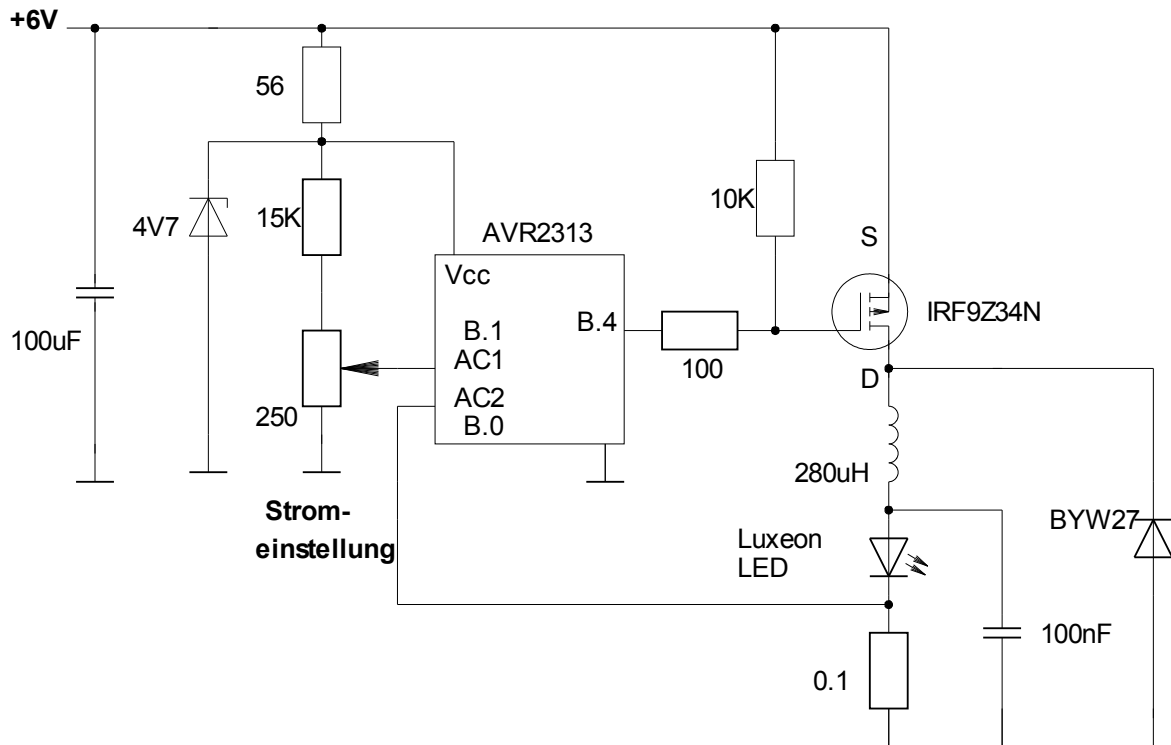


LED-Lampe Version 1

Ein erstes Modell einer Lampe für die Höhlenforschung wurde mit einer 3W-Luxeon LED und einem Schaltnetzteil mit Mikrokontroller aufgebaut. Als Stromversorgung dient ein 6V-Bleiakku. (Bleiakkus sind zwar schwer, aber sehr zuverlässig und einfach zu laden).

Schaltung:



Luxeon 3 Watt: LXHL-LW3C (Nennwerte $U_{LED} = 3.7V$, $I_{LED} = 0.7A$)

- **C=100nF parallel zur LED direkt auf der Platine** um Effekte durch Kabelkapazität auszuschliessen
- **Elko 100µF direkt parallel zur 6V-Betriebsspannung** ist sehr wichtig, da UB sonst stark einbricht (mehrere Vss) → ergibt auch weniger Welligkeit des Stromes

Das Funktionsprinzip ist sehr einfach:

Nach dem Einschalten legt der Kontroller das Gate des MOSFET auf 0, dieser wird leitend und es fließt ein linear ansteigender Strom durch Induktivität und LED. Der Spannungsabfall am 0.1 Ω-Widerstand ist zum Strom proportional, er wird mit dem internen Komparator des Kontrollers überwacht. Bei Erreichen der mit dem Potenziometer einstellbaren Schaltspannung wird der MOSFET ausgeschaltet und einige Mikrosekunden gewartet. Der linear abnehmende Strom fließt während dieser Zeit über Induktivität, LED, 0.1 Ω-Widerstand und Freilaufdiode weiter.

Es ergibt sich ein Gleichstrom mit dreieckförmiger überlagerter Welligkeit. Der Maximalwert des Stromes ist mit dem Potenziometer einstellbar.

Es muss darauf geachtet werden, dass die Induktivität beim maximalen Strom nicht in die Sättigung kommt, d.h. neben der Induktivität muss auch die Strombelastbarkeit stimmen.

Software:

Die Software entspricht der Beschreibung, ausser dass eine (nicht eingezeichnete) LED durch Blinken die Bereitschaft des Kontrollers anzeigt:

'Schaltnetzteil für Luxeon LED mit PMOS

```
$regfile = "2313def.dat"
$crystal = 4000000
```

```
config pind.0 = output
DDRB = &B00010000      'B.4 = Ausgang
ACSR = &B00000000      'Komparator config
```

```
dim i as byte
```

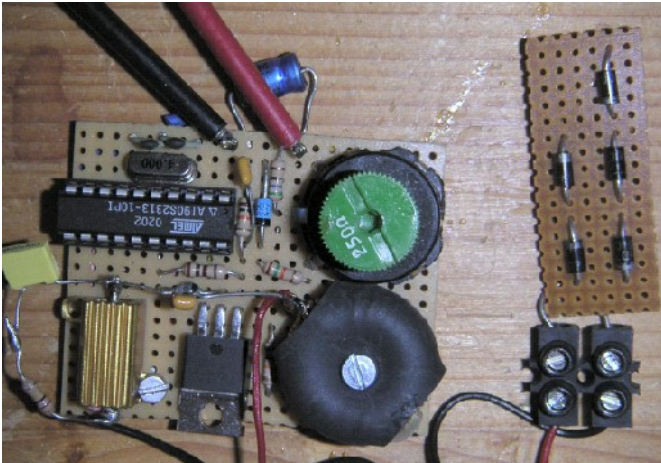
```
Portb.4 = 1           'aus
```

```
'Blinken
```

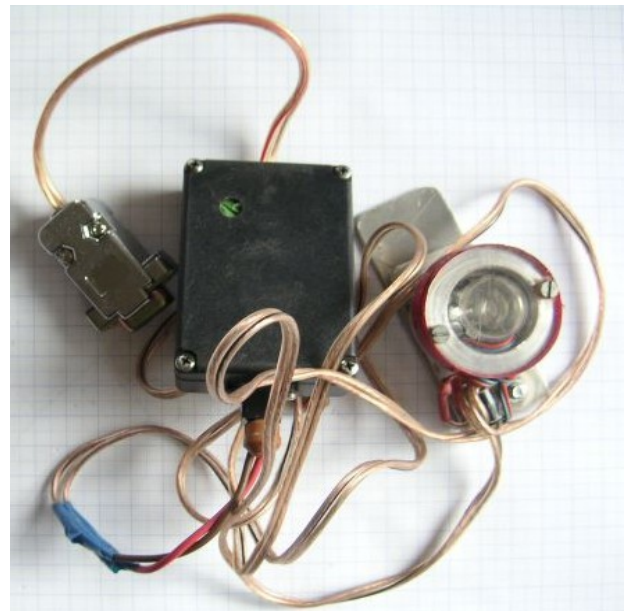
```
for i = 1 to 7
  portd.0 = 0
  waitms 100
  toggle portd.0
  waitms 100
next i
```

```
do
  Portb.4 = 0           'Induktivität einschalten
  do
    loop until acsr.aco = 1  'Wenn Imax erreicht -> abschalten
    Portb.4 = 1
    waitms 5
  loop
```

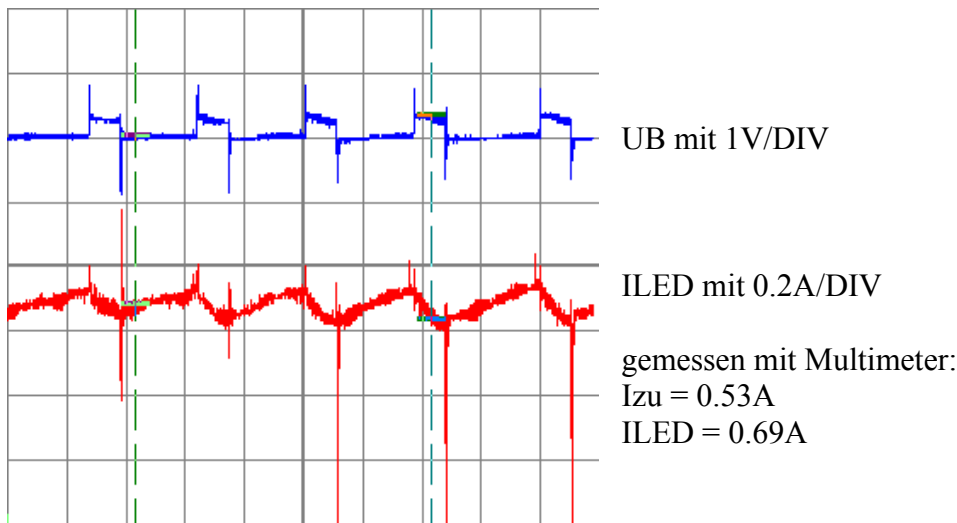
Versuchsaufbau mit 5 Dioden als Dummy-Load:



Fertiger Aufbau mit LED in Alu-Halterung:



Messungen:



I_{LED}/A	I_{zu}/A	Welligkeit ILED	f/kHz *)	I_{zu}/I_{LED}
0.845	0.661	0.17A	55.4	0.78
0.705	0.545	0.24 A	46.9	0.77
0.5	0.386	0.1 A	54	0.77
0.3	0.237	0.08 A	55	0.79

*) stark schwankend

Ein Problem bei der Messung des Stromes ist die geringe Spannung am Shuntwiderstand und die starke Störung durch kapazitive Einstreuung und eventuell induzierte Spannung in den Leitungen. Der Tastkopf muss mit sehr kurzen Verbindungen angeschlossen werden!

Für den Shuntwiderstand sollte ein Kohleschicht- und kein Drahtwiderstand verwendet werden, da dessen Induktivität sonst eine induzierte rechteckförmige Komponente in der Spannung bewirkt, die falsche Stromwerte vortäuscht.

Erfahrungen:

Die Lampe funktionierte über lange Zeit sehr zuverlässig. Die über den Strom einstellbare Helligkeit war ein grosser Vorteil gegenüber Halogenlampen. (Zweck des Dimmens ist nicht unbedingt eine geringere Helligkeit, sondern eine längere Betriebszeit mit einer Batterie. Halogenlampen lassen sich zwar dimmen, dabei nimmt die Helligkeit ab und die Lichtfarbe verschiebt sich ins Rötliche, der Strom wird aber wegen des Kaltleiter-Verhaltens nur unwesentlich ab.)

Ein Problem ergab sich plötzlich, als die LED sehr heiß wurde. Eine Untersuchung der Schaltung zeigte, dass der Abschaltwert des Stromes nicht eingehalten wurde, und die LED daraufhin defekt war. (Defekt heisst in diesem Fall, dass sie ihre nominelle Helligkeit wegen Überhitzung nicht mehr erreichte.)

Was sind die Ursachen dieses seltsamen Defektes?

Eine erste Idee war ein möglicher Absturz des Kontrollers. Aus diesem Grund wurde die Idee eines kontrollergestützten Schaltnetzteils erst mal auf Eis gelegt und rein analoge Varianten der Schaltung weiterentwickelt. Eine Höhlenlampe muss sehr zuverlässig sein, denn ohne Licht in einer Höhle sein kann tödlich enden. (Natürlich sollte man immer ein Ersatzgeleucht dabei haben!)

Bei einer Untersuchung zu einem späterem Zeitpunkt lief die Software aber wieder ganz normal.

Eine zweite Idee zur Fehlerursache geht von einem Potenziometerdefekt aus. Wenn der Schleifer aufgrund eines mechanischen Einflusses den Kontakt zur Widerstandsbahn verliert, liegt der Komparatoreingang offen und kann wegen seiner CMOS-Eigenschaften ein beliebiges Potenzial annehmen. Dies bedeutet dass der Strom ebenfalls beliebige Werte annehmen kann.

Wenn diese Idee zur Anamnese des Fehlers stimmt, dann ist die Ursache leicht zu beheben: es genügt, einen Pulldown-Widerstand vom Komparatoreingang nach Masse zu legen. Sollte ein Potenziometerdefekt auftreten, zieht dieser den Eingang auf Masse.

Ideen zur Weiterentwicklung

- wie oben beschrieben:
Pulldown am Eingang des Komparators
- Watchdog-Timer um auf einen eventuellen Absturz des Controllers mit einem Reset zu reagieren
- Ausnutzen des Controllers (dann Mega8) zur Messung von Strom, Spannung, Ladung und zur Warnung bei einer gewissen verbrauchten Ladung.