

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

Studiengang Elektro- und Informationstechnik

Prüfungsfach:	Analoge Schaltungstechnik (SC), SoSe 2023		
Prüfungstermin:	11. Jul. 2023	Studiengruppe:	EI4
Prüfungsdauer:	90min (planmäßig: 11-12:30h), Räume S051/52, Platz: ____		
Zugelassene Hilfsmittel:	CASIO fx-991 Version DE X oder älter 10 S. DIN-A4 eigenhandschriftlich		
Aufgabensteller:	Prüfungsteil Prof. Dr. Martin Schubert		
Prüfungsteilnehmer/in:	(Bitte leserlich in Druckbuchstaben)	Sem.:	_____
Name:	<u>M u s t e r l ö s u n g</u>		
Vorname:	<u>Martin Schubert</u>	MatNr:	_____

Zusätzliche Blätter können nur dann gewertet werden, wenn Sie durch Angabe der Prüfung, des Namens, des Datums und der bearbeiteten Aufgabe **eindeutig zuzuordnen** sind !

Maximal erreichbare Punktzahl: 100 Punkte

Runden Sie Zahlenwerte typischerweise auf drei Dezimalstellen oder auf so viele, wie offensichtlich notwendig sind (z.B. $x=0,9997$, wenn das Ergebnis $x<1$ sein muss).

>>>>> Rot ist Korrekturfarbe, bitte keinen Rotstift verwenden ! <<<<<

Weitere Hinweise:

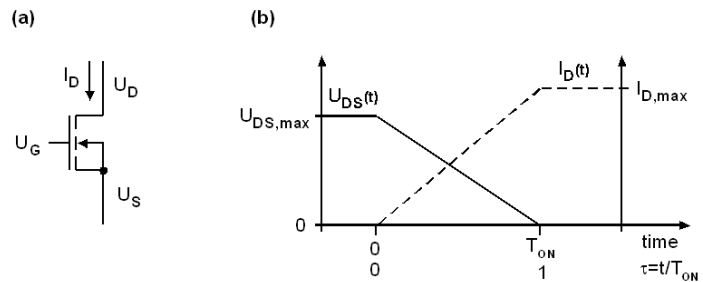
1. Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass Folgefehler nach Möglichkeit vermieden werden. Nach „Rechnen Sie weiter mit...“ ist unbedingt mit dem gegebenen Wert weiterzurechnen.
2. Kalkuliert wurde ein Zeitbedarf von ca. einem Punkt pro Minute. Verwenden Sie nicht zu viel Zeit für Aufgaben, die nur wenige Punkte bringen.

Punkte:	Note:	Datum:	Prüfer: Prof. Dr. M. Schubert
---------	-------	--------	-------------------------------

1 Grundlagen: Schaltzeit und Energieverbrauch ($\Sigma=15P$)

Fig. 1:

(a) FET als Schalter

(b) Angenommener Verlauf von I_D und U_{DS} .

Gegeben sei für den MOSFET in Bildteil (a) Spannungs- und Stromverlauf gemäß Bildteil (b). Mit $\tau = t / T_{ON}$ ergibt sei

$$I_D = \begin{cases} 0 & \text{für } \tau \leq 0 \\ I_{D,\max} \cdot \tau & \text{für } 0 \leq \tau \leq 1 \\ I_{D,\max} & \text{für } \tau \geq 1 \end{cases} \quad \text{und} \quad U_{DS} = \begin{cases} U_{DS,\max} & \text{für } \tau \leq 0 \\ U_{DS,\max} \cdot (1 - \tau) & \text{für } 0 \leq \tau \leq 1 \\ 0 & \text{für } \tau \geq 1 \end{cases}$$

(a) Welche Formel beschreibt die Leistung, welche den MOSFET erwärmt als Funktion der Zeit für $\tau < 0$, $0 \leq \tau \leq 1$, $\tau > 1$? Verwenden Sie $P_m = U_{DS,\max} \cdot I_{D,\max}$. (4P)

$$P(\tau) = \begin{cases} 0 & \text{für } \tau \leq 0 \\ P_m \cdot \tau(1 - \tau) = P_m(\tau - \tau^2) & \text{für } 0 \leq \tau \leq 1 \\ 0 & \text{für } \tau \geq 1 \end{cases}$$

(b) Zu welchem Zeitpunkt t_p erreicht diese Leistung ihr Maximum P_{peak} ? Herleitung! (3P)

$$\text{Kettenregel: } \frac{dP(\tau(t))}{dt} = \frac{dP(\tau)}{d\tau} \cdot \frac{d\tau}{dt} \quad \rightarrow \quad \tau(t) = t/T_{ON} \quad \rightarrow \quad \frac{d\tau}{dt} = \frac{1}{T_{ON}}$$

$$\frac{dP(\tau(t))}{dt} = \frac{dP(\tau)}{d\tau} \cdot \frac{d\tau}{dt} = \frac{dP(\tau)}{d\tau} \cdot \frac{1}{T_{ON}} = \begin{cases} 0 & \text{für } \tau \leq 0 \\ \frac{P_m}{T_{ON}} \cdot (1 - 2\tau) & \text{für } 0 \leq \tau \leq 1 \\ 0 & \text{für } \tau \geq 1 \end{cases} = 0 \text{ in } \tau_p = \frac{1}{2}$$

$$\text{Maximum in } \frac{dP(\tau(t=t_p))}{dt} = 0 : \text{ in } \tau_p = \frac{1}{2} \rightarrow t_p = \frac{1}{2} T_{ON}$$

(c) Wie groß ist das Leistungsmaximum P_{peak} als Funktion von P_m ? Herleitung! (2P)

$$P_{peak} = P(\tau=\frac{1}{2}) = P_m \cdot \frac{1}{2} \cdot (1 - \frac{1}{2}) = \frac{1}{4} P_m$$

.....

(d) Wie groß ist die für den Schaltvorgang aufgewendete Energie E_{SW} als Funktion von T_{ON} ?

(5P)

$$t(\tau) = T_{ON} \cdot \tau \rightarrow t'(\tau) = dt/d\tau = T_{ON}$$

$$E_{SW} = \int_{t=0}^{t=T_{ON}} P(t) dt = \int_{\tau(t=0)}^{\tau(t=T_{ON})} P(t(\tau)) \cdot \frac{dt}{d\tau} \cdot d\tau = \int_{\tau=0}^1 P_m(\tau - \tau^2) \cdot T_{ON} \cdot d\tau = P_m T_{ON} \left[\frac{1}{2} \tau^2 - \frac{1}{3} \tau^3 \right]_{\tau=0}^{\tau=1} =$$

$$= \frac{P_m}{6} \cdot T_{ON}$$

(e) Welche Abhängigkeit ergibt sich für E_{SW} von der Schaltzeit T_{ON} ?

(1P)

E_{SW} ist proportional zu T