmiermodus gewechselt.

## Leds

Die untere Led zeigt die aktuelle Dimmstufe.  
Die obere Led die ungefähre Restleuchtdauer für die 3. Dimmstufe.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| untere Led | obere Led | Bedeutung |
| Aus | Aus | Ruhemodus |
| Aus | Leuchtet | Lampen sind ausgeschalten |
|  | … | Dimmstufe 1 |
|  | … | Dimmstufe 2 |
|  | … | Dimmstufe 3 |
| … |  | Leuchtdauer > 4 Stunden |
| … |  | Leuchtdauer > 3 Stunden |
| … |  | Leuchtdauer > 2 Stunden |
| … |  | Leuchtdauer > 1 Stunden |
| … |  | Leuchtdauer > 30 Minuten |
| … | blinkt | Leuchtdauer < 30 Minuten |

Die Werte für die Restleuchtdauer wurden mit einem 14.4V Li-Ion Akku 6Ah und einer Osram IRC 20W bei maximaler Helligkeit ermittelt.

**Hinweis:**Nach dem Anstecken des Akkus leuchten beide Leds für ca. 2 Sekunden weiß.

Befindet sich die Steuerung länger als 5 Minuten im Bereitschaftsmodus, geht die Steuerung in den Ruhemodus um Strom zu sparen. Beide Leds erlöschen in diesem Fall.  
Durch einen kurzen Tastendruck wird die Schaltung reaktiviert.

**Ab Version 0.10:**Wird bei eingeschalter Lampe die Steuerung vom Akku getrennt, geht die Schaltung sofort nach wiederhergestellter Verbindung zum Akku in die erste Dimmstufe.  
Wird dies nicht gewünscht, muss beim Verbinden mit dem Akku der Taster gedrückt sein und danch der Akku erneut getrennt werden.

## Übersicht - Normalbetrieb

**Dimmstufe 1**LED1: Rosa

**Dimmstufe 2**LED2: Hellgrün

**Dimmstufe 3**  
LED1: Hellblau

**Aus**LED1: Aus

Taster lange drücken

**Ruhemodus**Beide Leds: Aus

Taster kurz drücken

2min Inaktivität

**Akku anstecken**Für 2 Sekunden beide Leds: Weiß

Wird von Dimmstufe 3 zu 1 gewechselt und der Taster weiter gehalten, wird die Lampe ausgeschalten.

# Programmiermodus

Die Steuerung verfügt über einen Programmiermodus, bei dem für jede Lampe der Sanftanlauf und die Helligkeiten der 3 Dimmstufen festgelegt werden können.

Die Einstellungen werden im Festspeicher der Steuerung dauerhaft auch ohne angesteckten Akku gespeichert.

## Auswahl der Programmieroption

1. Akku Anstecken
2. Taster drücken und halten
3. Leds blinken 10s lang blau, danach zeigen die Leds unterschiedliche Farben (siehe Tabelle)
4. Bei gewünschter Option Taster loslassen
5. Durch kurzen Tastendruck wird die Einstellung verändert
6. Durch langen Tastendruck wird die Einstellung gespeichert

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| untere Led | obere Led | Lampe | Bedeutung |
|  |  | 1 | Modus/ Softstart |
|  | Helligkeit Dimmstufe 1 |
|  | Helligkeit Dimmstufe 2 |
|  | Helligkeit Dimmstufe 3 |
|  | (\*) | 2 | Modus/ Softstart |
| (\*) | Helligkeit Dimmstufe 1 |
| (\*) | Helligkeit Dimmstufe 2 |
| (\*) | Helligkeit Dimmstufe 3 |
|  |  | - | Kalibriermodus starten siehe dazu „Kalibriermodus“, Seite 6 |
|  |  | - | Rücksetzen aller Einstellungen  siehe dazu „Rücksetzen der Einstellungen“, Seite 5. (ab Version 0.12) |

(\*) Wird nur angezeigt, wenn hardwaremäßig zwei Lampenausgänge vorhanden sind.

## Vorhandene Lampenmodi:

|  |  |
| --- | --- |
| Led | Bedeutung |
|  | Konstantes PWM-Verhältnis (0-100%) , kein Softstart |
|  | Konstantes PWM-Verhältnis (0-100%) , mit Softstart |
|  | Konstantes PWM-Verhältnis (0-100%) , kein Softstart, Invertierter Ausgang (ab Version 0.12) |
|  | Konstante Spannung(\*), Softstart (ab Version 0.11) |
|  | Konstante Spannung(\*), kein Softstart (ab Version 0.13) |

(\*) Die beim Programmieren am Ausgang anliegende Spannung wird – so lange die Akkuspannung über der Sollspannung liegt – am Ausgang über den gesamten Entladevorgang konstant gehalten.

## Ledanzeige bei Einstellung der Helligkeit

|  |  |
| --- | --- |
| Led | Bedeutung |
|  | Helligkeit 0% |
|  | Helligkeit > 0% |
|  | Helligkeit >40% |
|  | Helligkeit 100% |

# Rücksetzen der Einstellungen

Zurücksetzen der Werte für die Akkuanzeige, des Lampenmodus und der Helligkeiten.

* Bis Version 0.11:  
  Wird der Taster beim Anklemmen des Akkus gedrückt gehalten, werden alle Einstellungen zurückgesetzt
* Ab Version 0.12:

1. Schaltung wird an Akku angesteckt
2. Taster gedrückt halten bis beide Leds grün blinken
3. Loslassen
4. Taster erneut drücke bis Leds aus gehen
5. Loslassen
6. Spannungswerte für die Akkuanzeige und Dimmstufen sind alle zurückgesetzt

# Versionserkennung

Bei jeder Steuerung seit dem 30.07.2007 (Version 0.8) kann die Software-Version optisch angezeigt werden.

Bis Version 0.9 werden bei diesem Vorgehen alle Einstellungen zurückgesetzt.

1. Akku abstecken
2. Taster drücken und halten
3. Mit gedrücktem Taster den Akkuanstecken
4. Nach dem Anstecken Taster loslassen
5. Beide Leds leuchten in einer bestimmten Farbkobination auf (siehe Tabelle)
6. Akku wieder ab- und anstecken

|  |  |
| --- | --- |
| Ledanzeige | Bedeutung |
|  | Version 0.7 (Schaltung wird durch die Aktion zurückgesetzt) |
|  | Version 0.8 |
|  | Version 0.9 |
|  | Version 0.10 |
|  | Version 0.11 |
|  | Version 0.12 |
|  | Version 0.13 |

# Kalibriermodus

1. Schaltung wird an den vollen! Akku angesteckt
2. Taster gedrückt halten bis beide Leds hell gelb blinken
3. Kurz Loslassen
4. Leds leuchten jetzt dauerhaft hell gelb, die Lampenausgänge werden entsprechend der dritten Dimmstufe eingeschalten
5. (ab Version 0.10) Taster erneut Drücken und Halten bis Leds kurz ausgehen und weiß weiterleuchten
6. Warten bis der Akku leer ist (\*)
7. Akku aufladen
8. Beim erneuten Anstecken an den Akku werden die neuen Spannungswerte für die Akkuanzeige aus der gespeicherten Entladekurve ermittelt. (\*\*)

(\*) Bei Li-Ion bis zur automatischen Abschaltung  
Bei Blei, NiCd, Nihm muss die Spannung überwacht werden und die Steuerung vom Akku getrennt werden.

(\*\*) Wird während des Ansteckens der Taster gedrückt und gehalten, erfolgt keine Auswertung der Entladekurve. Die alten Spannungswerte für die Akkuanzeige bleiben erhalten.

**Hinweis:**

Der Akku sollte möglichst voll sein

Die Abschätzung der Restleuchtdauer ist nur näherungsweise, da eine echte Kapazitätsermittlung durch die Messung der Akkuspannung nicht möglich ist.

Die (Halogen-)Lampe muss möglicherweise während des Kalibrierens gekühlt werden.  
Eine 20W Halogenlampe wird ohne Luftkühlung schnell >150°C heiß!

# Erklärung zum Kalibriermodus

Im unteren Diagramm sind die Entladekurven von 3 unterschiedlichen Lampen eingetragen.  
Wie man sieht sind die Spannungen bei den gleicher Restleuchtdauer recht unterschiedlich.

Abbildung Entladekurven für 3 unterschiedliche Lampen

Über die Entladekurve eines Akkus ist die Restleuchtdauer nur ungefähr zu ermitteln.

Die Ledanzeige für die Restleuchtdauer ist nur in der dritten Dimmstufe ausreichend korrekt.

Für die erste und zweite Dimmstufe lässt die Akkuanzeige dennoch einen guten Rückschluß auf den aktuellen Akkustatus zu.

Während des Kalibriervorgangs wird die Akkuspannung alle 2.5 min ermittelt.

Im Mikroprozessor wird die Entladekurve der letzten 5 Stunden gespeichert.

# Anschlussbelegung - Halogen

## Anschlussbelegung – Eine Lampe

+

-

Akku   
z.B. 14.4V Li-Ion

Ansicht von unten

Sicherung oder automatische Schutzschaltung im Akku(\*)  
z.B. 5A flink

L2 (-)

Akku (-)

L1 (-)

Akku (+)

Lampe1  
z.B. 20W IRC

## Anschlussbelegung – Zwei Lampen

+

-

Akku   
z.B. 14.4V Li-Ion

Ansicht von unten

Sicherung oder automatische Schutzschaltung im Akku(\*)

L2 (-)

Akku (-)

L1 (-)

Akku (+)

Lampe1  
z.B. 20W IRC

Lampe2  
z.B. 3W LED

**(\*) ACHTUNG:**  
Die Schaltung muss mit einer Sicherung zuverlässig vor einem Kurzschluss gesichert sein.  
Ein Kurzschluss in einer Zuleitung zur Lampe kann die Schaltung beschädigen und sogar zerstören.

Die Sicherung kann sich im Akku befinden. Verfügt der Akku über eine Schutzschaltung mit ausreichender Überstromabschaltung, kann auf die Sicherung verzichtet werden.

**Empfehlung:**Um Spannungseinbrüche beim Einschalten zu reduzieren, kann in den Akku zusätzlich ein Kondensator mit etwa 100µF 25V (oder mehr) integriert werden.

# Anschlussbelegung für Leds

## Konstantstromquelle dimmbar

+

-

Akku   
z.B. 14.4V Li-Ion

Ansicht von unten

Sicherung oder automatische Schutzschaltung im Akku(\*)

L2 (-)

Akku (-)

L1 (-)

Akku (+)

KSQ

DIM

(+)

(-)

Led (-)

Led (+)

## Konstantstromquelle nicht dimmbar

+

-

Akku   
z.B. 14.4V Li-Ion

Ansicht von unten

Sicherung oder automatische Schutzschaltung im Akku(\*)

L2 (-)

Akku (-)

L1 (-)

Akku (+)

KSQ

(+)

(-)

Led (-)

Led (+)

Softstart muss für den jeweiligen Ausgang deaktiviert sein und die Helligkeit auf 0% (An) oder 100% (Aus) gestellt werden.

**Hinweis::**  
Bitte auch die Hinweise zum Anschlussbeispiel für Halogenlampen beachten.

Bedingung für eine gute Funktion:

Der PWM-Pin der KSQ muss Low-Aktiv (Led aus, wenn PWM-Pin auf Masse gelegt wird) und mit einer PWM-Frequenz von ca. 250Hz) ansteuerbar sein.

Bei KSQs, die mittels Poti gedimmt werden können, muss evtl. ein Tiefpassfilter in die Ansteuerleitung, um die KSQ mit einer konstanten Ansteuerspannung zu versorgen.

# Wasserdichte Verpackung der Steuerung (Vorschlag)

1. Kabel anlöten.  
   Dabei darauf achten, dass die Kabelstränge möglichst kompakt zusammenliegen.
2. Kabel mit Heißkleber fixieren.  
   Noch während der Kleber flüssig ist, sofort mit Schritt 3 weitermachen!

Heißkleber

1. Erste Lage Schrumpfschlauch überziehen.  
   Der Heißkleber muss noch sehr weich sein, damit die Zwischenräume der Kabel dicht sind.  
     
   **ACHTUNG**Die erste Lage ist sehr wichtig für die Abdichtung gegen Wasser!  
   Nach dem Schrumpfen sollte kein Zwischenraum frei bleiben.

Schrumpfschlauch  
z.B. 3cm Ø6,4mm schwarz

1. Transparenten Schrumpfschlauch zur Häfte über die Schaltung ziehen.  
   Zusammenschrumpfen und das Ende unter der Schaltung zurückbiegen.

Transparenter Schrumpfschlauch  
z.B. 7cm Ø12mm fluoreszierend

1. Dritte Lage Schrumpfschlauch von der Kabelseite über die Enden des transparenten Schrumpfschlauches ziehen.  
   Dabei sollte stark schrumpfender Schlauch (Schrumpfrate mind. 3 zu 1) verwendet werden.

Schrumpfschlauch  
z.B. 4cm Ø9,5mm schwarz hohe Schrumpfung (3:1)

# Modifikationen

## Low-Voltage – Geringere Betriebsspannung

Durch den Ersatz des Standard-Spannungsregler durch einen Very-Low-Drop-Typ mit 5V kann die Betriebsspannung auf unter 5-6V gebracht werden.

Ein stabiler Betrieb sollte bis auf 4V gewährleistet sein. Durch den Drop an der Schutzdiode (Schottky-Typ: ~0.1 – 0.2V) und den Drop am Spannungsregler (~0.1-0.2V) liegt dann die Betriebsspannung des Mikrocontrollers bei ca. 3.6V.

Der Mikroprozessor arbeitet bis runter auf 2.7V (programmiertes Reset durch Brown-Out-Detection).

Theoretisches Minimum liegt bei 2.7V - U(Drop\_Diode) – U(Drop\_Regler) = ~3,5V.

Unter 3.5V erreichen die Leds ihre minimale Betriebsspannung und die Farben Blau und Grün werden sehr schwach gegenüber dem Rot.

Für eine genauere Akkuanzeige sollte der Spannungsteiler R1:R2 für die Messung der Akkuspannung angepasst werden.

Standard für Eingangsspannung bis 20V sind: R1 = 22KΩ, R2 = 68KΩ

Eine Anpassung sorgt für eine genauere Auflösung des internen ADC und somit eine stabilere Spannungsmessung.

Bei U(max)=10V kann z.b. R2 mit ca. 35kΩ bestückt werden.

## Koppelung beider Lampenausgänge zu einem stärker belastbaren Ausgang

Wird der Dual-N-Kanal-Mosfet (Standard: IRF7313) durch einen Single-N-Kanal-Typ (z.B. IRF7456) ersetzt, wird dies durch die Steuerung erkannt und es kann eine einzelne starke Lampe angeschlossen werden.

Eine 50W Halogenlampe an einem vollen 16.8V-Akku stellt kein Problem dar und wurde ausreichend getestet.

## Limitierende Faktoren für die ansteuerbare Leistung sind:

* Leiterbahnbreite und –dicke:
  + Einzeln pro Ausgang: (h=75µm, d(min) = 1,42mm 🡪I(max) = 7.5A
  + Gemeinsame Zuleitung beider Ausgänge: (h=75µm, d(min) = 2,0 mm 🡪I(max) = 10A
* Leistungsverlust des Mosfet-Ansteuerung
  + 2-Kanal: IRF7313
    - [Rdson@4.5V](mailto:Rdson@4.5V) = 46mOhm
    - δT=30K
    - f(pwm)=250Hz, Tein/Taus=99%
    - U(max)=16.8V
  + Je Ausgang 3A, Max. 5A für beide Ausgänge zusammen
  + 1 Kanal IRF7456
    - [Rdson@4.5V](mailto:Rdson@4.5V) = 7,5mOhm
    - δT=20K
    - f(pwm)=250Hz, Tein/Taus=99%
    - U(max)=16.8V
  + theoretisch 8A, zur Sicherheit nur 6A

**Diese Werte ausreichend getestet und gelten offiziell als Maximalwerte.**  
Durch die Wärmeableitung über die Anschlusskabel sind in der Praxis evtl. höhere Werte möglich.  
Im Versuch über mehrere Stunden war ein Betrieb mit 2x 35W @17V problemlos möglich.  
Die Leistungsaufnahme lag dabei bei >100W, die Erwärmung des Mosfets (IRF7311) bei δT=35K

# Beispiele für die Leistungsaufnahme einiger Halogenlampen

## 2 Ausgänge:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ausgang 1 [W] | Ausgang 2 [W] | U [V] | I [A] | P [W] |
| 35 | 35 | 15,5 | 1,9 | 28,9 |
| Nicht zulässig! | | 15,1 | 3,9 | 59,5 |
|  |  | 14,5 | 6,8 | 99,0 |
| 20 | 35 | 15,9 | 1,2 | 19,8 |
|  |  | 15,3 | 3,1 | 46,8 |
|  |  | 14,6 | 5,4 | 78,6 |
| 20 | 20 | 16,0 | 1,1 | 17,3 |
|  |  | 15,7 | 2,2 | 35,0 |
|  |  | 15,2 | 3,9 | 58,9 |
| 50 |  | 16,1 | 0,6 | 9,1 |
|  |  | 15,6 | 2,6 | 40,6 |
|  |  | 15,0 | 4,7 | 69,9 |
| 35 |  | 16,1 | 0,4 | 6,8 |
|  |  | 15,6 | 2,0 | 31,1 |
|  |  | 15,2 | 3,6 | 54,1 |
| 20 |  | 16,1 | 0,2 | 4,0 |
|  |  | 15,9 | 1,1 | 17,7 |
|  |  | 15,6 | 2,0 | 30,9 |

## 1 Ausgang:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ausgang 1 [W] | U [V] | I [A] | P [W] |
| 50 | 15,13 | 0,00 | 0,00 |
|  | 14,45 | 1,26 | 18,21 |
|  | 13,94 | 2,13 | 29,69 |
|  | 13,00 | 3,70 | 48,10 |
| 35 | 15,16 | 0,00 | 0,00 |
|  | 14,61 | 1,03 | 15,05 |
|  | 14,21 | 1,71 | 24,30 |
|  | 13,48 | 2,95 | 39,77 |
| 20 | 15,18 | 0,00 | 0,00 |
|  | 14,83 | 0,64 | 9,49 |
|  | 14,60 | 1,04 | 15,18 |
|  | 14,18 | 1,75 | 24,82 |