Elektronische Systeme

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

Aufgabenstellung zur Ausarbeitung

Sommersemester 2022

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung:

- Die Bearbeitungszeit beginnt am 12. August 2022, nach der Veröffentlichung der Aufgabenstellung auf der EuS Homepage.
- Die Bearbeitungsdauer beträgt vier Wochen und endet am 9.September um 23:59 Uhr. 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 selbstständig 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 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 mit ihrer Nummerierung zwingend zu übernehmen. Davon abweichende Ausarbeitungen 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.

Aufgabenstellung

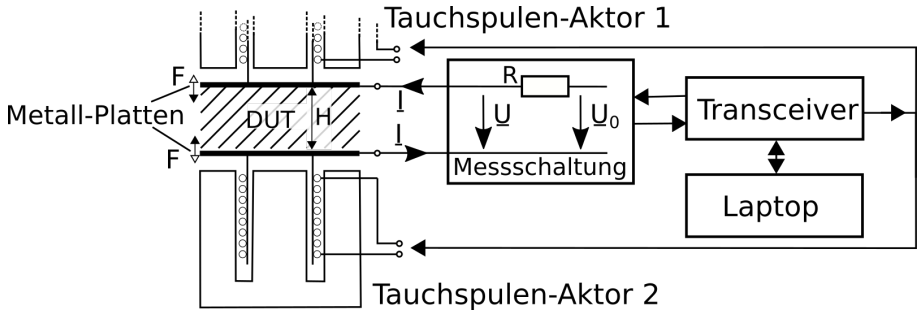


Abbildung 1: Blockschaltbild des Systems, vom Kunden skizziert.

Ein potenzieller Auftraggeber wünscht sich eine Lösung zur Realisierung der von ihm in Abb. 1 skizzierten Aufgabe. Die druck-, zug- und frequenzabhängige Permittivität eines elastischen Materials (DUT) soll im Frequenzbereich f=$10^3 \ldots 10^6$ Hz für Stauchungen und Streckungen mit einer Kraft F im Bereich $-60 \ldots 60$ N ermittelt werden. Dazu soll das Material mit einer Dicke $H = 5$ mm in der in Abb. 1 gezeigten Messanordnung an den sich gegenläufig bewegenden Metall-Platten der beiden Tauchspulen-Aktoren fixiert werden. Das elektrische Modell der leitend kontaktierten Metallplatten entspricht dabei in erster Näherung einem homogenen Parallel-Platten-Kondensator, für dessen Admittanz gilt $\underline{Y} := \frac{\underline{I}}{\underline{U}} = j\omega C$ mit $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{H}$. Darin ist A die Fläche und H der Abstand, der sich gegenüber stehenden Metallplatten der Aktoren. Über das Spannungteiler-Verhältnis $\frac{\underline{U}}{\underline{U_0}}$ soll die gesuchte relative Permittivität ε_r des Materials ermittelt werden. Diese ist frequenzabhängig und im Frequenzbereich von 0 bis 1MHz reellwertig. Der zu erwartende Wertebereich liegt für den gesamten Messbereich der Stauchung und Streckung im Bereich $\varepsilon_r = 10...100$.
Das zur Streckung und Stauchung notwendige Anregungssignal der Aktoren sowie das Ansteuer- und Messsignal der Impedanzmessung sollen jeweils durch eine Transceiver-Komponente (Transmit and 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.
Der Kunde wünscht sich, dass für Transceiver und Aktor die bereits bei ihm verwendeten Komponenten μC2 und TA1 verwendet werden. Die Datenblätter dieser Komponenten sind im Anhang dargestellt. Falls nötig, können auch vorhandene Operationsverstärker vom Typ OP1 (vgl. Anhang) eingesetzt werden. Passive Bauelemente wie z.B. Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten, Steckverbinder oder Schalter, sind in beliebigen Ausführungen ebenfalls vorhanden. Falls erforderlich, 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 und Nummerierung der nachfolgenden Aufgabenstellung zwingend zu übernehmen. Ausarbeitungen ohne diese Gliederung werden nicht bewertet. Falls Ihnen zur Bearbeitung Informationen fehlen, treffen Sie geeignete, begründete Annahmen.

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.

Zu behandelnde Aufgaben

1 Partitionierung, Spezifikation, Blockschaltbild

1. Überlegen Sie sich ein Konzept für ein geeignetes elektronisches System, das die Aufgabenstellung aus der Aufgabenstellung 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, Kraft, ...) 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 die Problematik lösen und dem Kundenwunsch am nächsten kommen.

2 Dimensionierung, Übertragungskennlinien

1. Geben Sie ein Messkonzept mit der vom Kunden gewünschten Mess-Schaltung an und erläutern Sie den Ablauf einer Messung.

2. Geben Sie für die unter 1.2 spezifizierten Blöcke jeweils eine Schaltung mit Dimensionierung an, mittels der die Spezifikation möglichst gut erfüllt wird.

3. Geben Sie für Ihre Dimensionierung die beiden Kennlinien für den Betrag des Spannungsteiler-Verhältnisses $\frac{|\underline{U}|}{|\underline{U}_0|}$ über den Mess-Frequenzbereich für kleinstes und größtes ε_r an.

4. In welchen Punkten (d.h. bei welchen Parameter-Konstellationen) auf den zuvor dargestellten Kennlinien wird die gesuchte Permittivität am ungenauesten bestimmt?

3 Ereignis-Konditionierung

1. Erläutern Sie die Randbedingungen und Einschränkungen, die sich aus der unteren bzw. oberen Grenze des Mess-Frequenzbereichs für Schaltungen zur Konditionierung der Signalamplituden ergeben.

2. Erläutern Sie, wie Sie in Ihrem Konzept den Auflösungsbereich der A/D und D/A Wandler bestmöglich ausnutzen. Diskutieren Sie in diesem Zusammenhang auch den Einsatz des verfügbaren Operationsverstärkers OP1.

3. Verwenden Sie Frequenzbereichs-Filter im Signalweg? Begründen Sie Ihre Wahl.

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 Schaltungsteile schätzen Sie als besonders empfindlich bezüglich der Einkopplung von Störsignalen ein? Aus welchen Schaltungsteilen erwarten Sie signifikante Störsignale? Begründen Sie Ihre Einschätzungen.

3. Mit welchen Maßnahmen minimieren Sie den Einfluss von Störgrößen?

5 Betriebsspannungskonzept

Stellen Sie für Ihr System ein Betriebsspannungskonzept vor und erläutern Sie es anhand der folgenden Fragen. Gehen Sie dabei davon aus, dass sich die Betriebsspannungsquellen zur Versorgung Ihres Systems auf einer zusätzlichen Leiterplatte befinden, von der auch weitere Teilsysteme versorgt werden, die Ihnen unbekannt sind.

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) eine geeignete Anordnung sämtlicher Komponenten Ihres Konzepts mit dem Verlauf der kompletten Betriebsspannungs- und Signal-Verdrahtung auf einer Leiterplatte und zu den externen Komponenten. 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 sind und warum (z.B. Leiter kurz/lang, Abstände/Flächen klein/groß, ...).

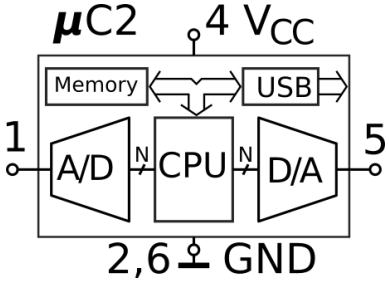
3. Geben Sie ein idealisiertes Modell des Betriebsspannungsnetzwerks auf Ihrer Leiterplatte in Form eines Reaktanznetzwerks an, worin die Impedanz der elektronischen Komponenten und der Leiterwiderstände vernachlässigt wird. Zeigen Sie den qualitativen Reaktanzverlauf des Betriebsspannungsnetzwerks über der Frequenz an den Betriebsspannungs-Anschlüssen von μC2.

Anhang: Datenblätter

Data Sheet μC2

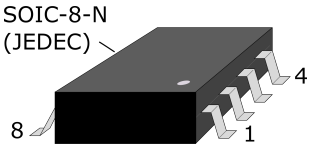
Application

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



Description

The μC2 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 it's 12-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 an 1Mbit on-chip memory and bidirectionally transferred to external devices via an on-chip USB port.



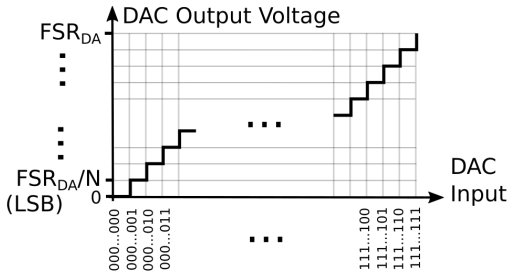
Electrical characteristics

at $V_{CC} = +5V \pm 10\%$ and 25°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		12		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		MΩ
$I_{o,max}$	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

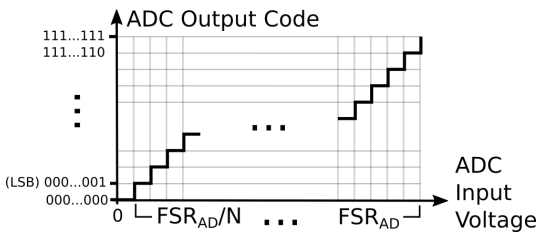
D/A converter characteristics

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



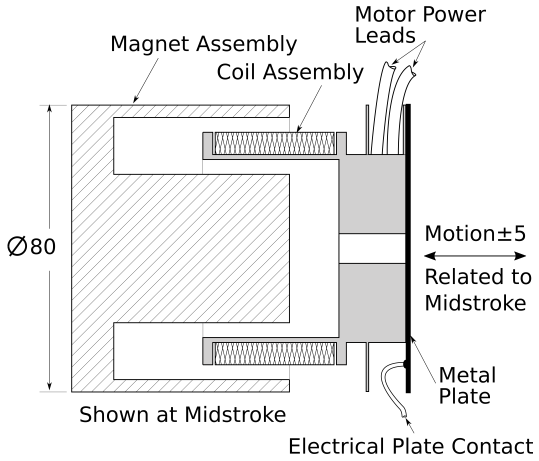
A/D converter characteristics

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



Data Sheet TA1[1]

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

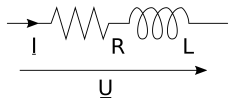


Application
Highly dynamic and oscillating movement of objects at a well-defined force.

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 W.

Fig.2: Motor coil electrical equivalent circuit



Electrical characteristics
Characteristics are given for a temperature of $T = 20°$ at nominal force $F_N = 84$ 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°C ... 150°C	2,5		3,8	Ω
L	Inductance			1		mH
τ_m	Mechanical time constant	see Note 1			1	ms

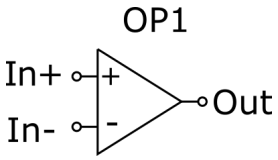
Note 1: Time to reach 63.2% of the settled final value for a step.

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.

[1]IMPORTANT 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 μA741 data sheet.



General Applications Note links
https://www.ti.com/lit/an/snoa621c/snoa621c.pdf,
https://www.ti.com/lit/an/sboa092b/sboa092b.pdf