



# Universaldimmer

Version 1.6

6.5.2010

by petzi

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
1.1	Kompatibilität.....	3
2	Technische Daten .....	4
3	Schaltungsbeschreibung .....	5
3.1	Übersicht .....	5
3.1.1	Beschreibung.....	5
3.1.2	Messungen.....	5
3.2	Netzteil .....	6
3.2.1	Beschreibung.....	6
3.2.2	Messung .....	6
3.3	Stromsensor .....	7
3.3.1	Beschreibung.....	7
3.3.2	Berechnung.....	7
3.3.3	Messung .....	8
3.4	Spannungssensor .....	9
3.5	Überlastmodul .....	9
3.5.1	Beschreibung.....	9
3.5.2	Bestimmung der Ansprechgrenze .....	10
3.5.3	Bestimmung des Abschaltverhaltens.....	10
3.5.4	Bestimmung des Wiedereinschaltverhaltens .....	11
3.5.5	Messungen.....	11
3.6	Ansteuerung der FETs.....	13
3.7	Ansteuerung der Optokoppler .....	13
3.8	Schnittstelle zum Controller.....	13
3.9	Sonstiges.....	14
3.9.1	Leiterbahndicken .....	14
3.9.2	Bestückungsdruck .....	14

# 1 Einleitung

In der folgenden Beschreibung sind die Erkenntnisse aus der Version 1.1 eingearbeitet.

Die Schaltung wurde auf einer Platine aufgebaut und erfolgreich getestet.

## 1.1 Kompatibilität

Achtung, ab Hardwareversion V1.4 werden die FETs invertiert angesteuert!

Folgende Kombinationen sind möglich:

Hardware	Software	Bemerkung
bis V1.3	bis V1.5.5	nur Testversionen im SVN, nicht veröffentlicht
ab V1.4	ab V1.6.0	veröffentlicht

## **2 Technische Daten**

- automatische Auswahl An- oder Abschnitt
- verschiedene Phasen pro Kanal möglich
- pro Kanal max. 300W
- automatischer Überlastschutz bei 340W
- Frequenz 50Hz (60Hz evtl. in einer späteren Version möglich)

## 3 Schaltungsbeschreibung

### 3.1 Übersicht

#### 3.1.1 Beschreibung

Der Dimmer besteht aus 2 unabhängigen Kanälen die einzeln gedimmt werden können. Jeder Kanal hat sein eigenes Dimmverfahren, evtl. eine andere Phase, einen eigenen Überlastschutz, ...

Gemeinsam ist der Transformator für die interne Spannungsversorgung. Dieser wird über Kanal1 versorgt, so dass dieser immer mit Netzspannung verbunden sein muss. Gemeinsam ist auch der Controller der für beide Kanäle ausgelegt ist.

#### 3.1.2 Messungen

##### 3.1.2.1 Konv. Halogentrafo

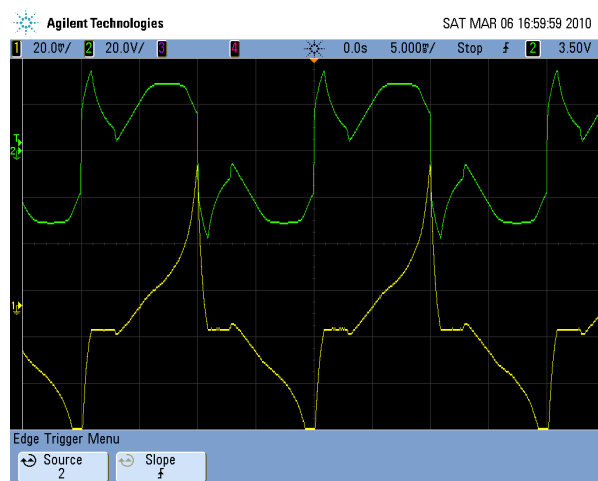
Hier muss das ANschnittsverfahren verwendet werden, anbei ein Vergleich wenn dies nicht gemacht wird:

##### Kanäle:

1 gelb:	Strom durch Last	200mA/DIV
2 grün:	Spannung an der Last	220V/DIV
3: lila:	I-Signal	
4 rot:	CMP-IRQ	

Grundhelligkeit: Stufe1 = 1.17ms

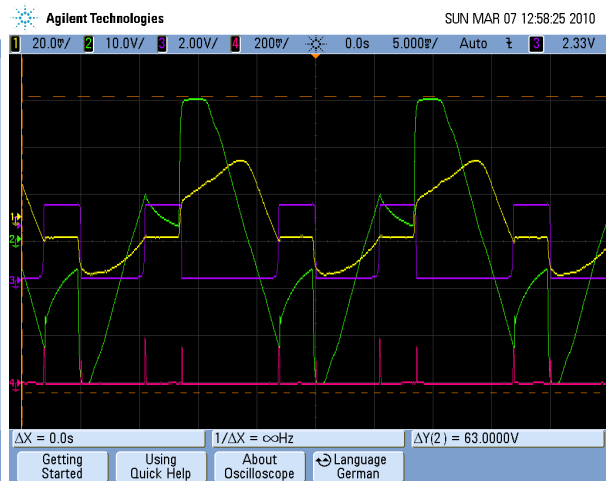
##### 3.1.2.1.1 Helligkeit= 178



M11\_C ABschnitt

I<sub>max</sub> = 800mA

So sollte es nicht sein → deshalb:



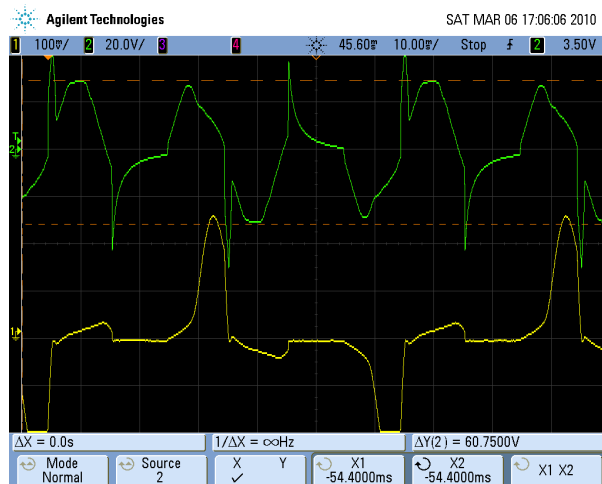
M13\_H178

ANschnitt

I<sub>max</sub> = 350mA

so ist es ok

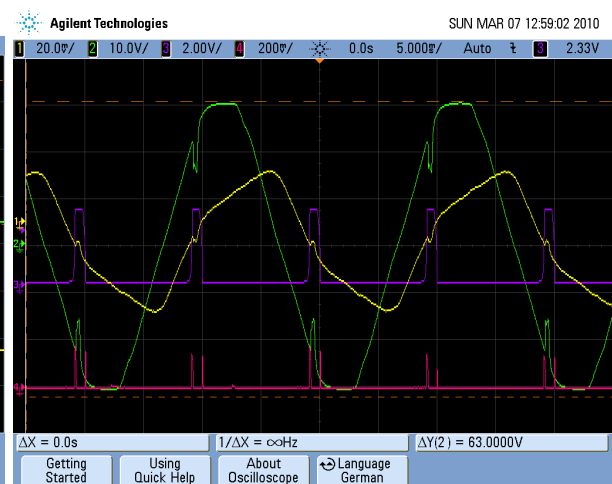
### 3.1.2.1.2 Helligkeit= 178



M11\_E ABSchnitt

Imax = 2600mA

So sollte es nicht sein → deshalb:



M13\_H254

ANSchnitt

Imax= 350mA

so ist es ok

## 3.2 Netzteil

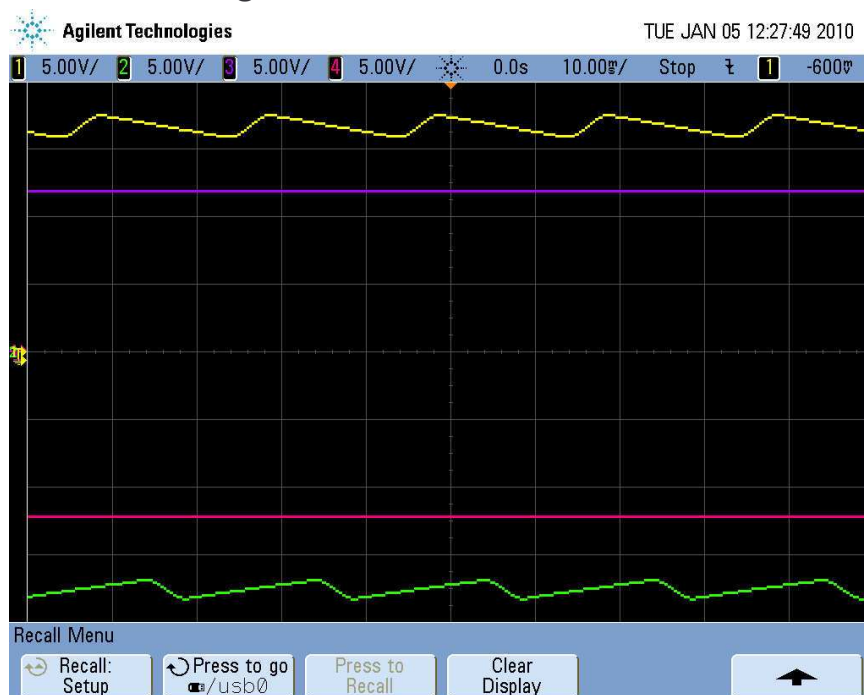
### 3.2.1 Beschreibung

Das Netzteil bezieht seine Spannung aus der Spannungsversorgung von Kanal1. Aus diesem Grund muss Kanal1 immer mit Spannung versorgt werden, d.h. an die Klemme KL1A muss mit 230V AC 50 Hz angeschlossen werden.

Über einen Trafo mit 2 Sekundärwicklungen (für jeden Kanal unabhängig) werden 12V AC erzeugt. Diese werden in D1/D2 gleichgerichtet (jeweils positive und negative Halbwelle getrennt), mit C1/C2 geglättet und in den Spannungsregler IC1 / IC2 auf +12V bzw. -12V stabilisiert.

Mit dieser Spannung werden die Operationsverstärker versorgt.

### 3.2.2 Messung



Spannungen vor und nach dem Spannungsregler.

Der Verbrauch liegt momentan bei ca. 4 mA pro Spannung(+/-) und Kanal. Das Netzteil ist so ausgelegt, dass bis maximal 6 mA geliefert werden.

### 3.3 Stromsensor

#### 3.3.1 Beschreibung

Am zwischen den beiden FETs befindlichen Shunt R1 liegt eine zum Laststrom proportionale Spannung an. Diese wird über R11 auf die Eingänge eines Operationsverstärkers gegeben. Dieser arbeitet mit einer Verstärkung von

$$v = \frac{R_{22}}{R_{11}} = \frac{150\text{k}\Omega}{100\Omega} = 1500$$

Durch eine anschließende Gleichrichtung mit den Dioden D4 bis D7 (aus Platzgründen kein Brückengleichrichter) wird eine Spannung erzeugt, die nur während der Nulldurchgänge bei 0 V liegt.

Dieses Signal wird über einen Optokoppler galvanisch entkoppelt und auf einen Eingang des Controllers geführt.

Kanal1: Pin10 Controllerstecker P0.3

Kanal2: Pin8 Controllerstecker P0.1

Über dieses Signal kann der Controller die Nulldurchgänge des Stromes feststellen.

#### 3.3.2 Berechnung

Die an R1 abfallende Spannung ist

$$U_1 = \frac{P \cdot R_1}{230\text{V}}$$

oder

$$U_1(t) = \frac{P \cdot R_1 \cdot \sqrt{2}}{230\text{V}} \sin(\omega \cdot t)$$

am Ausgang des Verstärkers:

$$U_A(t) = v \cdot U_1(t) = \frac{P \cdot R_1 \cdot R_{22} \cdot \sqrt{2}}{230\text{V} \cdot R_{11}} \sin(\omega t)$$

wobei

P Leistung der angeschlossenen Last

$\omega$  Kreisfrequenz =  $2 \pi f = 100 \pi$  (bei 50 Hz)

Der Optokoppler schaltet ab einer bestimmten Schwellspannung ein, so dass gilt:

$$k = P \cdot R_{22} \cdot \sin\left(\omega \frac{T}{2}\right)$$

für kleine Pulsbreiten kann der sin linearisiert werden, so dass gilt:

$$6270 = P \cdot R_{22} \cdot T$$

mit T = Pulsbreite

mit R22 = 150k ergeben sich folgende Pulslängen:

<u>P[W]</u>	<u>T [us]</u>	<u>T gemessen [us]</u>
15	2786	2700
25	1670	1650
40	1050	1010

60	700	570
75	557	480
100	418	340
200	210	120

Wird R22 kleiner gewählt, so kann bei niedrigen Leistungen der Nulldurchgang nicht mehr oder nur schlecht erkannt werden. Bei größerem R22 wird der Impuls bei großen Leistungen so kurz, dass er nicht mehr erkannt wird.

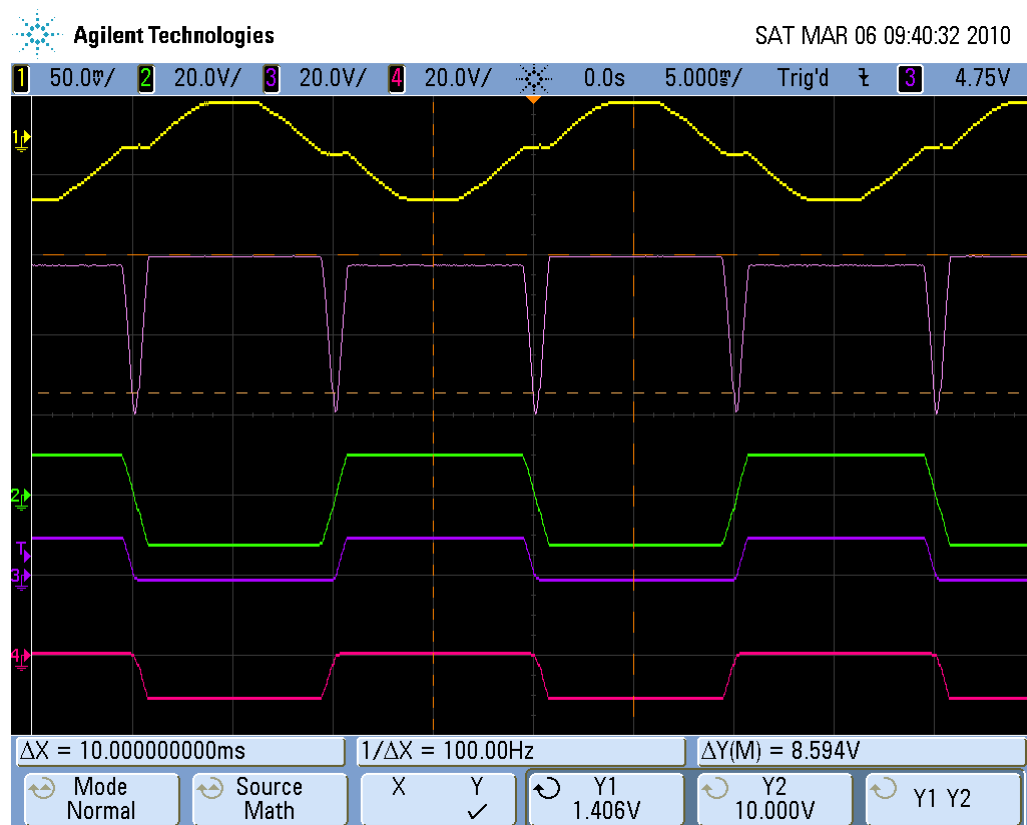
### 3.3.3 Messung

Kanäle:

1 gelb:	U an R11 IC3B –Eingang	Laststrom
2 grün:	U an Ausgang IC3B	verstärktes Stromsignal
3 lila:	U an R12 zu Dioden	positives Signal
4 rot:	U an Optokopler OK2A Pin2	negatives Signal
M rosa:	Kanal3 - Kanal4 =	Ansteuerung Optokoppler

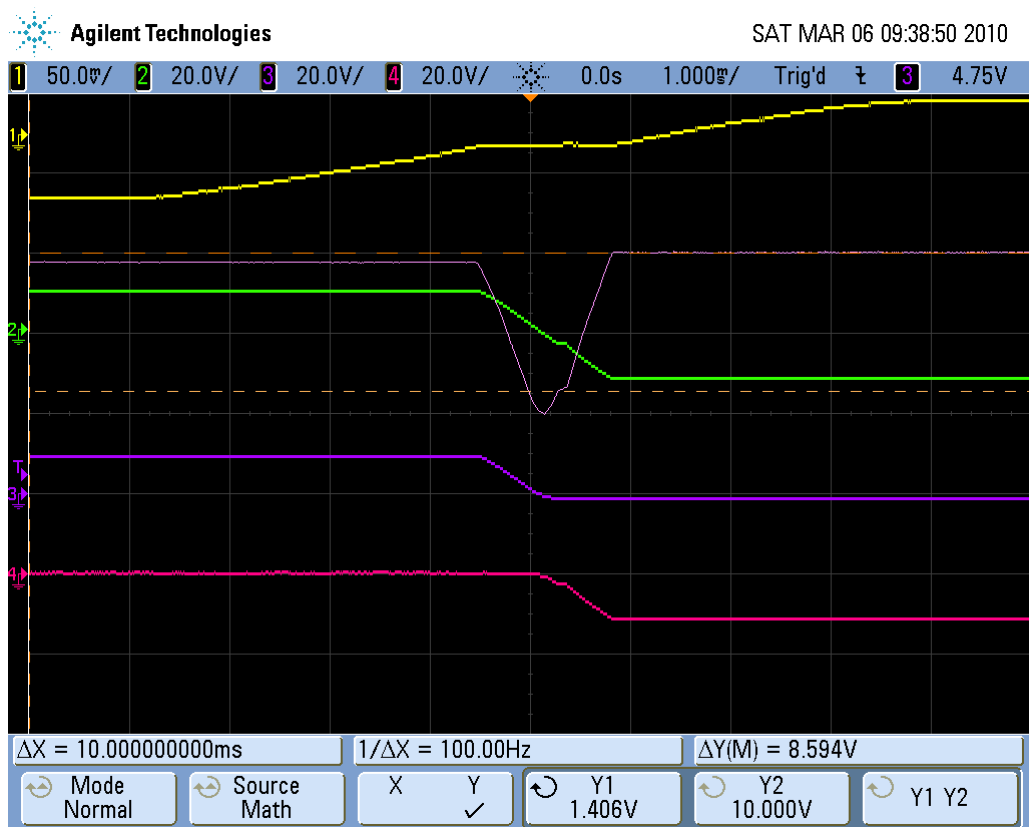
60W Glühlampe an Kanal1

Helligkeit: 255



M06\_C





M06\_B

### 3.4 Spannungssensor

Die jeweilige Versorgungsspannung wird über Spannungsteiler (R2..R5) auf ca. 3V verringert und anschließend auf die Eingänge eines Operationsverstärkers gegeben. Dieser arbeitet mit voller Verstärkung, so dass bei positiver Halbwelle der Spannung am Ausgang +12V anliegen und bei negativer Halbwelle -12V.

Dieses Signal wird über einen Optokoppler galvanisch entkoppelt und auf einen Eingang des Controllers geführt.

Kanal1: Pin13 Controllerstecker P0.4

Kanal2: Pin9 Controllerstecker P0.2

Über dieses Signal kann der Controller die Nulldurchgänge der Spannung feststellen.

### 3.5 Überlastmodul

#### 3.5.1 Beschreibung

Am zwischen den beiden FETs befindlichen Shunt R1 liegt eine zum Laststrom proportionale Spannung an. Diese wird über R14 auf den nichtinvertierenden Eingang eines Operationsverstärkers gegeben. Am invertierenden Eingang wird eine Spannung von 210mV (durch R16 und R17 erzeugt) angelegt. Damit liegen am Ausgang des Operationsverstärkers immer dann +12V an, wenn die Spannung am Shunt über 210mV ist. Dies ist bei einem Laststrom von ca. 1.5A der Fall. (Entspricht ca. 350W).

Diese Spannung ist nur während des Maximalwerts der positiven Halbwelle vorhanden. Sie lädt über R21 und D1 den Kondensator C2, der im Überlastfall also auf 12V aufgeladen wird. Sobald der Kondensator eine Spannung von über 8V

aufweist wird der Ausgang des nachgeschalteten Operationsverstärkers auf 0V gelegt.

R21 ist so dimensioniert, dass Einschaltstromspitzen nicht zu einem Abschalten des Dimmers führen, d.h. der Kondensator benötigt eine gewisse Zeit bis er auf 7,1V geladen ist.

Damit dieser auch wieder entladen wird ist R13 parallel geschaltet. R13 ist so dimensioniert, dass nach ca. 3s die Spannung des Kondensators auf unter 2,7V gefallen ist. Dann wird der Ausgang des nachgeschalteten Operationsverstärkers auf 12V gelegt.

R20 sorgt für die Hysterese von 4,4V.

Der Ausgang des 2. Operationsverstärkers hat 2 Aufgaben:

1. über einen Optokoppler wird der Überlastfall an den Controller gemeldet
2. die Spannung dient der Ansteuerung der FETs, d.h. bei einer Spannung von 0V können die FETs nicht durchgeschaltet werden und der Dimmer ist automatisch abgeschaltet.

Bei erkannter Überlast wird der Dimmerkanal für ca. 3s abgeschaltet. Anschließend wird wieder mit der zuletzt eingestellten Helligkeit eingeschaltet. Ist die Überlast immer noch vorhanden, so wird sofort wieder abgeschaltet.

Da der Überlastfall auch an den Controller gemeldet wird, sollte die Software bei länger anhaltender Überlast den Dimmer abschalten und in größeren Zeitintervallen einschalten.

### 3.5.2 Bestimmung der Ansprechgrenze

Die Leistungsgrenze ab welcher das Überlastmodul anspricht wird durch R16 festgelegt.

Berechnung:

$$P_{\max} = \frac{230\text{V} \cdot 12\text{V}}{\sqrt{2} \cdot R_1 \cdot \left( \frac{R_{17}}{R_{16}} + 1 \right)}$$

Mit  $R_1 = 0,1\Omega$ ,  $R_{17} = 220\text{k}\Omega$ ,  $R_{16} = 3,9\text{k}\Omega$  ergibt sich

$$P_{\max} = \frac{230\text{V} \cdot 12\text{V}}{\sqrt{2} \cdot R_1 \cdot \left( \frac{R_{17}}{R_{16}} + 1 \right)} = \frac{19516}{\left( \frac{R_{17}}{R_{16}} + 1 \right)} \approx 340\text{W}$$

Näherungsweise gilt:

$$P_{\max} \approx 0,0887\text{A}^2 \cdot R_{16} = 346\text{W}$$

### 3.5.3 Bestimmung des Abschaltverhaltens

Die Zeit die der Kondensator benötigt um auf 7,1V aufgeladen zu sein ist

$$t_1 = -R_{21} \cdot C_5 \cdot \ln\left(1 - \frac{7,1V}{11,3V}\right) = 22ms$$

Die Länge eines Ladeimpulses bei einer bestimmten Leistung ist

$$t_3 = 10ms - \frac{2}{\omega} \arcsin\left(\frac{P_{max}}{P}\right)$$

damit ergibt sich die Dauer bis die Überlast abgeschaltet wird zu

$$\Delta t = \frac{t_1}{t_3} 20ms$$

<b>P[W]</b>	<b><math>\Delta t</math> [ms]</b>
350	354
400	154
500	103
750	77
1000	69
2000	60
$\infty$	54

### 3.5.4 Bestimmung des Wiedereinschaltverhaltens

Die Dauer bis ein bei Überlast eingeschalteter Dimmer wieder eingeschaltet wird ergibt sich aus der Zeit die der Kondensator benötigt um sich von 7,1 auf 2,7V zu entladen:

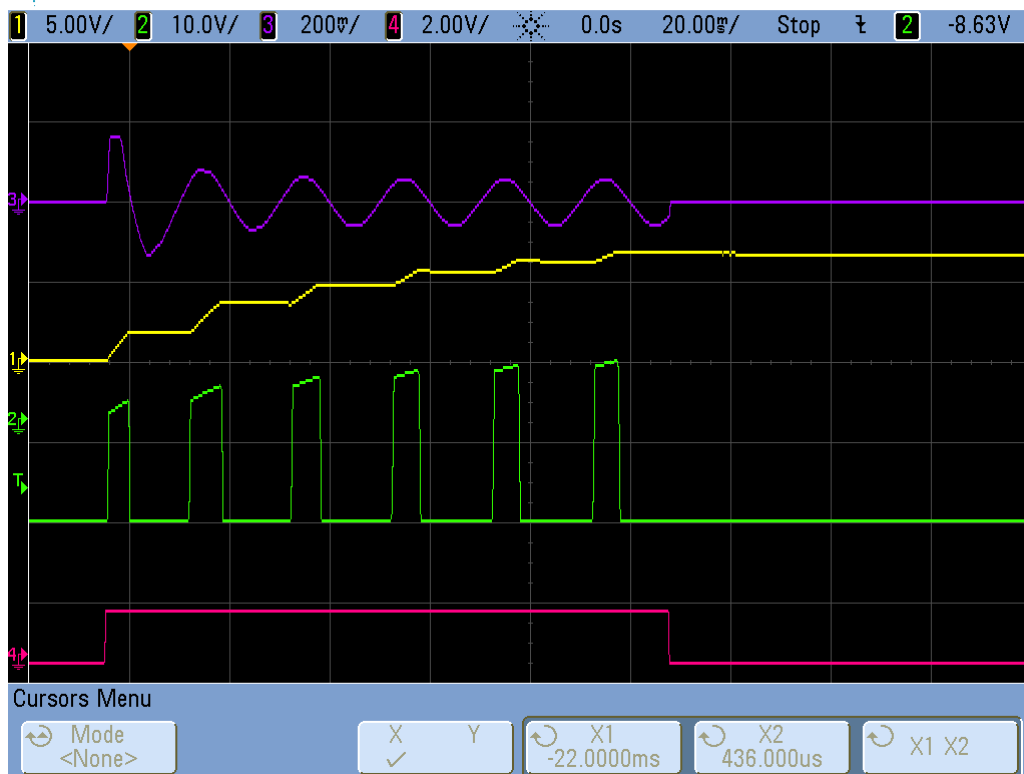
$$t_2 = -R_{13} \cdot C_5 \cdot \ln\left(\frac{2,7V}{7,1V}\right) = 4,5s$$

### 3.5.5 Messungen

Kanäle:

1 gelb:	U an C5	Kondensatorspannung
2:grün:	U an R21	Ladestrom C5
3:lila:	U an R14 IC3D +Eingang	Laststrom
4:rot:	U an R15	Ausgang des Moduls

Für die Messung wurde 1kOhm parallel zu R16 geschaltet, damit Pmax = 70W wird. 60W Lampe angeschlossen, 25W zuschaltbar, dann 85W = Überlast



## M01\_C Ausschaltverhalten



## M01\_A Wiedereinschaltverhalten

### 3.6 Ansteuerung der FETs

Falls nicht der Überlastfall vorliegt, so kommt vom Operationsverstärker eine Spannung von 12V. Diese dient der Durchschaltung der FETs. Sie kann vom Controller über einen Optokoppler OK1 abgeschaltet werden. Dann wird das Gate der FETs über R0 auf 0 V heruntergezogen.

Über diesen Ausgang kann der Controller die FETs ein- und ausschalten. Diese erfolgt alle 10ms. Die genauen Zeitpunkte werden durch die eingestellte Helligkeit und das Dimmverfahren vorgegeben.

### 3.7 Ansteuerung der Optokoppler

Damit die Optokoppler ein digitales Signal sicher an den Controller weitergeben können müssen mindestens 0.5 mA durch die Diode fließen.

Bei einer Ansteuerung mit 11V und einer Diodenspannung von ca. 1V ergibt sich damit ein maximaler Vorwiderstand von

$$R_{\max} = 10V / 0.5mA = 20k\Omega$$

Diese Grenze darf nicht überschritten werden, bei Messungen hat sich gezeigt, dass 22k $\Omega$  schon zu groß ist.

Beim Stromsensor muss beachtet werden, dass die Spannungen kleiner sind, insbesondere ist hier die ehemals negative Spannung kleiner als die positive, so dass hier ein geringerer Widerstand von 15k $\Omega$  verwendet werden muss.

### 3.8 Schnittstelle zum Controller

PIN	Controller	Beschreibung
01	EIB+	GND
02	EIB-	
03		
04		
05	VCC	3.1V vom Controller
06		
07	P0.0	Steuersignal Kanal2
08	P0.1	Stromsignal Kanal2
09	P0.2	Spannungssignal Kanal2
10	P0.3	Stromsignal Kanal1
11	P1.3	INT0 Stromsignal Kanal1
12		unbenutzt
13	P0.4	Spannungssignal Kanal1
14	P0.5	Überlastsignal Kanal1
15	P0.6	Steuersignal Kanal1
16	P0.7	Überlastsignal Kanal2
17		unbenutzt
18		unbenutzt
19		unbenutzt
20		unbenutzt

## **3.9 Sonstiges**

### **3.9.1 Leiterbahndicken**

Bei einem maximalen Strom von 2A einer Kupferauflage von 35um wird eine Leiterbahn mit einer Dicke von 0.8mm um 10 °C erwärmt.

Hier wurden 2.2mm gewählt, womit man auf der sicheren Seite ist. Ausserdem können die Leiterbahnen noch verzinkt werden.

70um und zusätzlich den Toplayer sind bei 16A (Relaiplatine nötig, nicht aber bei 2A. Quelle:

[http://www.mikrocontroller.net/attachment/12765/FED\\_Kap06\\_Strombelastung.pdf](http://www.mikrocontroller.net/attachment/12765/FED_Kap06_Strombelastung.pdf)

<http://www.multipcb.de/ger/sites/pool/index.html?/ger/sites/leiterplatte/strombelastbarkeit.html>

### **3.9.2 Bestückungsdruck**

Achtung: für den Bestückungsdruck müssen die folgenden Layer verwendet werden:

- 21 tplace
- 25 tnames
- 27 tvalues
- 51 tdocu