

Aufgabenstellung zur Ausarbeitung

Wintersemester 2023/24

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung:

- Die Aufgabenstellung wird am 1. März 2024 auf der EuS Homepage und in MS-Teams veröffentlicht. Damit beginnt die Bearbeitungszeit.
- Eine verbindliche Anmeldung zur Prüfung in LSF ist erforderlich. Die Anmeldefrist endet am 08. 03. 2024 um 23:59 Uhr.
- Die Bearbeitungsdauer beträgt ca. vier Wochen und endet am 31. März 2024 um 23:59 Uhr. Später eingegangene Ausarbeitungen werden nicht bewertet.
- 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 Ihr Beitrag gegenüber dem der anderen Studierenden positiv hervorhebt.
- 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.
- Es wird ausschließlich die erste eingereichte Version einer Ausarbeitung gewertet. Nachgereichte Zusätze oder verbesserte Versionen werden nicht bewertet.

Aufgabenstellung

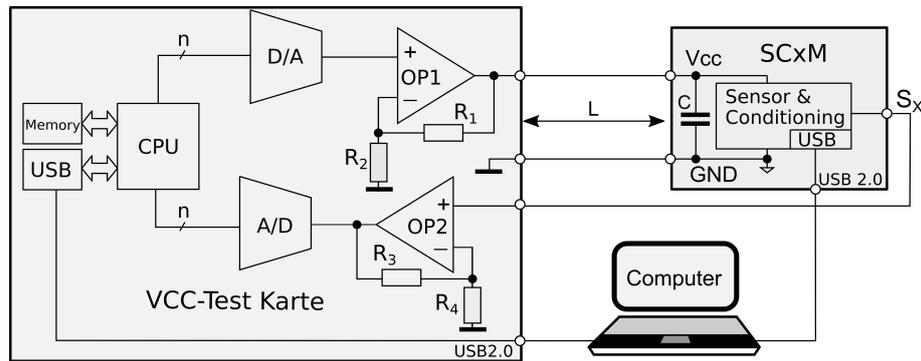


Abbildung 1: Messsystem zur Ermittlung der Störfestigkeit der Betriebsspannung.

Ein Kunde möchte seine SCx-Baugruppen-Serie aus verschiedenen Sensoren mit integrierter Konditionierung als SCxM Variante auch im Bereich medizinischer Systeme einsetzen. Zur Absicherung der erhöhten Anforderungen an die Basissicherheit dieser Variante soll deren Störfestigkeit gegen Einbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Schwankungen der Betriebsspannung getestet werden. Die dafür vorgesehenen Verläufe der Betriebsspannung sind unter der Überschrift “Supply Voltage Sensitivity” in der SCxM-Spezifikation angegeben (im Anhang).

Der Kunde gibt vor, für diesen Test das bisher bei ihm eingesetzten Messsystem nach Abb. 1 zu verwenden, wobei die darin verwendete VCC-Test-Karte ggf. angepasst werden kann. In diesem Messsystem wird in der Software des Computers ein Signal zur Erzeugung der für die SCxM-Variante spezifizierten Zeitverläufe der Betriebsspannung erzeugt und über eine USB-Verbindung an eine Transceiver-Komponente (vgl. $\mu C2$ im Anhang) übermittelt. An deren D/A-Ausgang steht das entsprechende analoge Abbild zur Verfügung. Dieses wird durch einen Operationsverstärker konditioniert und an die Betriebsspannungsanschlüsse der SCxM-Baugruppe angelegt. Die Wirkung der zeitveränderlichen Betriebsspannung auf die Baugruppe wird anhand des Ausgangssignals S_X ermittelt, das über einen Operationsverstärker mit dem Empfangspfad der Transceiver-Komponente verbunden ist. Die Auswertung der Empfangssignale erfolgt wiederum an dem über den USB-Bus angeschlossenen Rechner. Über eine zweite USB-Verbindung kann die SCxM Karte konfiguriert werden (z.B. Sensor ein/aus). Die für den beschriebenen Ablauf notwendige Software für Transceiver und Rechner ist bereits beim Kunden vorhanden.

Der Kunde gibt vor, dass für die Realisierung der VCC-Test Karte die bei ihm vorhandenen Komponenten $\mu C2$, OP1 und OP2 verwendet werden sollen. Die Datenblätter dieser Komponenten sind im Anhang dargestellt. Zur Realisierung der VCC-Test Karte sind Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten, Transistoren, Steckverbinder und Schalter in beliebigen Ausführungen vorhanden. Zusätzlichen elektronische Komponente können nicht zugekauft werden.

Ihre Aufgabe ist es, ein geeignetes Konzept für die VCC-Test Karte in Verbindung mit dem zuvor beschriebenen Testsystem so zu entwickeln, dass die Aufgabenstellung des Kunden erfüllt wird. 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 Annahmen und begründen Sie diese.

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. Partitionieren Sie das zur Realisierung der Aufgabenstellung vorgeschlagene Messsystem in Abb. 1 in kanonische Blöcke aus Wandler-, Konditionierungs- und Verarbeitungblöcken. Fassen Sie zur Vereinfachung die CPU mit dem daran angeschlossenen Memory- und USB-Block zu einen Verarbeitungsblock zusammen. A/D und D/A Wandler sowie der Computer werden als jeweils ein zusätzlicher Verarbeitungsblock berücksichtigt.
2. Spezifizieren Sie an den elektrischen Ein- und Ausgängen aller Blöcke die folgenden Parameter entsprechend der Aufgabenstellung des Kunden:
 - 1) Signalart (analog/digital),
 - 2) Ereignisgröße des Signals (Spannung, Strom ...),
 - 3) Wertebereich (min...max) der Ereignisgröße,
 - 4) Maximale Änderungsrate (Änderung pro Zeit) bzw. Datenrate oder Signalbandbreite des Ereignisses.
3. Überprüfen Sie, ob die zuvor spezifizierten Parameter mit den zu Verfügung stehenden Komponenten realisiert werden können. Bei welchen Parameter-Konstellationen erwarten Sie Probleme? Wodurch könnte eine Verbesserung erzielt werden?
4. 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 Entscheidungen, die nach Ihrer Einschätzung die Problematik lösen und dem Kundenwunsch am nächsten kommen.

2 Ereignis-Konditionierung

1. Passen Sie die vorgegebene VCC-Test Karte so an, dass die Störfestigkeitsmessung des Kunden durchgeführt werden kann. Wählen Sie dazu die nach Kundenvorgabe einsetzbaren Bauelemente aus und dimensionieren Sie diese. Im Fall von Kompromissen, Einschränkungen oder Änderungen gegenüber den Kundenvorgaben begründen Sie deren Notwendigkeit.
2. Erläutern Sie, wie Sie in Ihrem Konzept den Auflösungsbereich der A/D und D/A Wandler bestmöglich ausnutzen. Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Beschaltung der Operationsverstärker?
3. Verwenden Sie Frequenzbereichs-Filter in den Signalwegen? Begründen Sie Ihre Wahl.

3 Betriebsspannung und Leiterplattenlayout

Stellen Sie ein Betriebsspannungskonzept für die VCC-Test Karte 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. Wie viele Betriebsspannungen mit welchen Spannungs-Werten benötigen Sie? Schätzen Sie mit begründeten Annahmen ab, wie hoch die statischen und dynamischen Ströme aus den Betriebsspannungsquellen sein werden.
2. Schätzen Sie anhand plausibler Überlegungen das Spektrum (Frequenzbereich) der wesentlichen Ströme in den Betriebsspannungsleitern der VCC-Test Karte ab.
3. Welchen Wert besitzt die größte Abblock-Kapazität auf der VCC-Test Karte, unter der Annahme, dass sich die Spannung über der Kapazität maximal um 100 mV ändern darf, wenn der gesamte abzublockende dynamische Strom durch diese Kapazität fließt?
4. 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.

4 Anwendung, Störgrößen

1. Welche unerwünschten Signal- und Störungseinkopplungen erwarten Sie konkret in Ihrem unter Punkt 3.3 vorgestellten Leiterplattenentwurf? Wie haben Sie diese Einflüsse in Ihrem Layout minimiert?
2. Im Folgenden geht es nur um das Betriebsspannungsnetzwerk der zu testenden SCxM-Schaltung.
 - (a) Geben Sie ein einfaches elektrisches Modell des Betriebsspannungsnetzwerks der zu testenden SCxM-Schaltung an, in dem die wesentlichen Einflüsse auf die Betriebsspannung berücksichtigt werden. Modellparameter können Ersatzschaltungen, Bauelemente und parasitäre Elemente dieses Netzwerks sein. Begründen Sie ggf. nicht direkt nachvollziehbare Modellparameter. Sie können zur Vereinfachung die Impedanz der SCxM-Schaltung vernachlässigen.
 - (b) Schätzen Sie die Werte der Modellparameter ab und bewerten Sie den Einfluss der Parameter auf die für den Kunden zu lösende Aufgabe. Geben Sie zur Begründung Ihrer Aussagen charakteristische Frequenzen und Spannungsabfälle im Modell an.

Anhang: Datenblätter

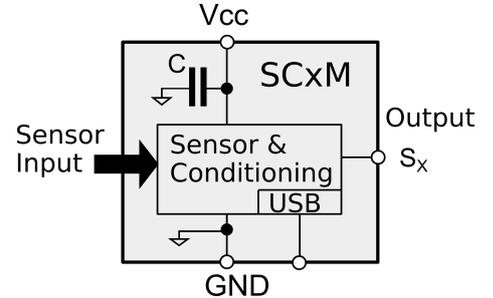
Data Sheet Sensor and Conditioning Series SCxM

Application

General and safety critical sensing applications.

Description

The SCxM product family is identical to the SCx family, but has an additional qualification for use in safety-critical applications. It comprises a vast variety of sensors for biological, chemical and electrical parameters. All sensors are accomplished by on-board signal conditioning electronics to generate a sensor-type independent analog output signal within a fixed voltage range. The sensitivity of the sensors can be configured via a USB 2.0 interface, which also allows to turn off the sensor signal for background-noise calibration.



Absolute Maximum Rating: maximum supply voltage $V_{CC}=30$ V.

General Electrical Characteristics

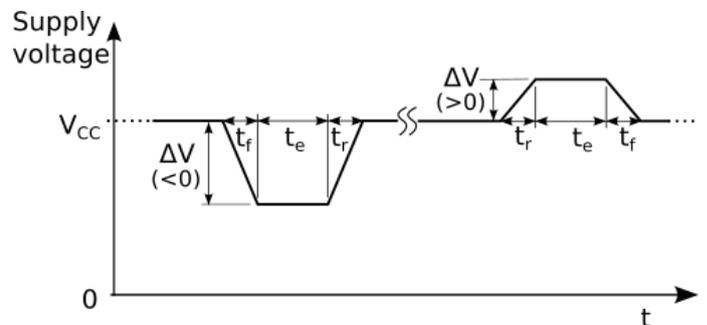
Min and Max parameters in the table below indicate the minimum and the maximum values of a parameter within all members of the SCxM product family. The variation between the Min/Max parameter values of an individual SCxM member may be significantly smaller (e.g. Min/Max for V_{CC} are 2,5V/5V and 20V/25V for the SC1M and SC14M sensors, respectively).

PARAMETER	COMMENT	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply Voltage	5		15	V
I_{CC}	Supply current	1		10	mA
C	V_{CC} decoupling capacitance	0.1		2	μ F
S_X	Output voltage	identical for all SCxM		3	V
f_X	Output Frequency	identical for all SCxM		1	MHz
R_o	Output Resistance	identical for all SCxM	50		Ω
PSRR	power supply rejection ratio	tbd	tbd		

All parameters at 25°C junction temperature.

Supply Voltage Sensitivity

All members of the SCxM product family are qualified for safety-critical applications. Full specification compliance is guaranteed for variations of the supply voltage V_{CC} as listed in the table below.



PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
SRR	rising transient slew rate	$SRR= \Delta V /t_r$	0.1	1.7	V/ μ s
SRF	falling transient slew rate	$SRF= \Delta V /t_f$	0.1	1.7	V/ μ s
t_e	event duration	0		100	ms
ΔV	V_{CC} variation	$-V_{CC}$		$0.3 V_{CC}$	V

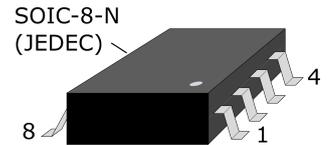
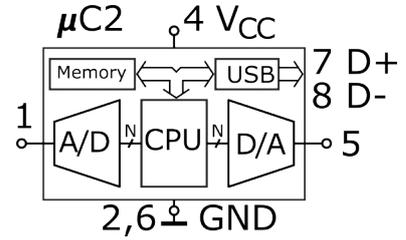
Data Sheet $\mu C2$

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 in CMOS technology for transceiver applications. It is intended to generate and transmit as well as to receive analog signals with arbitrary waveforms by its 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 2.0 port.



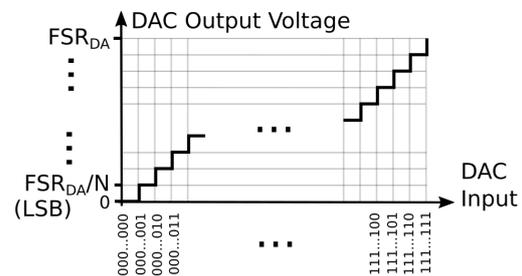
Electrical characteristics

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		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		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

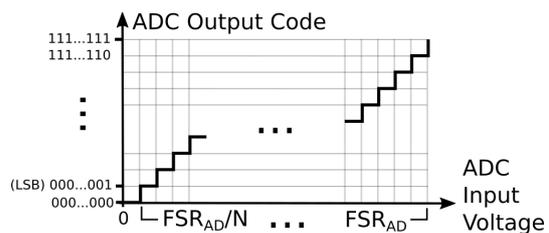
D/A converter characteristics

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



A/D converter characteristics

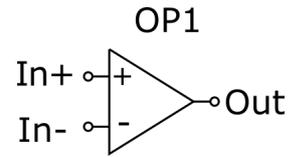
The ADC output at pin 1 is an N-bit quantized approximation of the analog input voltage.



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 μ A741 data sheet.

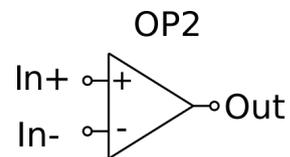


General Applications Note links

<https://www.ti.com/lit/an/snoa621c/snoa621c.pdf>,
<https://www.ti.com/lit/an/sboa092b/sboa092b.pdf>

Data Sheet OP2

OP2 is identical to the LM675 power operational amplifier. For a specification refer to the latest version of the Texas Instruments LM675 data sheet.



General Applications Note links

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an18f.pdf>
<https://www.ti.com/lit/ug/tidu032c/tidu032c.pdf>
<https://www.ti.com/lit/pdf/sszt999>