

Aufgabenstellung zur Ausarbeitung

Sommersemester 2024

Wichtige Hinweise zur Bearbeitung:

- Die Aufgabenstellung wird am 14. August 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 21. 08. 2024 um 23:59 Uhr.
- Die Bearbeitungsdauer beträgt ca. vier Wochen und endet am 16. September 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

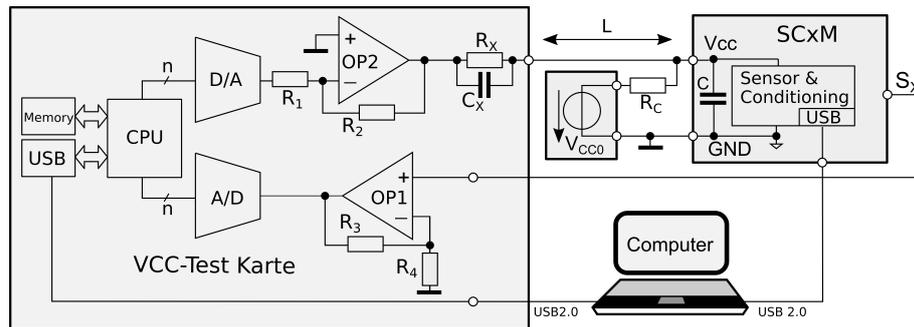


Abbildung 1: Messsystem zur Ermittlung des Parameters k_{svs} der SCxM-Spezifikation.

Ein Kunde möchte seine SCx-Baugruppen-Serie aus verschiedenen Sensoren mit integrierter Konditionierung als SCxM Variante auch Bereich medizinischer Systeme einsetzen. Zur Absicherung der erhöhten Anforderungen an die Basissicherheit dieser Variante soll die Unterdrückung von Störsignalen aus der Betriebsspannung (k_{svs} -Parameter) ermittelt werden.

Der Kunde gibt vor, das bisher bei ihm eingesetzte Messsystem nach Abb. 1 zu verwenden. In diesem Messsystem wird in der Software des Computers ein Spannungsverlauf generiert, der am V_{CC} -Anschluss der SCxM-Komponente, den in der Spezifikation definierten Zeitverlauf des Störsignals (noise) erzeugt. Über eine USB-Verbindung werden die Daten des Spannungsverlaufs aus dem Computer 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 die Schaltung mit OP2 konditioniert und an die Betriebsspannungsanschlüsse der SCxM-Baugruppe angelegt. Deren Betriebsspannung wird über eine zusätzliche Betriebsspannungsquelle V_{CC0} erzeugt und über R_C an die Baugruppe gelegt. 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. Im bisherigen Aufbau beträgt der Abstand zwischen SCxM-Baugruppe und Testkarte $L = 1$ m. 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 auf der VCC-Test Karte vorhandenen Komponenten der Mikrocontroller vom Typ $\mu C2$ (Datenblatt im Anhang) und Operationsverstärker vom Typ $\mu A741$ der Firma TI verwendet werden sollen. Falls notwendig, können mit entsprechender Begründung auch Operationsverstärker vom Typ OPA551 oder OPA552 der Firma TI eingesetzt werden. Die Werte aller Widerstände sind frei wählbar. Ebenso können bei Bedarf weitere passive Bauelemente wie z.B. Widerstände, Potentiometer, Kapazitäten, Induktivitäten, Steckverbinder oder Schalter in beliebigen Ausführungen eingesetzt werden.

Ihre Aufgabe ist es, das vorgegebene Konzept für die VCC-Test Karte in Verbindung mit dem zuvor beschriebenen Messsystem so anzupassen und zu dimensionieren, 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.

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) Art des Signals (Spannung, Strom ...),
 - 3) Wertebereich (min...max) des Signals,
 - 4) Maximale Änderungsrate (Änderung pro Zeit) bzw. Datenrate oder Bandbreite des Signals.
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 VCC-Test Karte im Rahmen der Vorgaben so an, dass die Messung für den fehlenden k_{svs} -Parameter der SCxM-Spezifikation 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. Falls zum Verständnis notwendig, erläutern Sie den von Ihnen gedachten Messablauf.
2. Erläutern Sie, wie Sie speziell in Ihrem Entwurf den Auflösungsbereich der A/D und D/A Wandler bestmöglich ausnutzen. Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Beschaltung der Operationsverstärker?
3. Die Betriebsspannung der SCxM-Baugruppe wird über eine zusätzliche Betriebsspannungsquelle V_{CC0} erzeugt und dem zeitharmonischen Störsignal überlagert. Könnte man mittels OP2 nicht auch direkt das überlagerte Signal inklusive der Betriebsspannung generieren und damit die V_{CC0} -Quelle einsparen? Vergleichen Sie Vor- und Nachteile beider Verfahren.
4. Geben Sie an, wodurch in Ihrem Messsystem der kleinste detektierbare Wert des Messbereichs von k_{svs} maßgeblich bestimmt wird.

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 **alle** 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 für das Messsystem in Abb. 1? 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. Skizzieren Sie (Blick von oben auf die Bestückungsseite) eine geeignete Anordnung sämtlicher Komponenten Ihres Konzepts mit dem Verlauf der kompletten Betriebsspannungs- und Signal-Verdrahtung auf einer Leiterplatte und zu den mit ihr verbundenen 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 Einkopplungen in Ihrem Layout minimiert?
2. Erweitern Sie das Schaltbild im Abschnitt "k_{svs} Measurement Setup" der SCxM-Spezifikation um ein geeignetes Modell, um den Einfluss des Abstandes $L = 1$ m zwischen SCxM-Baugruppe und Testkarte zu berücksichtigen. Schätzen Sie die Werte der Modellparameter ab und begründen Sie damit den spezifischen Einfluss des Abstandes auf die Messung.
3. Geben Sie ein idealisiertes Modell des gesamten Betriebsspannungsnetzwerks der VCC-Test Karte 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 dem Betriebsspannungs-Anschlüssen von OP1.

Anhang: Datenblätter

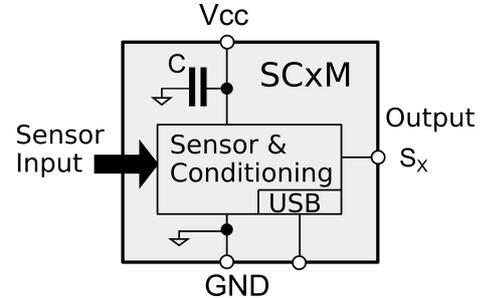
Data Sheet Sensor and Conditioning Series SCxM

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

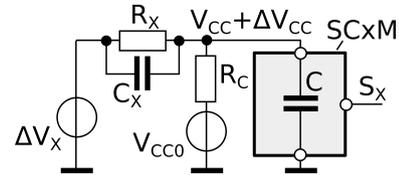
Min and Max parameters in the table below indicate the minimum and the maximum values of a parameter within all members of the SCxM family. The variation between the Min/Max parameter values of an individual SCxM member may be significantly smaller (e.g. Min/Max for V_{CC} are 2,5V/5V and 20V/25V for 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	0		3	V
f_X	Output Frequency	0		1	MHz
R_o	Output Resistance		50		Ω
k_{svs}	supply voltage sensitivity				dB

All parameters at 25°C junction temperature.

k_{svs} Measurement Setup

To prevent from instabilities when driving the large capacitive load of the SCxM-decoupling capacitor, the supply voltage sensitivity k_{svs} shall be measured in a configuration shown on the right-hand side with $R_C = 100 \Omega$.



The voltage applied to the SCxM V_{CC} -terminal is the superposition of the specified d.c. supply voltage V_{CC0} , caused by V_{CC0} and a sinusoidal noise voltage ΔV_{CC} with a ± 100 mV swing in the specified frequency range, caused by ΔV_X . The time constants are chosen $R_X C_X = R_C$ so that the ratio of the a.c. amplitudes $\Delta V_{CC}/\Delta V_X$ becomes frequency independent. The supply voltage sensitivity is defined by the ratio of the a.c. amplitudes $k_{svs} := \Delta S_x/\Delta V_{CC}$.

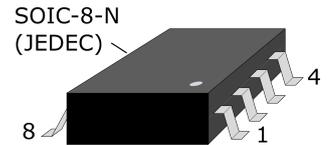
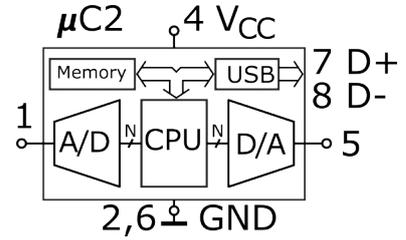
Data Sheet $\mu C2$

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.



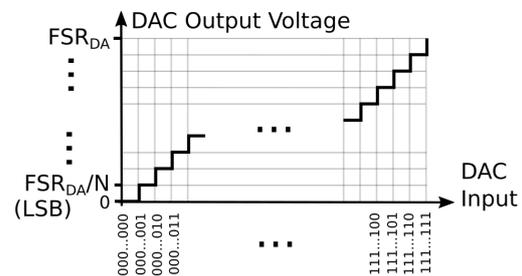
Electrical characteristics

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

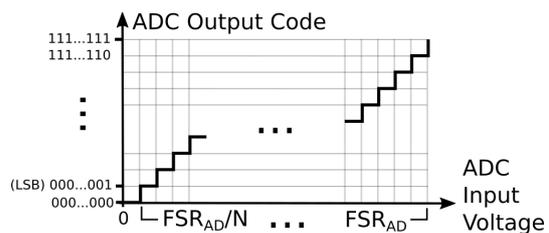
D/A converter characteristics

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.