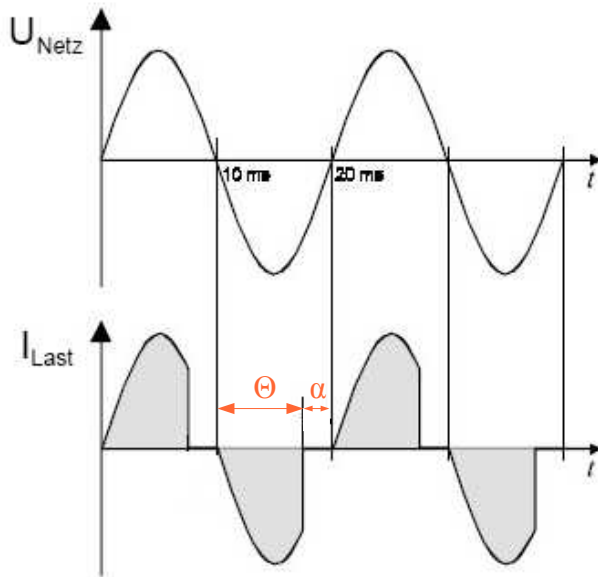
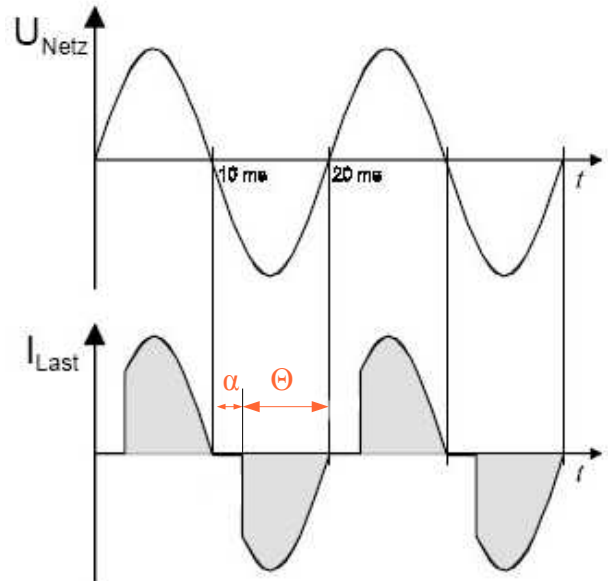


Phasensteuerung

- Phasenabschnittsteuerung



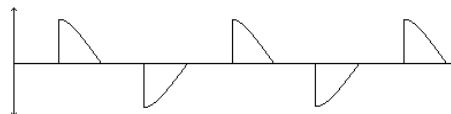
- Phasenanschnittsteuerung



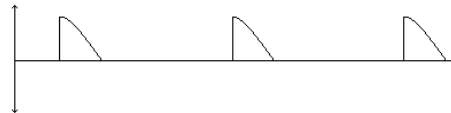
Phasenanschnittwinkel α
 Stromflusswinkel Θ
 → bei ohmschen Lasten

Möglichkeiten

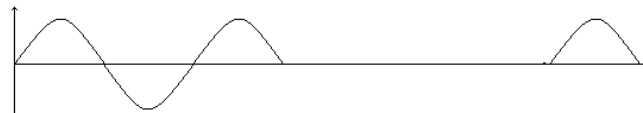
• Vollwellensteuerung



• Halbwellensteuerung



• Blocksteuerung



Phasenanschnittsteuerung: Ansteuerungsmöglichkeiten

• Vertikale Ansteuerung

- Stufenlos veränderbare Spannung U_{GA1}
- Zünden bei $U_{GA1} \approx 0,7V$

→ Unsicheres Zünden, da Zündzeitpunkt von U_{A2A1} abhängig, Zündzeitpunkt nicht konstant → Ständige Laständerung für Verbraucher

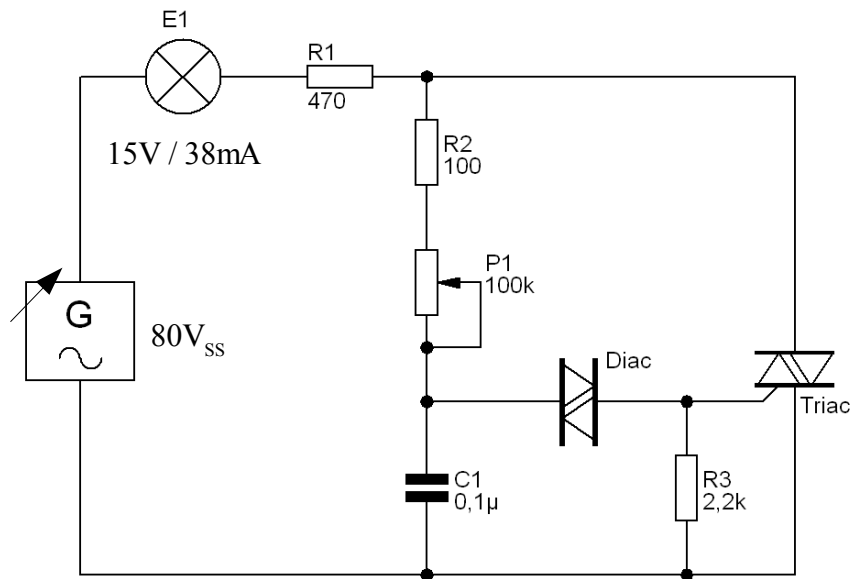
• Horizontale Ansteuerung

- Zum Zeitpunkt $t = \alpha$ wird ein Impuls ($U_{GA1} \geq 1V$) auf das Gate des Triac gegeben

→ schlagartiges Zünden

→ Exakte und konstante Leistungssteuerung

→ Untersuchung einer einfachen Phasenanschnittsteuerung

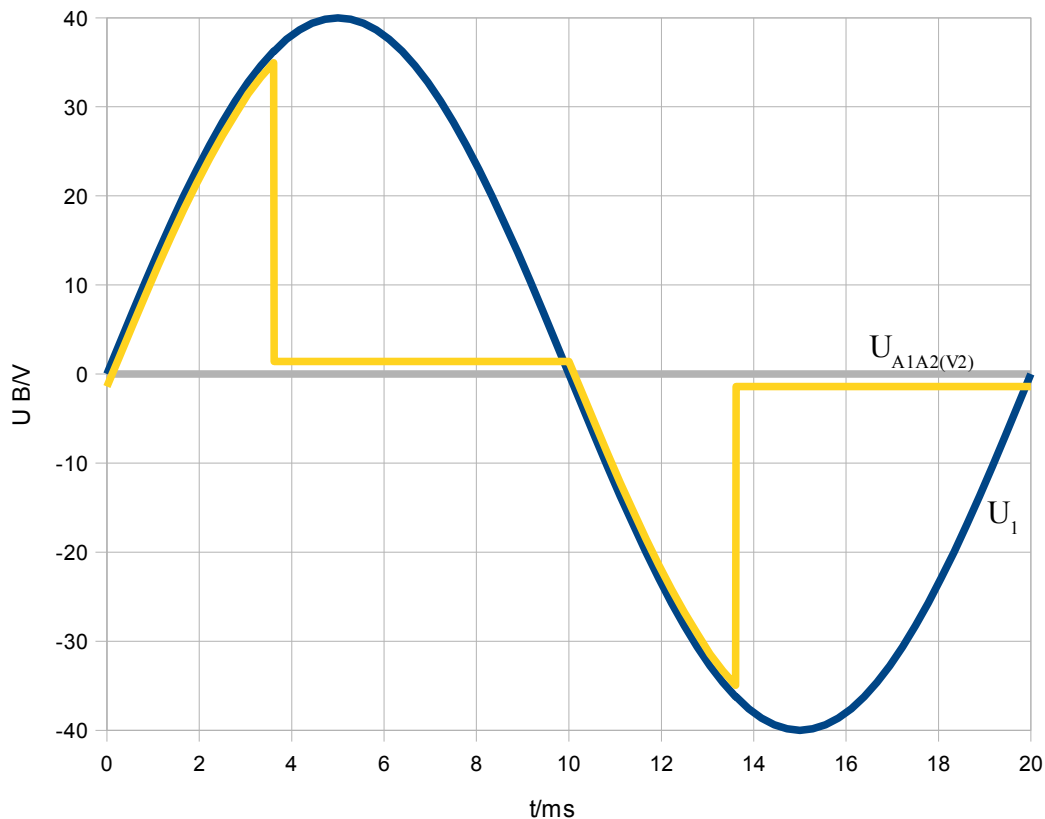


Messtechnische Untersuchung:

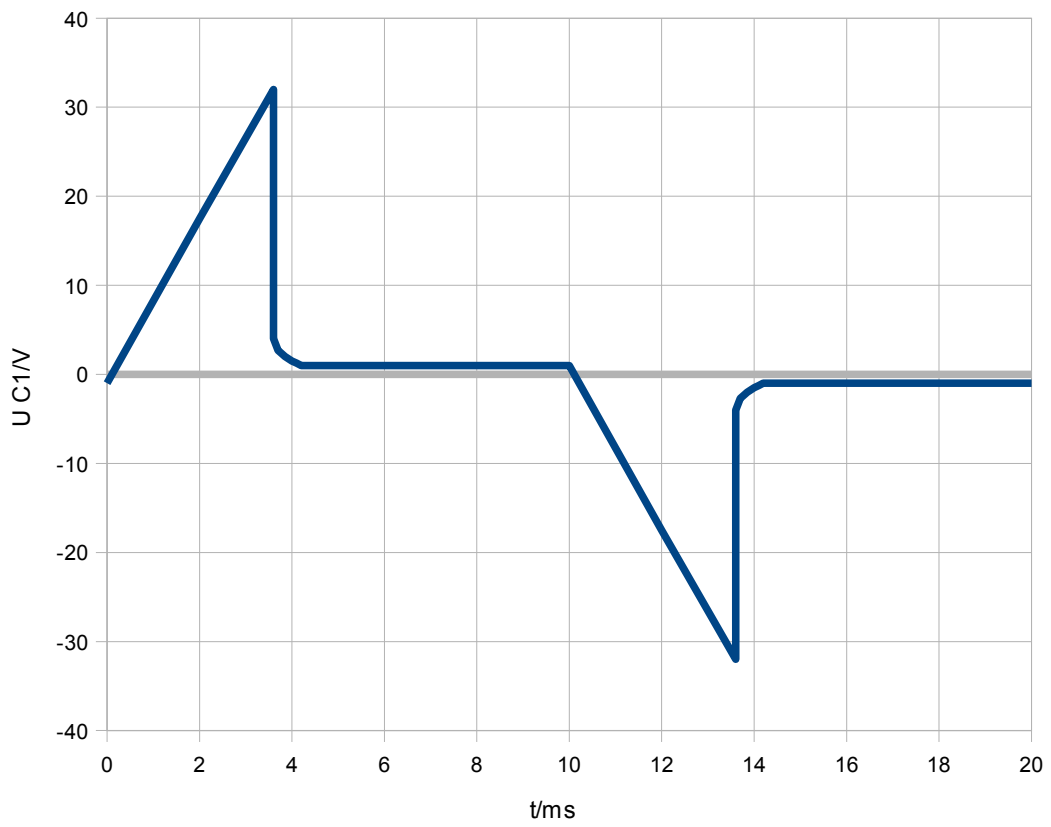
Statt des Potis wird ein Widerstand 2,2 k Ω eingesetzt.

Alle Spannungen sind auf den positiven Nulldurchgang der Spannung U_1 getriggert, dadurch lässt sich der zeitliche Zusammenhang der Signale erkennen.

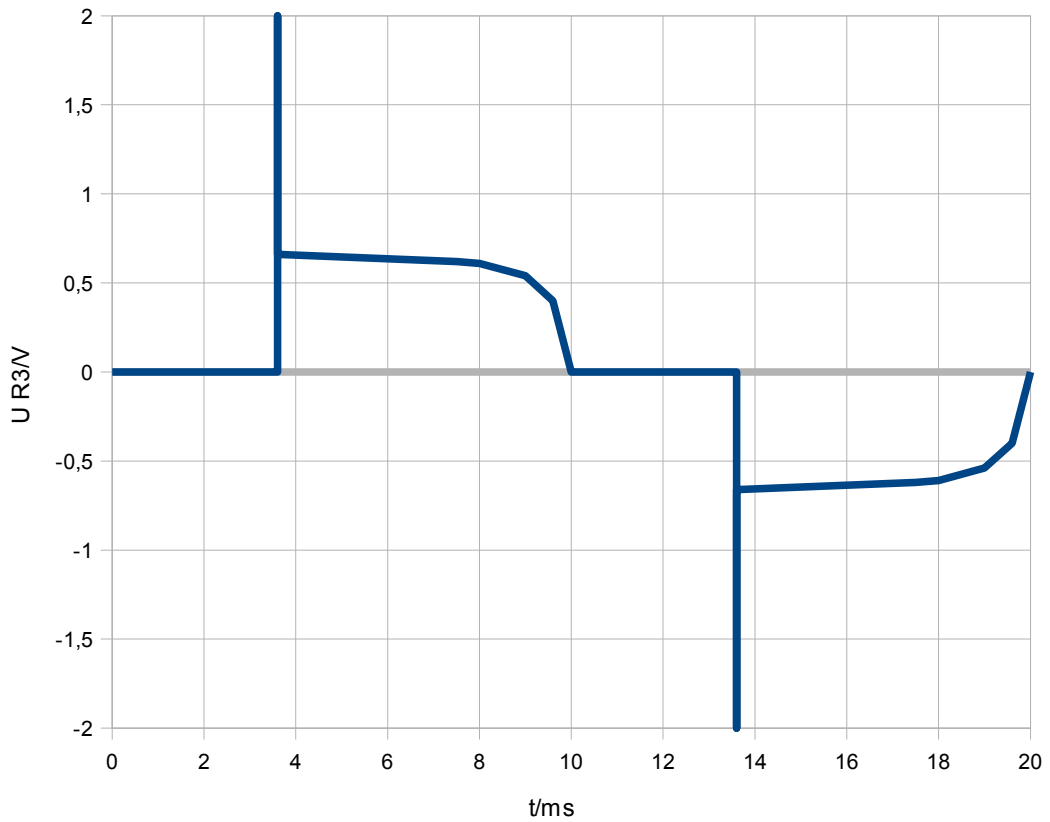
Betriebsspannung U_1 und Spannung $U_{A1A2(V2)}$ über dem Triac



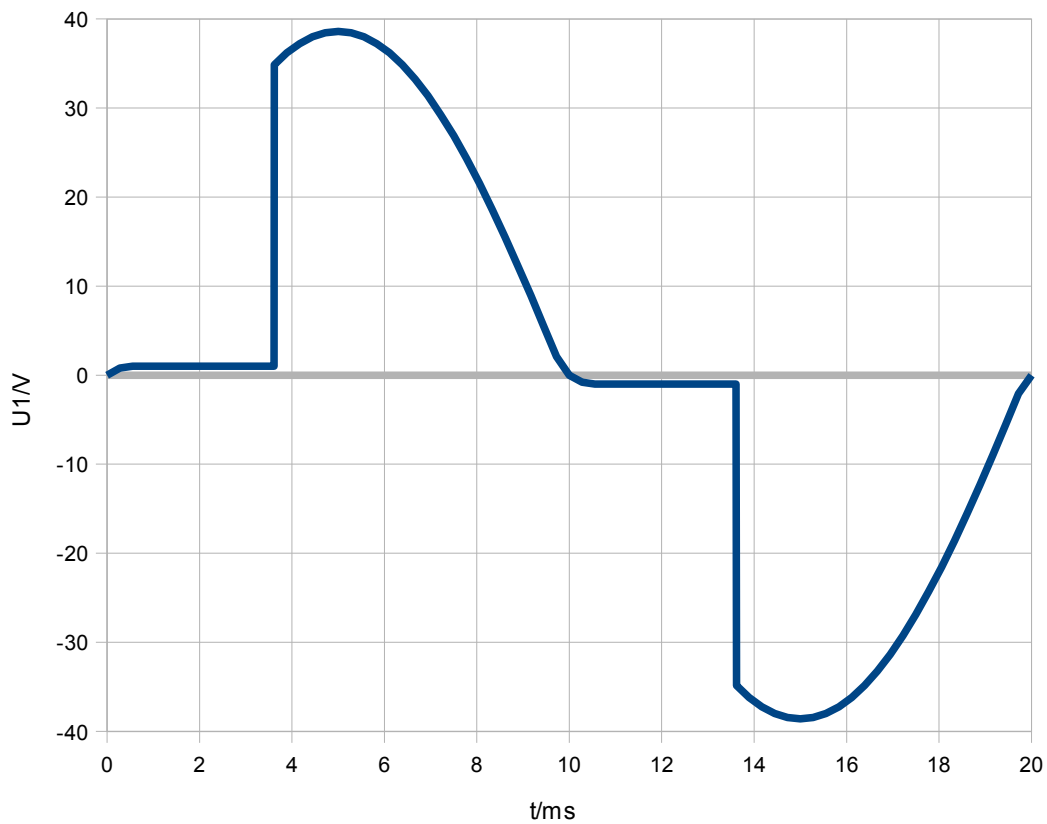
Spannung U_{C1}



Spannung U_{R3}



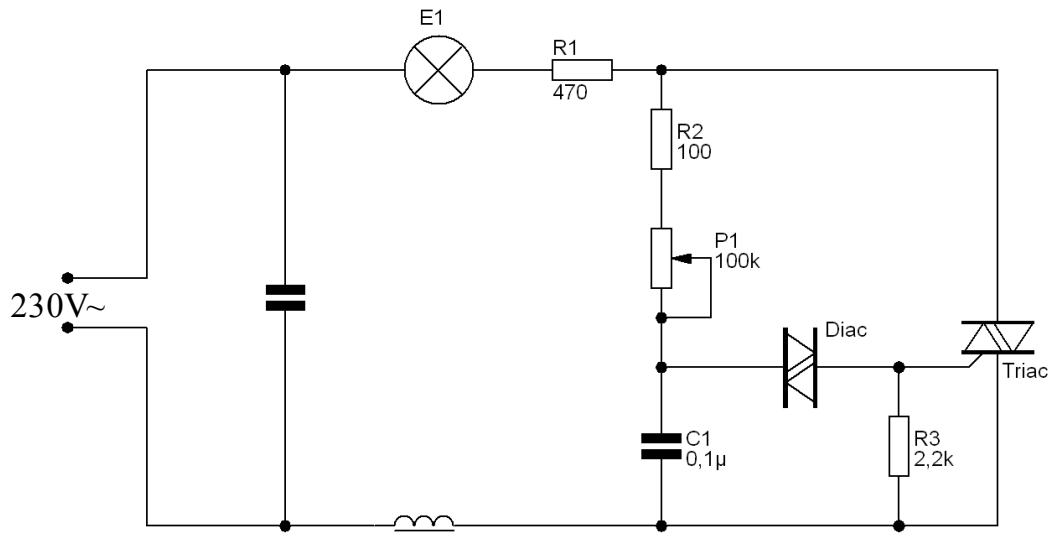
Spannung $U_{E_1R_1}$



Schaltungsbeschreibung

- Über R_2P_1 lädt sich C_1 phasenverschoben auf ($\varphi_{\max} = 72^\circ$). Sobald U_{C_1} den Wert der Schaltspannung des Diacs erreicht, wird V_1 leitend, entlädt C_1 etwas
→ Bei jedem Durchbruch ergibt sich an R_3 ein Nadelimpuls
→ mit dem 1. Nadelimpuls wird der Triac gezündet
→ U_{V_2} wird $\approx 2V$ → Rest der Spannung fällt am Verbraucher (E_1R_1) ab
- Beim Nulldurchgang der Spannung sperrt der Triac
- Bei zu geringer Betriebsspannung (unter $\approx 32V_{SS}$) wird der Diac nie gezündet
→ Schaltung funktioniert nicht, da Triac auch nicht gezündet wird

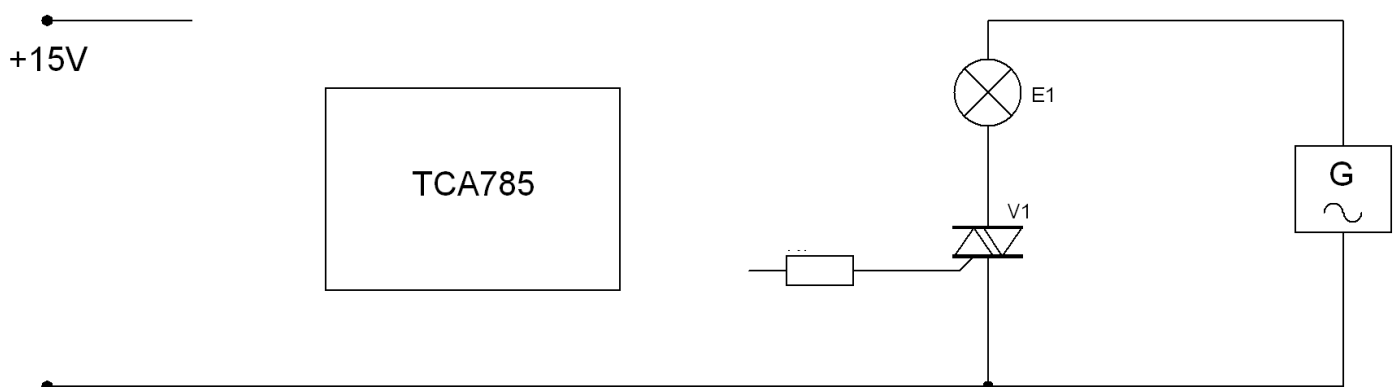
- Zum Betrieb der Schaltung am Netz müssen Maßnahmen zur Funkentstörung getroffen werden. Durch das schnelle Schalten entstehen hohe Frequenzen, die andere Geräte und Rundfunk stören.
→ LC Tiefpass in der Zuleitung



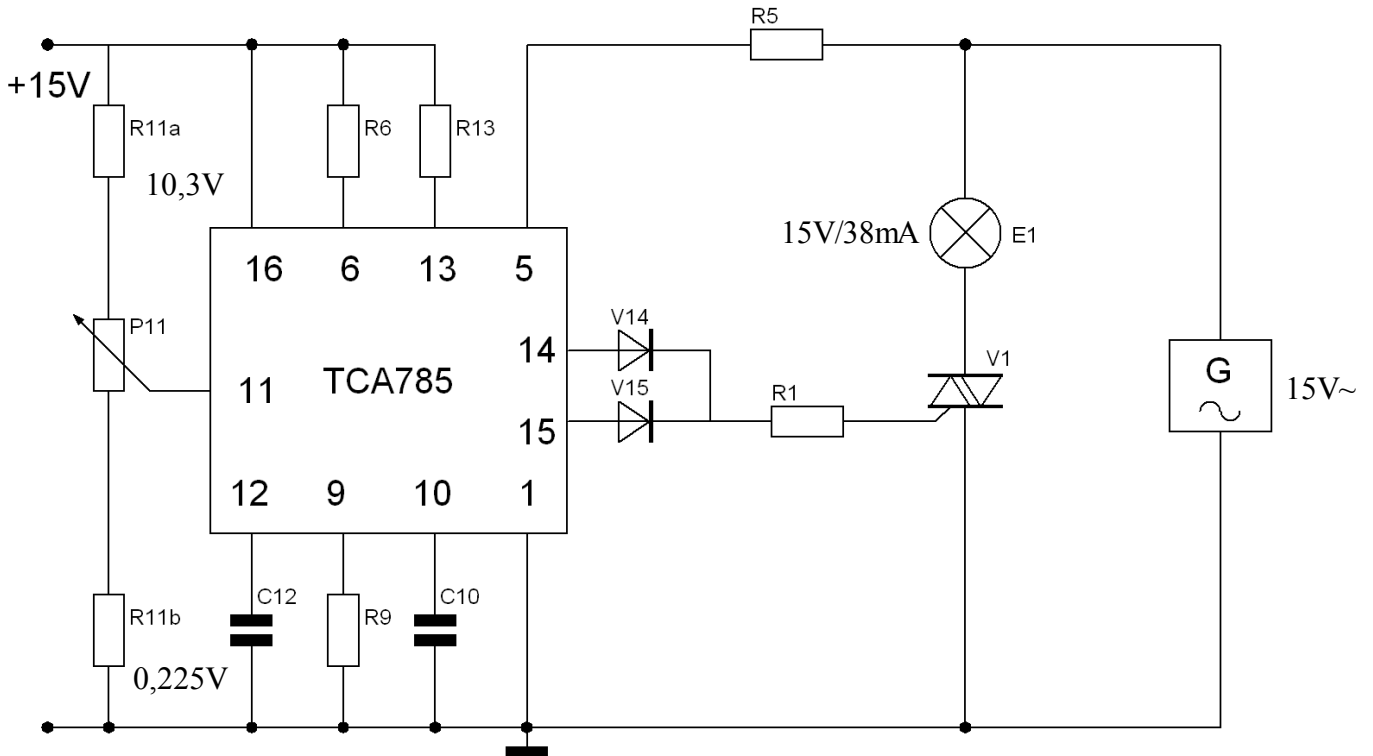
→ Phasenanschnittsteuerung mit TCA785

Es soll eine Schaltung zur Phasenanschnittsteuerung mit dem IC TCA785 und einem Triac dimensioniert werden. Es steht das Datenblatt des TCA785 zur Verfügung.

Vorgabe:



Nach Angaben aus dem Datenblatt ergibt sich folgende Schaltung:



Dimensionierung der Schaltung

- R_5

Datenblatt:

min

max

Eingangsstrom	$I_{5\text{min}}$	1	30	200	μA
----------------------	-------------------	---	----	-----	---------------

$$R_{5\text{max}} = \frac{U_2}{I_{5\text{min}}} = \frac{15\text{V}}{30\mu\text{A}} = 500\text{k}\Omega \quad + \quad R_{5\text{min}} = \frac{U_2}{I_{5\text{max}}} = \frac{15\text{V}}{200\mu\text{A}} = 75\text{k}\Omega$$

$$R_5 = 220\text{k}\Omega$$

- R_{13}

Datenblatt:

min

typ

max

Kurzimpuls am Ausgang	U_{13H}	1	3.5	2.5	V
Langimpuls am Ausgang	U_{13L}	1		2.5	V
Eingangsstrom	I_{13H}	1		10	μA
$U_{13} = 8\text{V}$					

$$R_{13} = \frac{U_1 - U_{13H}}{I_{13H\text{max}}} = \frac{15\text{V} - 8\text{V}}{10\mu\text{A}} = 700\text{k}\Omega \quad \longrightarrow \quad R_{13} = 1\text{M}\Omega$$

- R_6

Datenblatt: min typ max

Ausgänge frei	U_{6H}	1	4	3,3		V
Signalübergangszeit	t_f	1	1		5	μs
Eingangsstrom	I_{6H}	1		500	800	μA
$U_6 = 8 V$						

$$R_{6min} = \frac{U_1 - U_6}{I_{6max}} = \frac{15V - 8V}{800\mu A} = 8,75 k\Omega$$

$$R_{6max} = \frac{U_1 - U_6}{I_{6min}} = \frac{15V - 8V}{500\mu A} = 14 k\Omega$$

$$R_6 = 10 k\Omega$$

- $V_{14} = V_{15} = 1N4007$ ($U_F = 0,7V$)
- R_1

Datenblatt: min typ max

H-Ausgangsspannung	$U_{14/15H}$	3,6	$U_S - 3$	$U_S - 2,5$	$U_S - 1,0$	V
$-I_Q = 250 mA$						

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{U_{14H} - U_F - U_{GA2V1}}{I_{14H}} = \frac{(15V - 2,5 V) - 0,7 V - 2V}{250mA} = 39,2 \Omega$$

$$\rightarrow I_{2typ} = 20mA \rightarrow R_1 = 490 \Omega \rightarrow R_1 = 470 \Omega$$

- R_9/C_{10}

Datenblatt:

Dimensionierungshinweise für externe Beschaltungen				
		min	max	
Rampenkapazität	C_{10}	500 pF	1 μF ²⁾	Die Minimal- und Maximalwerte von I_{10} sind einzuhalten
Zündzeitpunkt	$t_z = \frac{U_{11} \cdot R_9 \cdot C_{10}}{U_{REF} \cdot K}$		1)	
Ladestrom	$I_{10} = \frac{U_{REF} \cdot K}{R_9}$		1)	Rampenspannung $U_{10max} = U_S - 2 V$ $U_{10} = \frac{U_{REF} \cdot K \cdot t}{R_9 \cdot C_{10}}$ ¹⁾
				Umstellen nach C_{10}

1) $K = 1,10 \pm 20\%$
 2) Achtung auf Rücklaufzeiten

		min	typ	max
Referenzspannung	U_{REF}	1	2,8	3,1
				3,4
				V

		min	typ	max	
Rampengenerator					
Ladestrom	I_{10}	10		1000	μA
Max. Rampenspannung	U_{10}	1		$U_2 - 2$	V
Restspannung am Kondensator	U_{10}	1,6	100	225	mV
Rampenwiderstand	R_9	1	3	300	k Ω
Sägezahn-Rücklaufzeit	t_f	1		80	μs

$$R_{9max} = \frac{U_{Ref} * k}{I_{10min}} = \frac{3,1 V * 1,1}{10 \mu A} = 341 k\Omega \rightarrow R_{9max} = 300 k\Omega$$

$$R_{9min} = \frac{U_{Ref} * k}{I_{10max}} = \frac{3,1 V * 1,1}{1 mA} = 3,41 k\Omega$$

$$R_9 = 100 k\Omega$$

$$U_{10max} = U_s - 2V \quad \text{bei } t_{max} = \frac{T}{2} \quad (\text{Kondensator wird bei jeder Netzhalbwelle neu geladen})$$

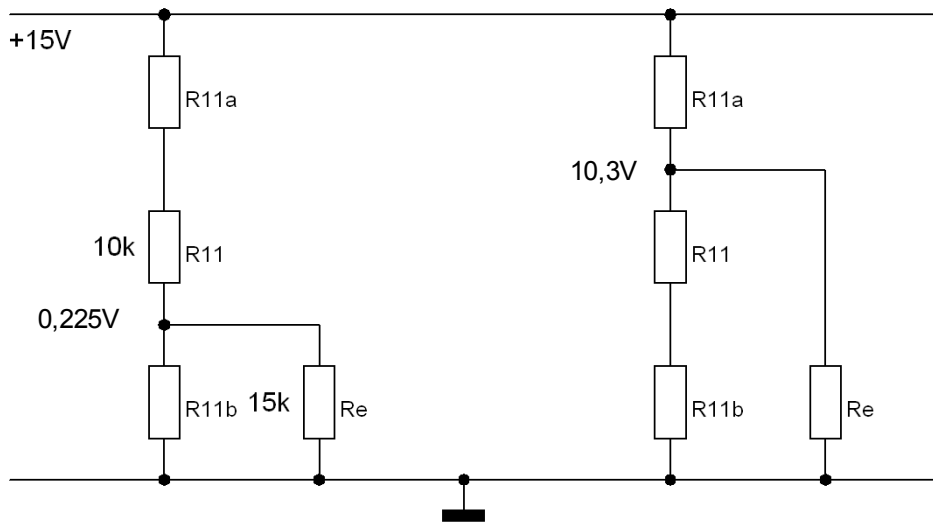
$$C_{10} = \frac{U_{Ref} * K * \frac{T}{2}}{R_9 * (U_s - 2V)} = \frac{3,1 V * 1,1 * 10ms}{100k \Omega * (15V - 2V)} = 26nF$$

$$C_{10} = 33nF$$

Da C_{10} größer als berechnet ist und daher nie komplett geladen wird, wird U_{10max} nie erreicht.

$$\rightarrow U_{10max\text{ neu}} = \frac{U_{Ref} * K * \frac{T}{2}}{R_9 * C_{10}} = \frac{3,1 V * 1,1 * 10ms}{199 K \Omega * 33nF} = 10,3 V$$

• R_{11a} und R_{11b}

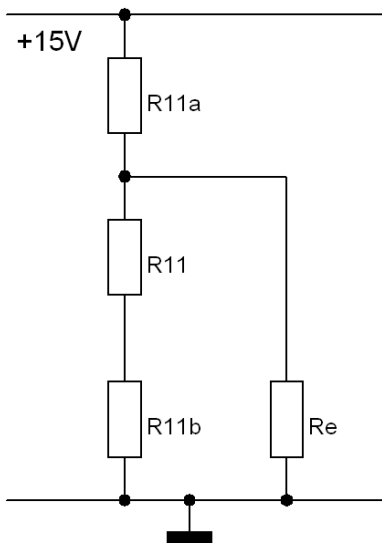


unterer Potianschlag oberer Anschlag
 → Lösbar nur über Netzwerkanalyse (Gleichung mit zwei Unbekannten)



Näherungsrechnung

$$\begin{aligned}
 U_{R11} &\approx 10V \rightarrow I_{R11} \approx 1mA \\
 \rightarrow I_{re} &\approx 15\mu A \rightarrow I_{R11b} \approx 1mA \\
 &\rightarrow R_{11b} \approx 225 \Omega \\
 &\downarrow \\
 R_{11b} &= 220 \Omega
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 U_{R11} + U_{R11b} &= 10,3V \\
 R_{11} + R_{11b} &= 10,2k \Omega \\
 &\Rightarrow I_{R11} \approx 1mA
 \end{aligned}$$

$$I_{gr} = \frac{U_{gr}}{R_e} = 688\mu A$$

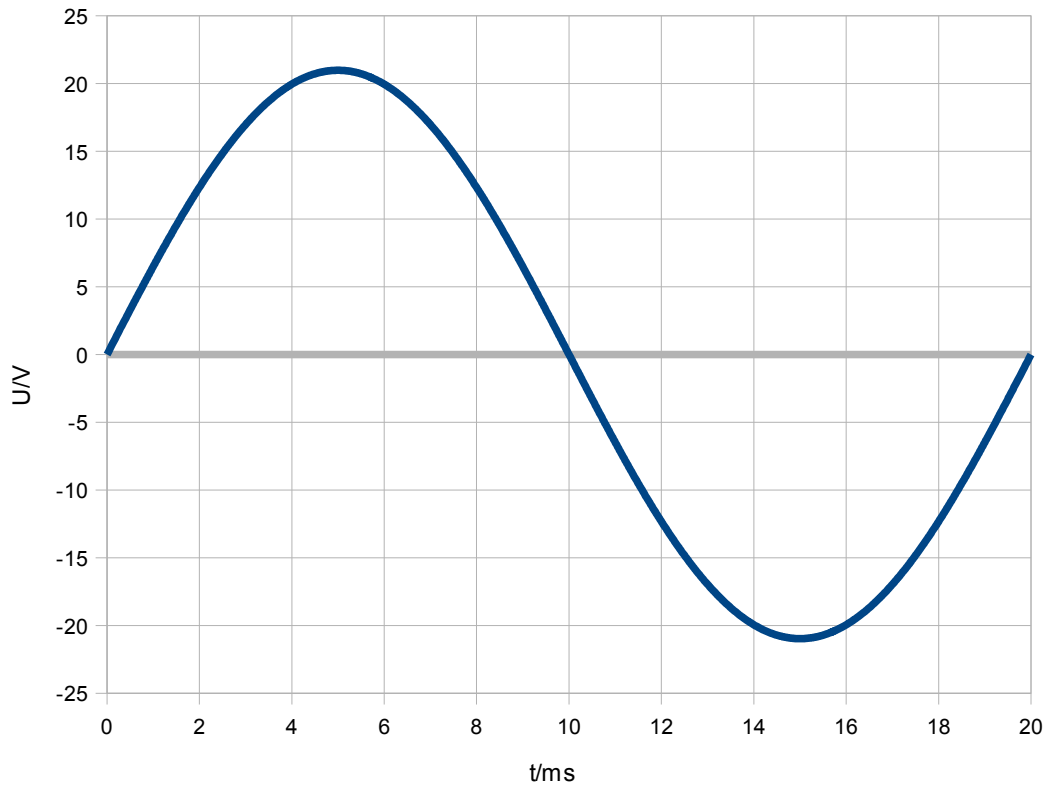
$$I_{R11a} = 1,69 mA \rightarrow R_{11a} = \frac{U_{R11a}}{I_{R11a}} = 4,7 \frac{V}{1,7} mA = 2,8 k\Omega$$

$$R_{11a} = 207 k\Omega$$

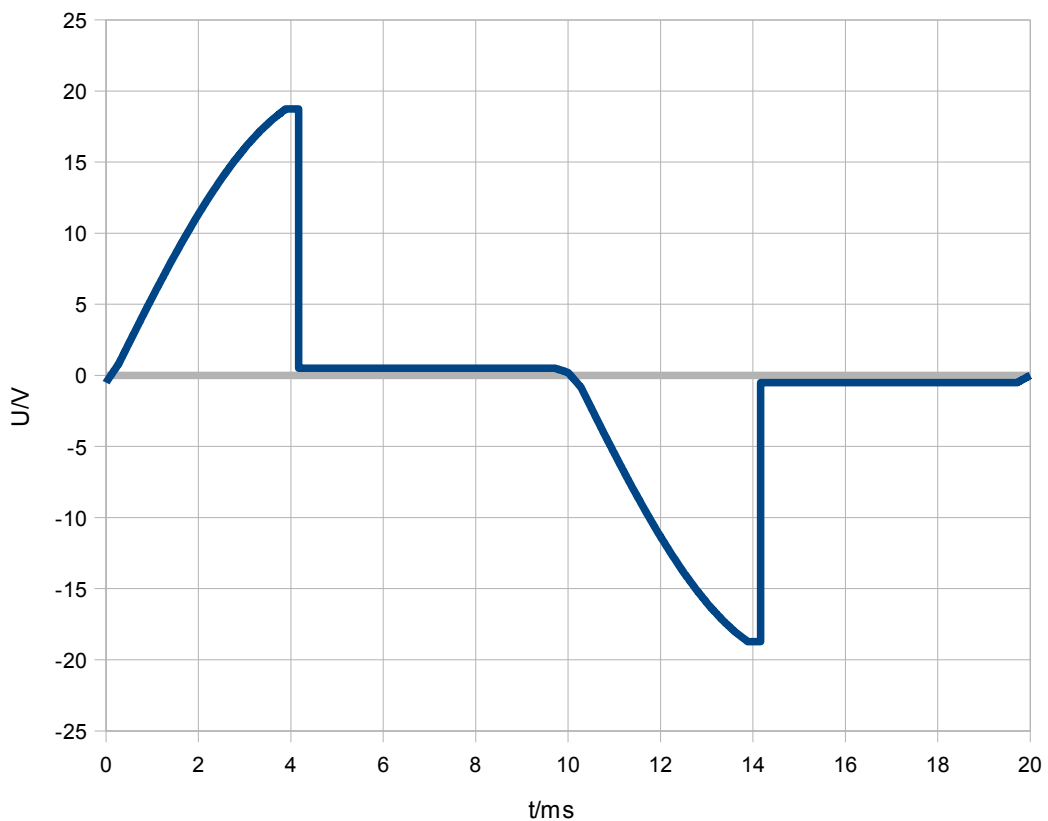
Messtechnische Untersuchung:

- Steuerspannung $U_{11} = 5V$
- Triggerung auf den Nulldurchgang der positiven Halbwelle von U_2

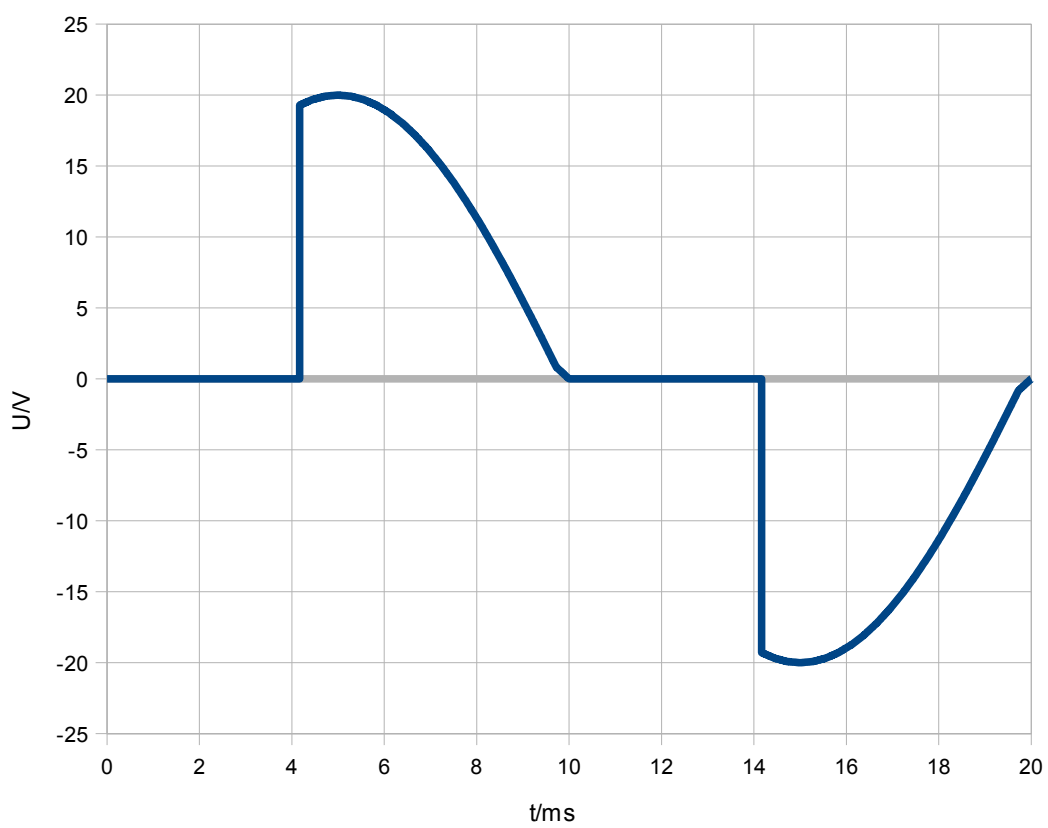
Wechselspannung U_2 :



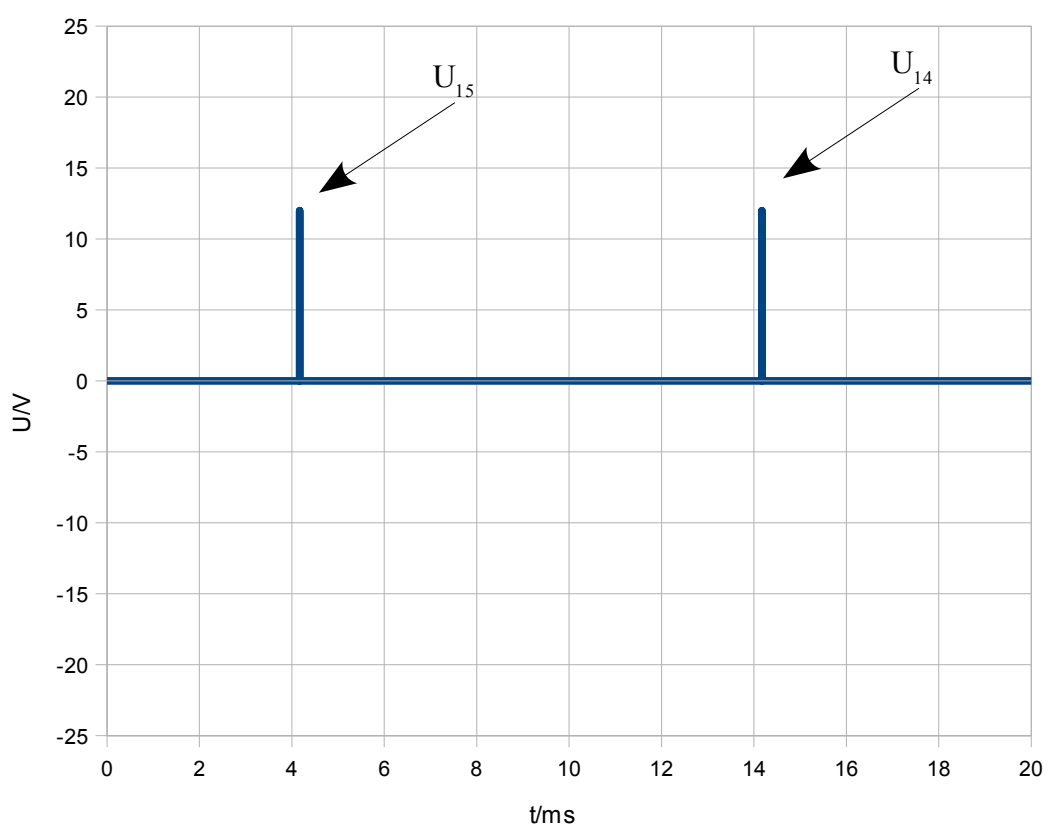
Spannung U_{V1} über dem Triac:



Spannung U_{E1} an der Glühlampe



Zündimpulse U_{14} ; U_{15} an den Pins 14 bzw. 15



Ladespannung U_{10} am Kondensator C_{10}

Da die Konstantstromquelle im IC nicht optimal ist, ist auch die Ladekurve leicht gekrümmt.

