

Aufgabenstellung zur Ausarbeitung

Wintersemester 2021/22

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung:

- Die Bearbeitungszeit beginnt am 7. März 2022, nach der Veröffentlichung der Aufgabenstellung auf der EuS Homepage.
- Die Bearbeitungsdauer beträgt vier Wochen und endet am 4. April um 00:00 Uhr Mitternacht. Später eingegangene Ausarbeitungen werden nicht bewertet.
- Ihre Einreichung der Ausarbeitung stellt die verbindliche Anmeldung zur Prüfung dar. In LSF angemeldete Studierende, die keine Ausarbeitung eingereicht haben, werden ohne Fehlversuch abgemeldet.
- Zur Anfertigung Ihrer Ausarbeitung lösen Sie bitte die Aufgabenstellungen auf den nachfolgenden Seiten und dokumentieren Sie die Lösung wie nachfolgend beschrieben.
- Jede Ausarbeitung ist selbständig von der zu prüfenden Person zu erstellen. Gegenseitige inhaltliche Hilfestellungen sind insoweit möglich, wie sie die selbstständige Erstellung der Ausarbeitung nicht betreffen. Sollten Sie Beiträge von anderen Studierenden oder anderen Quellen in Ihre Arbeit einfließen lassen, so sind diese Beiträge als Zitate entsprechend zu kennzeichnen um den Anschein eines Plagiats oder eines Betrugsversuch zu vermeiden.
- Basis der Bewertung ist die Vollständigkeit, Richtigkeit, Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit Ihrer Darstellung der der Lösung. Wie in einer realen Wettbewerbssituation wird Ihre eigene Leistung höher bewertet, wenn sich Ihre Lösungen von denen der anderen Studierenden durch eigenständige und im Vergleich überdurchschnittlich gute und verständliche Beiträge auszeichnen.
- Der maximale Umfang der Ausarbeitung beträgt vier DIN-A4 Seiten (einseitig) mit einer Schriftgröße von minimal 12pt Times Roman. Deckblatt und Anhänge (z.B. Literaturverzeichnis, Datenblätter) sowie Ausarbeitungsinhalte, die über den maximalen Umfang hinausgehen, werden nicht in die Bewertung einbezogen.
- Die Ausarbeitung ist im PDF-Format einzureichen. Für die Gliederung der Ausarbeitung ist die Gliederung der Aufgabenstellung zwingend zu übernehmen. Ausarbeitungen ohne diese Gliederung werden nicht bewertet und gelten als nicht eingereicht (kein Fehlversuch).
- Es wird ausschließlich die erste eingereichte Version einer Ausarbeitung gewertet. Nachgereichte Zusätze oder verbesserte Versionen werden nicht bewertet.

1 Aufgabenstellung

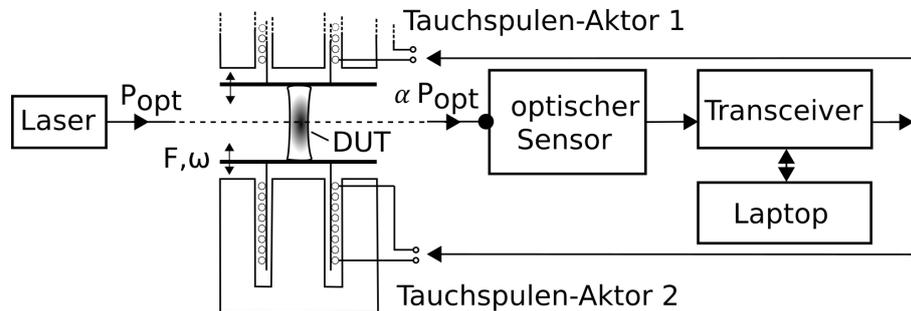


Abbildung 1: Blockschaltbild des Systems, vom Kunden skizziert.

Ein potenzieller Auftraggeber wünscht sich eine Lösung für die von ihm in Abb. 1 skizzierte Aufgabe. Die Materialeigenschaften eines transluzenten, viskoelastischen Materials *DUT* sollen anhand der Dämpfung α der optischen Leistung eines Laserstrahls nach der Transmission durch das Material ermittelt werden. Dazu wird das Material an zwei sich gegenläufig bewegenden Tauchspulen-Aktoren fixiert und die Abhängigkeit der Dämpfung $\alpha = \alpha(f, F, T) = 10^{-4} \dots 10^{-2}$ des Materials von der Frequenz $f = 0 \dots 1 \text{ kHz}$ bei zeitharmonischer Stauchung und Streckung des Materials mit einer Kraft F ermittelt. Das dazu notwendige Anregungssignal und das Empfangssignal sollen in einer Transceiver-Komponente (Transmit + Receive) aus digitalen Daten erzeugt bzw. in digitale Daten gewandelt werden, die über eine USB-Schnittstelle mit einem Laptop ausgetauscht werden können. Die dazu notwendige Software für Transceiver und Laptop ist bereits beim Kunden vorhanden. Aus vorangegangenen Versuchen weiß der Kunde, dass die maximale Stromaufnahme (Spitzenwert) jeder der beiden Aktoren bei der Charakterisierung einen Wert von 3 A nicht überschreitet. Der Kunde möchte die Aktoren in einer bei ihm vorhandenen Temperaturkammer betreiben, um das Material bei Temperaturen T im Automotive-Betriebsbereich zu charakterisieren.

Der Kunde wünscht sich, dass für Sensor, Transceiver (Microcontroller) und Aktor die bereits bei ihm verwendeten Komponenten SO1, $\mu\text{C}2$ und TA1 verwendet werden. Die Datenblätter dieser Komponenten sind im Anhang dargestellt. Ein Laser Klasse 1 mit $P_{\text{opt}} = 25 \text{ mW}$ ist ebenfalls vorhanden und soll eingesetzt werden. Falls nötig können auch vorhandene Operationsverstärker vom Typ OP1 eingesetzt werden. Passive Bauelemente wie z.B. Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten, Steckverbinder oder Schalter, sind in beliebigen Ausführungen ebenfalls vorhanden. Falls notwendig kann eine weitere elektronische Komponente zugekauft werden.

Ihre Aufgabe ist es, ein geeignetes Konzept für ein elektronisches System zu entwickeln, das die Aufgabenstellung des Kunden erfüllt. Ihr Konzept soll dem Kunden in Form einer Ausarbeitung vorgestellt werden und ihn von Ihrem Ansatz und Ihrer Kompetenz überzeugen. Als Grundlage und Rahmen Ihrer Ausarbeitung dienen die im Folgenden aufgeführten Aufgaben, die in Ihrer Ausarbeitung bearbeitet werden sollen. Als Ausarbeitung genügt es, die Lösungen der Aufgaben in geeigneter Weise darzustellen. Für die Gliederung der Ausarbeitung ist daher die Gliederung der nachfolgenden Aufgabenstellung zwingend zu übernehmen. Ausarbeitungen ohne diese Gliederung werden nicht bewertet. Falls Ihnen zur Bearbeitung Informationen fehlen, treffen Sie geeignete Annahmen z.B. anhand vergleichbarer existierender Lösungen.

Tipp: Versuchen Sie, wann immer möglich, zur Erläuterung und Darstellung von Sachverhalten aussagekräftige Abbildungen einzufügen (ein Bild sagt mehr als 1000 Worte). Das reduziert den Umfang des Textes und hilft dem Kunden bei der Vorstellung.

2 Zu behandelnde Aufgaben

2.1 Partitionierung, Spezifikation, Blockschaltbild

1. Überlegen Sie sich ein Konzept für ein geeignetes elektronisches System, das die Aufgabenstellung aus Abschnitt 1 erfüllt. Berücksichtigen Sie dabei als Randbedingung die vom Kunden gewünschten Komponenten. Stellen Sie das Ergebnis Ihrer Überlegung anhand eines Blockschaltbildes aus den Komponenten eines kanonischen Blockes dar. Benennen Sie darin die jeweils relevante Ereignisgröße (Spannung, Strom, Licht, ...) an den Ein- und Ausgängen der Komponenten.
2. Spezifizieren Sie die Blöcke Ihres Konzeptes mit Ausnahme des Laptops. Wählen Sie dazu für die Leistungsfähigkeit des aufzubauenden Systems relevante Parameter. Berücksichtigen Sie bei der Spezifikation eines Blockes, dass auch die Randbedingungen und die Leistungsfähigkeit der umgebenden Komponenten eingehalten und bestmöglich ausgenutzt werden sollen. Falls Sie eine Komponente zukaufen müssen, spezifizieren Sie diese mit allen für Ihr Konzept relevanten Parametern.
3. Formulieren Sie falls notwendig Rückmeldungen an den Kunden (z.B. welche Information benötigen Sie noch und warum? Sind die von ihm vorgeschlagenen Komponenten ausreichend oder für die Anwendung überdimensioniert? Gibt es unlösbare Forderungen oder Widersprüche?) Vermeiden Sie es in jedem Fall mit dem Kunden Rücksprache zu halten sondern treffen Sie im Zweifelsfall für Ihre Ausarbeitung Annahmen, die nach Ihrer Einschätzung dem Kundenwunsch am nächsten kommen.

2.2 Dimensionierung, Übertragungskennlinien

1. Geben Sie für die unter 2.1.2 spezifizierten Blöcke eine Schaltung mit Dimensionierung an, mittels der die Spezifikation möglichst gut erfüllt wird.
2. Zeichnen Sie die Übertragungskennlinien aller Komponenten Ihres Blockschaltbildes im Bereich von kleinster bis größter **möglicher** Aussteuerung in der Art, dass die jeweiligen Grenzen bzw. Asymptoten der Aussteuerbereiche erkennbar sind.
3. Markieren Sie auf den Kennlinien die jeweiligen Grenzen des Aussteuerbereichs (Wertebereich) in der **Anwendung** des Kunden sowie die Ruhelage (Arbeitspunkt) für ein Signal mit einer Amplitude Null.

2.3 Ereignis-Konditionierung

Erläutern Sie die Wahl Ihres Konzepts für die Konditionierung des Sensor-Signals indem Sie folgende Fragen beantworten.

1. Wie erzeugen und gewährleisten Sie den Betrieb im geforderten Spannungsbereich des Sensors?
2. Verwenden Sie die Ausgangsspannung oder den Ausgangsstrom des Sensors als das zu verarbeitende Ereignis und warum?
3. Welchen Einfluss hat in Ihrem Konzept eine Betriebsspannungsschwankung auf das ADC-Eingangssignal des $\mu C2$?
4. Verwenden Sie Frequenzbereichs-Filter im Signalweg? Begründen Sie Ihre Wahl.

2.4 Belegung des Frequenzbereichs, Störgrößen

1. Schätzen Sie anhand plausibler Überlegungen ab, welche Frequenzen bzw. welchen Frequenzbereich die Signale an den Ein- und Ausgängen der Komponenten in Ihrem Konzept belegen. Welche Frequenzen erwarten Sie an den Betriebsspannungs-Anschlüssen der Komponenten?
2. Welche Komponente schätzen Sie als besonders empfindlich bezüglich der Einkopplung von Störsignalen ein? Welche Komponente schätzen Sie als die größte Ursache für das Erzeugen von Störsignalen ein? Begründen Sie Ihre Einschätzungen.
3. Welche Art von Störungen (kapazitiv/induktiv eingekoppelt, Störung von Signal- oder Betriebsspannungsleitern, ...) erwarten Sie in Ihrem Konzept und mit welchen Maßnahmen minimieren Sie deren Einfluss?

2.5 Betriebsspannungskonzept

Stellen Sie Ihr Betriebsspannungskonzept vor und erläutern Sie es anhand der folgenden Fragen.

1. Wieviele Betriebsspannungen mit welchen Spannungs-Werten benötigen Sie? Schätzen Sie mit begründeten Annahmen ab, wie hoch die Ströme aus den Betriebsspannungsquellen sein werden.
2. Skizzieren Sie (Blick von oben auf die Leiterplatte und Komponenten des Aufbaus) eine geeignete Anordnung sämtlicher Komponenten Ihres Konzepts und einen geeigneten Verlauf der kompletten Betriebsspannungs- und Signal-Verdrahtung auf einer Leiterplatte und ggf. zu extern anzuordnenden Komponenten. Für die Betriebsspannungsquellen nehmen Sie an, dass sich diese auf einer weiteren Leiterplatte im Europakarten-Format befinden, die mit dem 230-V-Netz über einen Ein-/Aus-Schalter verbunden ist. Für eine realistische Einschätzung der Abstände beachten Sie bitte die Abmessungen der Komponenten. Geben Sie in Stichworten an, welche Überlegungen für Sie bei der Wahl der Platzierung und Verdrahtung wichtig waren und warum (z.B. Länge Leiter 1 und 2 kurz und dicht zusammen, um aufgespannte Fläche zu minimieren).
3. Geben Sie ein idealisiertes Modell des Betriebsspannungsnetzwerks auf Ihrer Leiterplatte in Form eines Reaktanznetzwerks an, worin die Impedanz der elektronischen Komponenten und der Leiterwiderstände vernachlässigt wird. Zeigen Sie den qualitativen Reaktanzverlauf des Betriebsspannungsnetzwerks über der Frequenz am Anschlussstor von $\mu C2$.

3 Anhang, Datenblätter

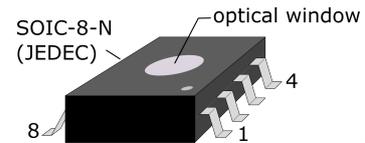
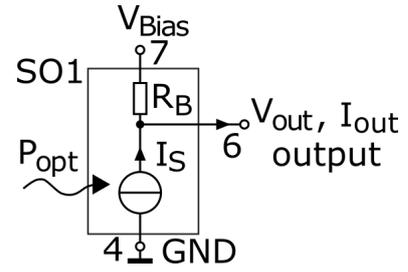
Data Sheet Sensor SO1

Application

Detection of the optical power.

Description

The optical power P_{opt} of the light at the sensor's optical window input will be converted into an electrical output current I_S . The Responsivity $r := I_S/P_{opt}$ characterizes the conversion gain from the sensor input to the output. For proper operation the sensor needs to be biased by a minimum voltage V_{out} at the sensor output. Sensor biasing application examples are given in the respective section.



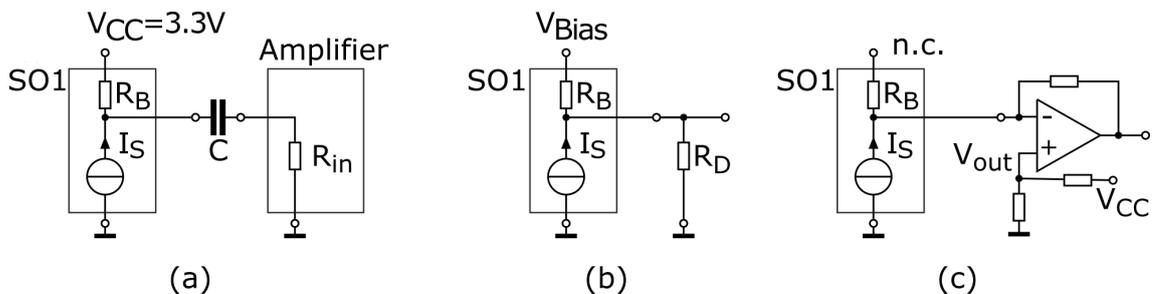
Absolute Maximum Rating: maximum voltage at sensor output $V_{out}=5\text{ V}$.

Electrical characteristics

at 25°C junction temperature

PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
r Responsivity	$V_{out}=2\text{V}$		1		A/W
V_{out} Output Voltage		1			V
R_B Internal bias resistor			10		k Ω

Sensor Biasing Application Examples



Biasing variant (a) provides a pure a.c output signal with a high-pass cut-off frequency $1/(2C(R_B + R_{in}))$. Variant (b) creates a simple voltage divider by an external resistor R_D , which can e.g. be used to bias the sensor from arbitrarily high bias voltages V_{Bias} available in the system. Variant (c) advantageously utilizes the virtual ground at an operational amplifier input to bias the sensor at V_{out} .

Biasing Recommendations

If a bias voltage is applied to pin 7 decoupling by a 0.1- μF capacitor is recommended and should be placed as close as possible to the bias pin.

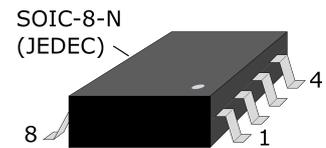
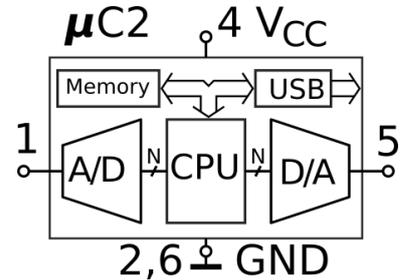
Data Sheet $\mu C2$

Application

Test and Measurement applications with arbitrary analog signal generation and detection. Transceiver (transmitter-receiver) applications.

Description

The $\mu C2$ is a low pin count microcontroller for transceiver applications. It is intended to generate and transmit as well as to receive analog signals with arbitrary waveforms by its 8-bit A/D- and D/A-converters. The digital on-chip data is handled by a central processing unit (CPU). Data can be stored in the on-chip memory and bidirectionally transferred to external devices via an on-chip USB port.



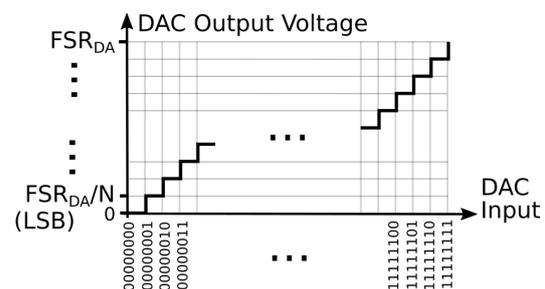
Electrical characteristics

at $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ and $25^\circ C$ junction temperature (unless otherwise noted).

	PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_S	Sampling rate	of ADC and DAC		10		MS/s
N	Resolution	of ADC and DAC		8		bit
FSR_{AD}	ADC input voltage range	full scale resolution	0		V_{CC}	V
FSR_{DA}	DAC output voltage range	full scale resolution	0		V_{CC}	V
f_{CLK}	CPU clock frequency	internal clock		20		MHz
R_{in}	ADC input resistance			10		M Ω
$I_{o,max}$	Maximum DAC output current	at resistive load			10	mA
V_{CC}	Supply voltage		2.7		5.5	V
I_{CC}	Supply current	all I/Os open		1	1.8	mA

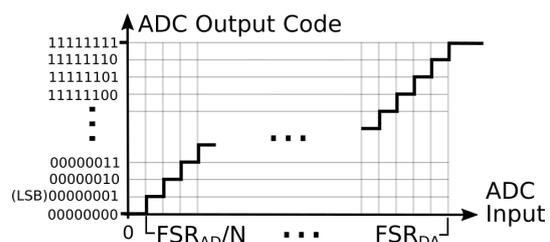
D/A converter characteristics

The DAC outputs at pin 5 an N-bit quantized voltage with a zero-order hold characteristic.



A/D converter characteristics

The ADC output at pin 1 is an N-bit quantized approximation of the analog input voltage.



Data Sheet TA1¹

Application

Highly dynamic and oscillating movement of objects at a well-defined force.

Description

The TA1 is a nearly hysteresis-free voice coil actuator with linear relation between force and drive current over a wide stroke range. The TA1 is available as a moving magnet (TA1-M) and a moving coil (TA1-C) type (TA1-C type is shown in the figure).

Absolute Maximum Rating:

Maximum continuous average electrical power $P_{max}=33\text{ W}$.

Electrical characteristics

Characteristics are given for a temperature of $T = 20^\circ$ at nominal force $F_N = 80\text{ N}$, unless otherwise specified.

	PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
S	Stroke	at Midstroke	-5		5	mm
I_N	Nominal current	$F = F_N$		4,2		A
R	Resistance	$20^\circ\text{C} \dots 150^\circ\text{C}$	2,5		3,8	Ω
L	Inductance			1		mH
τ_m	Mechanical time constant	see Note 1			1	ms

Note 1: Time to reach 63.2% of the settled final value for a step.

Application notes

The mechanical force F in direction of the motion of the voice coil actuator is proportional to the current flow I into the actuator $F = F_N/I_N I$. The current I can be provided either directly by a driving current or by voltage drive. For a driving voltage V the related current can be obtained by the simplified equivalent circuit in Fig. 1.

Fig.1: Cross-section through actuator center
All dimensions are in mm

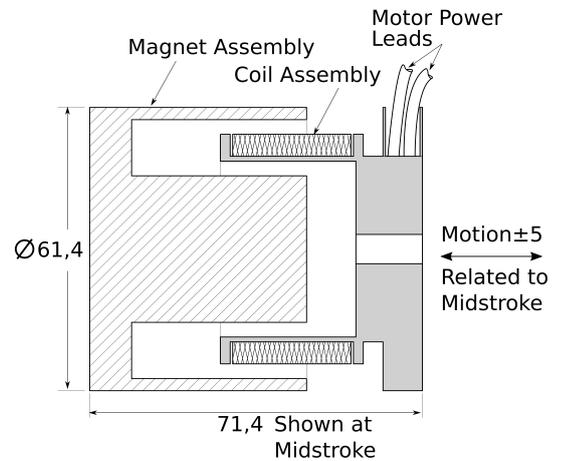
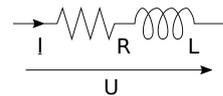


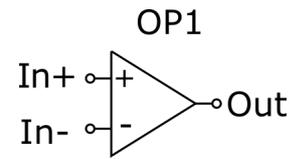
Fig.2: Simplified electrical equivalent circuit



¹IMPORTANT NOTE: THIS PRODUCT IS NOT AUTHORIZED FOR USE IN WEAPONS. NOR IS THIS PRODUCT DESIGNED OR AUTHORIZED FOR USE IN: (A) SAFETY CRITICAL APPLICATIONS SUCH AS LIFE SUPPORTING, ACTIVE IMPLANTED DEVICES OR SYSTEMS WITH PRODUCT FUNCTIONAL SAFETY REQUIREMENTS; (B) AERONAUTIC APPLICATIONS; (C) AUTOMOTIVE APPLICATIONS OR ENVIRONMENTS, AND/OR (D) AEROSPACE APPLICATIONS OR ENVIRONMENTS. WHERE THIS PRODUCT IS NOT DESIGNED FOR SUCH USE, THE PURCHASER SHALL USE THIS PRODUCT AT PURCHASER'S SOLE RISK.

Data Sheet OP1

OP1 is a low-cost variant of the standard 741-type operational amplifier. For a specification refer to the latest version of the Texas Instruments $\mu A741$ data sheet.



General Applications Note links

<https://www.ti.com/lit/an/snoa621c/snoa621c.pdf>,

<https://www.ti.com/lit/an/sboa092b/sboa092b.pdf>