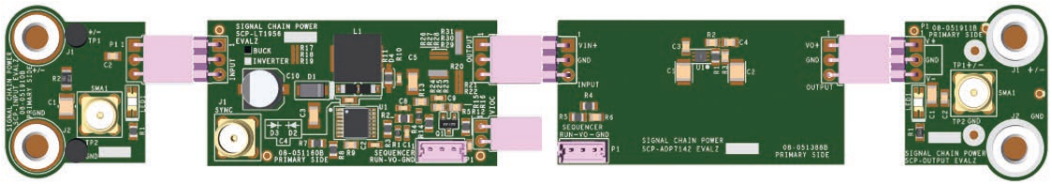
Neue und einfache Methode:

Intelligente Stromversorgungslösungen für Signalketten

Signalketten führen analoge Größen aus der physikalischen Welt in die digitale Datenwelt. Ihre Stromversorgung kann jedoch problematisch sein, da sie die Performance des Systems nicht negativ beeinflussen darf.



Die beispielhaft im Beitrag bemühte Konfiguration mit einem Switcherboard, einem LDO Board sowie Eingangs- und Ausgangs-Board

Mit linearen Reglern kann man diese Probleme umgehen, allerdings um den Preis einer höheren Verlustleistung und damit einer geringeren Effizienz. Schaltregler hingegen bieten eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrads, können aber die Performance der Signalkette beeinträchtigen, da sie Störungen verursachen. Die Hardware-Evaluierungsplattform Signal Chain Power (SCP) von Analog Devices und das zugehörige Software Tool SCP Configurator ermöglichen es Signalketten-Hardware-Entwicklern mit oder ohne Erfahrung in punkto Stromversorgung, eine solche für ihre Signalkette auf einfache und intuitive Weise zu entwerfen.

Was ist die Signal-Chain-Power-Plattform?

Die SCP-Plattform ist eine Kombination aus Hardware und Software, welche Herausforderungen bei der Entwicklung der Stromversorgung für Signalkettensysteme abdeckt. Sie hilft Systementwicklern, die beste und vollständigste Stromversorgungslösung für ihre Präzisionssignalketten-Applikationen in den Bereichen Instrumentierung, Test- und Messtechnik sowie Industrielle Automatisierung zu finden.

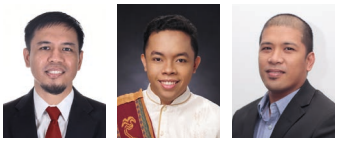
Bei der SCP-Hardware handelt es sich um eine Reihe von Evaluierungs-Boards, die ein ausgewogenes Verhältnis von Leistung, Größe und Kosten bieten. Der SCP-Konfigurator, die begleitende Software der Plattform, liefert Signalkettenentwicklern Vorschläge für die Auswahl des besten Stromversorgungspfads für ihre Applikation. Die Kombination aus der SCP-Plattform-Hardware und dem SCP-Konfigurator bietet Entwicklungsingenieuren die Möglichkeit, schnell eine Stromversorgungslösung für ihre Signalkette zu finden.

Die SCP-Hardware-Evaluierungsplattform

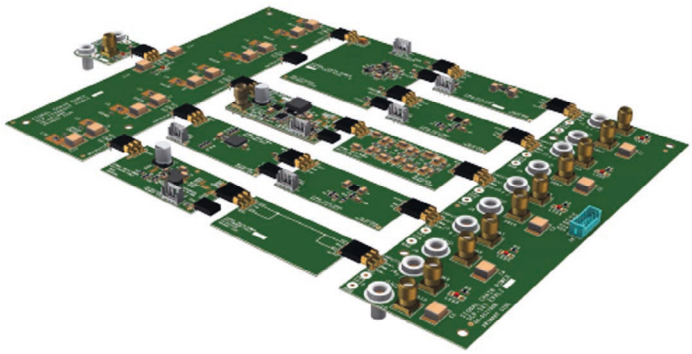
Aus den Tausenden von Power-by-Linear-Produkten wurde eine kleine Liste geeigneter Komponenten für die Hardware zusammengestellt. Diese Produkte wurden in vielen Signalkettenapplikationen eingesetzt, was die Auswahl der einzusetzenden Leistungskomponenten für den Entwickler erleichtert. Die Plattform unterstützt mehrere Stromversorgungskonfigurationen, um die Anforderungen der meisten Präzisionssignalketten zu erfüllen. Dazu gehören Aufwärts-, Abwärts-, Aufwärts- oder Abwärts-, Inverter- und Dual-Output-Boost/Inverter-Topologien. Die Plattform umfasst auch eine Auswahl an Positiv- und Negativ-LDO-Reglern, die als Nachregler für ein geringeres Rauschen des Systems eingesetzt werden können.

Die Boards der Hardware-Plattform haben Standardgröße mit kleinem Formfaktor und Eingangs- und Ausgangsstecker mit vorgegebener Polarität. Die Positionen dieser Stiftleisten sind speziell definiert, um die Erstellung von mehreren Board-Kombinationen zu ermöglichen. Das einheitliche Design der Boards hilft beim schnellen Testen der verschiedenen Board-Konfigurationen und ihrer Leistung, wobei der Arbeitsbereich klein und einfach gehalten wird.

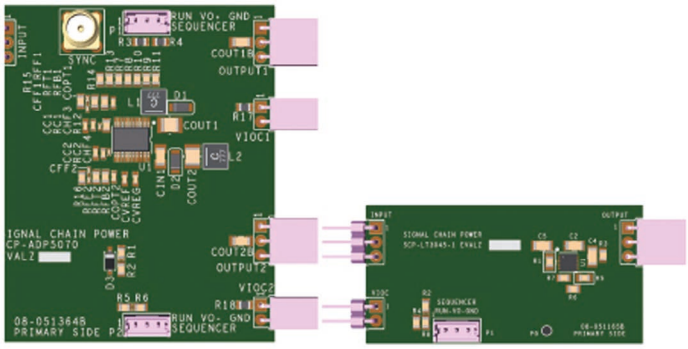
Abgesehen von der Stromversorgung unterstützt die SCP-



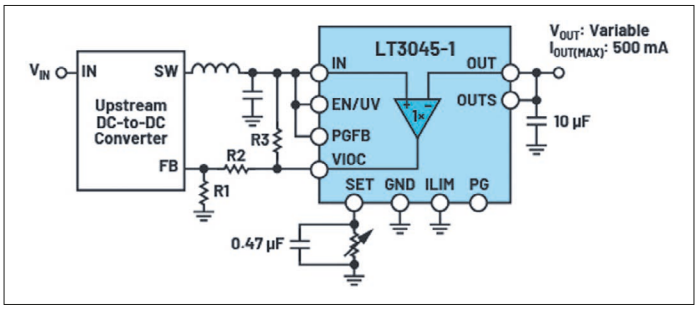
Autoren:
Joseph Rommel Viernes, Applikationsentwickler,
Vincent Gregorio, Applikationsentwickler und
Anthony Serquiña, Leitender Applikationsentwickler
Analog Devices Inc.
www.analog.com



Beispiel einer Stromversorgungslösung unter Verwendung der SCP-Plattform



SCP-ADP5070-EVALZ (Doppel-DC/DC-Wandler, l.) und SCP-LT3045-1-EVALZ (LDO-Regler, r.)

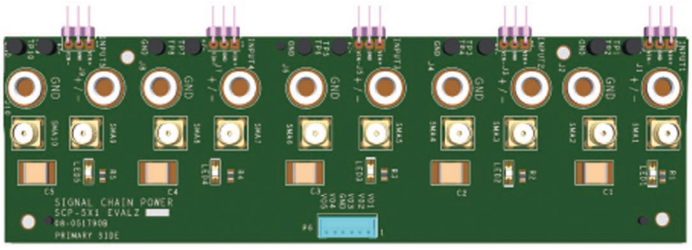


Implementation der VIOC-Funktion des LT3045-1-LDO-Reglers

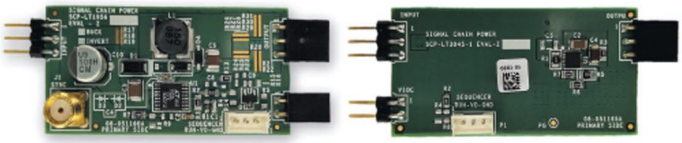
Hardware auch mehrere Funktionen und Merkmale. Die Boards sind mit übergroßen 0805-Pads für Komponenten ausgestattet, die möglicherweise modifiziert werden müssen. Hierzu gehören solche für die Rückkopplung, die Kompensation, die Frequenzeinstellung, den Softstart, den Betrieb und für VIOC (Input-to-Output-Control). Dadurch werden Nacharbeit und Design-Anpassungen vereinfacht.

Einige SCP-Schaltregler unterstützen die Frequenzsynchronisation. Ein externer Takt kann über einen auf dem SCP-Board vorhandenen SMA-Anschluss eingespeist werden. Die empfohlenen Werte und Konfigurationseinstellungen sind auf dem jeweiligen Datenblatt auf www.analog.com zu finden.

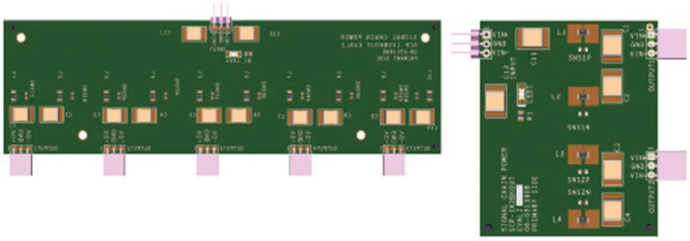
Die SCP-Hardware enthält auch eine Tracking-Funktion zur Versorgung des linearen Nachregler am Input-to-Output-Control-Anschluss. Sie steuert den Feedback-Anschluss (FB) des Vorreglers, um die Eingangsspannung des LDO-Reglers auf $V_{OUT} + V_{VIOC}$ zu halten. Diese Funktion kann genutzt werden, um die Verlustleistung des LDO-Reglers zu minimieren und gleichzeitig dessen PSRR-Werte zu erhalten. Der Gesamtwirkungsgrad wird durch die Verwendung dieser Funktion verbessert.



Das 5×1-Reintegrations-Board kombiniert mehrere Schienen in einem einzigen Connector Breakout Board



Der LT1956 (Abwärtswandler, l.) und der LT3045-1 (LDO-Regler, r.) haben dieselben Platinenabmessungen trotz der unterschiedlichen Topologien



Breakout Boards können verwendet werden, um die Eingangsspannung auf mehrere Schienen aufzuteilen

Alle Schaltregler- und LDO-Platinen der SCP-Plattform sind so konfiguriert, dass der Entwickler die einzelnen Stromschienen in die richtige Reihenfolge bringen kann, wenn sein System sequenzielles Einschalten und/oder Ausschalten erfordert. Er kann einzelne Leistungsmodule aktivieren oder deaktivieren, indem er ein digitales High- oder Low-Signal vom System anlegt. Für diese Funktion können auch Power Supply Sequencer und Supervisors wie der LTC2928 verwendet werden. Zur Überwachung und Einstellung des Ausgangs auf die gewünschte Stromversorgungssequenz ist eine spezielle Stiftleiste vorhanden.

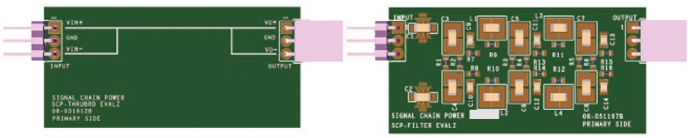
Board-Zubehör

Die SCP-Hardware-Plattform umfasst auch Board-Zubehör, das aus einem 1×2-Breakout-Board, einem 1×5-Breakout-Board, einem 5×1-Reintegrations-Board, einem Durchgangs-Board, einem Filterboard, einem Einzeleingangs-Board und einem Einzelausgangs-Board besteht.

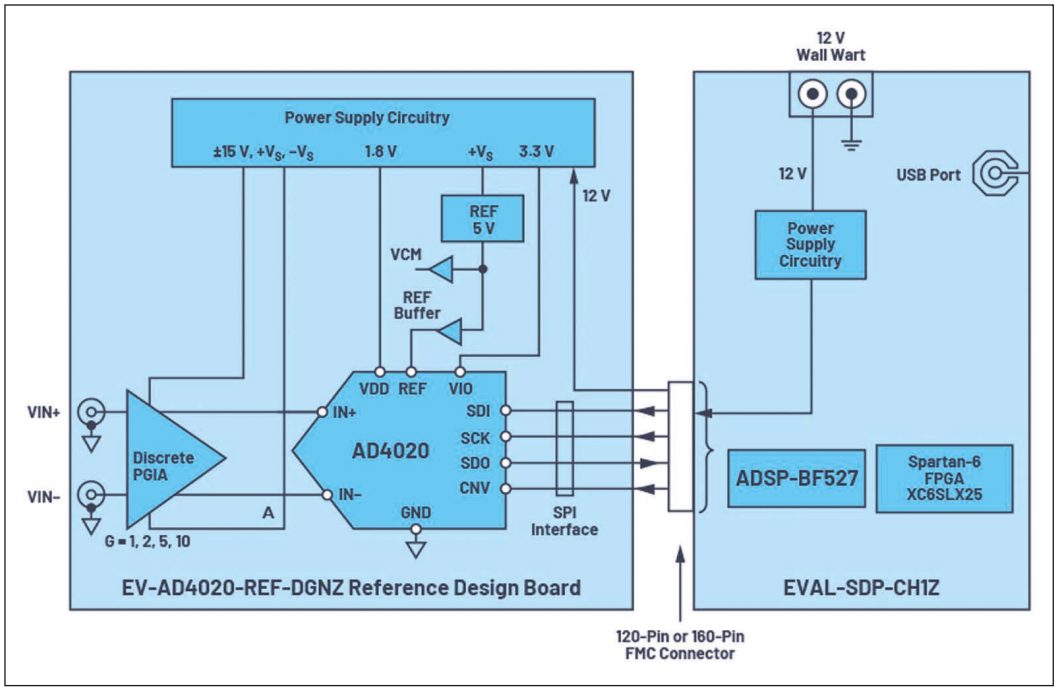
Das 5×1-Reintegrations-Board kombiniert eine Mehrfachausgangs-Schiene in einem einzigen Pigtail-Prüflingsanschluss mit der Bereitstellung zusätzlicher Filterung, Strommessung, Leistungs- und Signalmessung über SMA-Anschlüsse und einer Bananenbuchse für Standardausgangsmessungen und -charakterisierungen.

Das Durchgangs-Board dient zur Überbrückung von Lücken, die durch benachbarte Schienen entstehen. Das Filterboard kann ebenfalls für diesen Zweck verwendet werden, falls einezusätzliche passive Filterung sinnvoll/erforderlich ist. Es unterstützt die Verwendung von RC- und LC-Gliedern, Durchführungskondensatoren, Ferritperlen sowie weitere Netzwerkkonfigurationen.

Die Eingangs- und Ausgangs-Boards können für Singlerail-Bewertungen verwendet werden. Sie verfügen außerdemüber mehrere Schnittstellenoptionen wie Bananenstecker, Grabber oder SMA für die Charakterisierung von Eingangs- und Ausgangsgrößen.



Durchgangs-Board (l.) und Filterboard (r.)



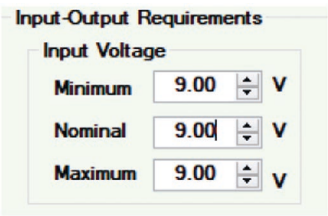
Blockschaltbild des CN0513 zur Evaluierung des Rauschens mit der SCP Hardware

Auf den Punkt gebracht

Mit der SCP-Hardware-Plattform kann ein Systementwickler auf einfache Weise eine komplette Stromversorgungslösung erstellen und entwerfen, und so die Leistung eines Signalkettensystems schnell bewerten. Durch die Plug&Play-Konfiguration der SCP-Stromversorgungs-Boards ist auch eine schnelle und einfache Optimierung des Stromversorgungssystems möglich. Wenn die Design-Optimierung abgeschlossen ist und in das endgültige Design integriert werden kann, stehen alle technischen Unterlagen auf www.analog.com zum Download bereit.

Der SCP-Konfigurator

Der SCP Konfigurator ist das Software Tool für die SCP-Serie von Hardware-Evaluierungs-Boards. Es ist eine einfache und intuitive grafische Benutzeroberfläche (GUI), die es Entwicklungsingenieuren mit oder ohne Erfahrung im Stromversorgungs-Design ermöglicht, schnell eine Stromversorgungslösung für ihr Signalkette zu erstellen. Der Algorithmus liefert die beste Stromversorgungsarchitektur auf der Grundlage der vom Anwender angegebenen Anforderungen.



Die für den SCP-Konfigurator benötigten Spannungen

Zunächst sollten die Eingangsspannungsquelle, die Ausgangsspannungen und die voraussichtlichen Laststromwerte der Signalkette bestimmt werden. Wenn ein geringes Rauschen auf einer bestimmten Schiene erforderlich ist, ist ein Unterpunkt zur Aktivierung dieses Parameters vorhanden. Damit wird ein LDO-Nachregler hinzugefügt, um das Rauschen auf der Schiene zu reduzieren. Hier stellt sich wieder die schwierigste Frage bei der Entwicklung einer Stromversorgungslösung für eine Signalkette: „Wie rauscharm ist gut genug?“

Die GUI zeigt das Ergebnis der generierten Stromversorgungslösung. Sie liefert eine grafische Darstellung der Lösung, die dem Entwickler hilft, den Stromversorgungsbaum zu konstruieren und alle relevanten SCP-Hardware-Platinen miteinander zu verbinden. Für jede Schiene wird eine Liste möglicher Alternativplatinen bereitgestellt. Diese alternativen Boards sind nach steigender Ausgangsstromfähigkeit geordnet.

Zusätzlich kann die von der GUI generierte Stromversorgungslösung im PDF-Format ausgedruckt werden. Der Bericht enthält die gleiche grafische Darstellung des Ausgangsdesigns und eine Liste von Vorschlägen mit Platinen für jede Schiene. Darüber hinaus enthält der Bericht eine Liste aller benötigten Zusatzkomponenten, die bei der Verbindung von Leistungsmodulblöcken hilfreich sind. Außerdem sind Verknüpfungen enthalten, die den Benutzer zu den entsprechenden Unterlagen für die Leiterplatte weiterleiten, wie z.B. Leiterplatten-Layout-Entwurf, Stückliste und Schaltplan, die leicht kopiert und als Design-Referenz verwendet werden können.

Vorgehensweise bei den einzelnen Funktionen

Sobald die kundenspezifische Stromversorgungsarchitektur der Signalkette fertiggestellt ist, kann man die Boards zu einer Hardware-Testplattform zusammenfügen und eine Leistungsbewertung der gesamten Signalkette durchführen.

Um zu demonstrieren, wie die SCP-Plattform den Entwurfs- und Bewertungsprozess der Stromversorgungslösung für die Signalkette vereinfacht, wird die Plattform für den Entwurf einer Stromversorgungslösung für den AD4020 Differential-SAR-ADC verwendet. Dabei wird z.B. die SCP-Plattform den CN0513 mit Strom versorgen, eine hochgenaue Datenerfassungslösung mit geringer Drift, die den AD4020 verwendet. Der SAR-ADC benötigt 1,8 V V_{DD} und eine digitale Spannungsversorgung für die Eingangs-/Ausgangsschnittstelle (VIO). Die VIO-Schiene kann einen Eingang von 1,71 bis 5,5 V verarbeiten. Beispielsweise werden 3,3 V als VIO-Eingangsspannung festgelegt.

Der Instrumentenverstärker mit programmierbarer Verstärkung (PGIA) verwendet zwei Spannungsschienen für die Stromversorgungs-Pins +V bzw. -V.

Um die Plattform in Betrieb zu nehmen, benötigt der SCP-Konfigurator eine Eingangsspannung für das System. Es wird z.B. eine Nenneingangsspannung von 9 V verwendet.

Der SCP-Konfigurator berücksichtigt auch die Spannungs- und Stromanforderungen des Systems. Zum Beispiel sind

Stromschiene	Schienenspannung	maximaler Strom
VDD	1,8 V	1,1 mA
VIO	3,3 V	0,3 mA
$+V_S$	5,5 V	20 mA
$-V_S$	-1 V	20 mA

Tabelle 1: Versorgungsanforderungen für den AD4020

Parameter	Switcher + LDO	nur Switcher	nur LDO
Dynamikbereich	98,165 dB	98,434 dB	98,362 dB
SFDR	120,26 dB	120,07 dB	120,4 dB
SNR	97,39 dB	97,66 dB	97,59 dB
THD	-119,67 dB	-119,5 dB	-119,76 dB
SINAD	97,36 dB	97,63 dB	97,56 dB

Tabelle 2: Positive Versorgung (+VS = 5,5 V)

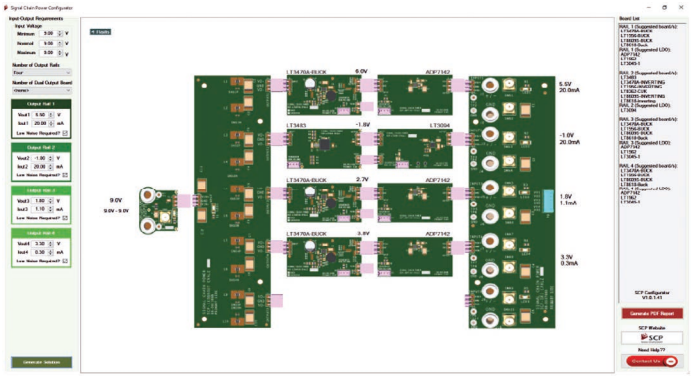
Parameter	Switcher + LDO	nur Switcher	nur LDO
Dynamikbereich	98,165 dB	98,301 dB	98,347 dB
SFDR	120,26 dB	119,46 dB	119,55 dB
SNR	97,39 dB	97,53 dB	97,57 dB
THD	-119,67 dB	-118,75 dB	-118,97 dB
SINAD	97,36 dB	97,49 dB	97,54 dB

Tabelle 3: Stromversorgung des AD4020 (V_{DD} = 1,8 V)

Parameter	Switcher + LDO	nur Switcher	nur LDO
Dynamikbereich	98,165 dB	98,119 dB	98,152 dB
SFDR	120,26 dB	120,65 dB	120,16 dB
SNR	97,39 dB	97,34 dB	97,38 dB
THD	-119,67 dB	-120,12 dB	-119,69 dB
SINAD	97,36 dB	97,32 dB	97,35 dB

Tabelle 4: Digital Power (VIO = 3,3 V)

dies die 1,8-V-V_{DD}-Schiene, die 3,3-V-V_{IO}-Schiene sowie die +5,5 V und -1 V für die duale Versorgung des PGIA. Die Stromanforderungen für diese Eingänge können den Datenblättern der Komponenten entnommen werden und sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Eingangsstufe des PGIAs verwendet zwei JFET-Operationsverstärker ADA4627-1, die zusammen maximal 15,6 mA aufnehmen. Für die weitere Versorgung des PGIA ist zusätzlicher Strom nötig, was zu maximal 20 mA auf den +V_S- und -V_S-Schienen führt. Diese Werte werden in die GUI eingegeben, welche daraus eine Stromversorgungslösung unter Verwendung der SCP-Plattform-Hardware generiert. Es gibt auch einen Kontrollpunkt im Menü, der angekreuzt werden muss, wenn die Schiene rauscharm sein muss. Durch das Setzen eines Häkchens wird ein LDO-Regler hinzugefügt, um die Rauschleistung der Stromschiene zu verbessern. In diesem Beispiel wird Rauscharmut auf allen Spannungsschienen angekreuzt.

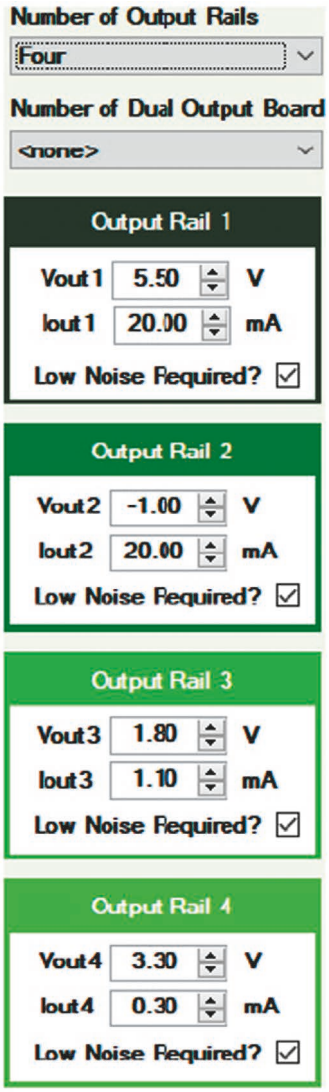


Vom SCP Configurator generierte Stromversorgungslösung entsprechend den Anforderungen in den voranstehenden Bildern

Für die vom SCP-Konfigurator erzeugte Stromversorgungslösung gibt es auch einen Vorschlag, nur einen LDO-Regler für die 1,8- und 3,3-V-Ausgangsschienen zu verwenden. Das ist wichtig zu wissen, da dies bei der Optimierung der Stromversorgungslösung nützlich sein kann. Der Grund dafür ist, dass der SCP-Konfigurator zwar einen kompletten Leistungspfad generiert, welcher aber wegen Platzanforderungen der Hardware leicht verändert werden kann. Dadurch werden Änderungen der Stromversorgungslösung schneller implementierbar.

Störungen („Rauschen“)

Es gibt zwei Methoden zur Bestimmung des tolerierbaren Stromversorgungsrauschens. Die erste besteht darin, die Empfindlichkeit der Signalverarbeitungslast abhängig vom Stromversorgungsrauschen zu verstehen und zu quantifizieren, was aufwändig und kompliziert ist. Die zweite Methode ist ein optimaler und praktischer Ansatz, nämlich die Durchführung einer schnellen Bewertung der Systemleistung, bei der das Plug&Play-System der SCP-Hardware-Plattform zum Tragen kommt. (s. auch: Pablo Perez, Jr. and Patrick Errgy Pasaquian. “Optimizing Power Systems for the Signal Chain – Part 1: How Much Power Supply Noise is Tolerable?” Analog Dialogue, Vol. 55, No. 1, March 2021)



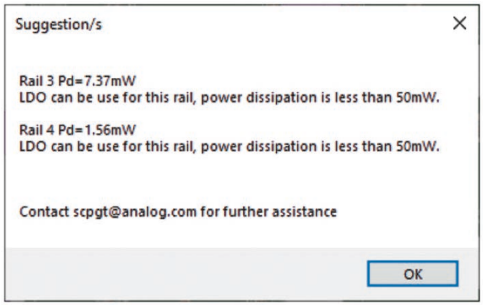
Stromversorgungsangaben für den SCP-Konfigurator

Um die Leistung der Hardware zu messen, wurden die Rauschparameter des CN0513 ermittelt. Ein 1-kHz-Sinussignal eines Funktionsgenerators wird am

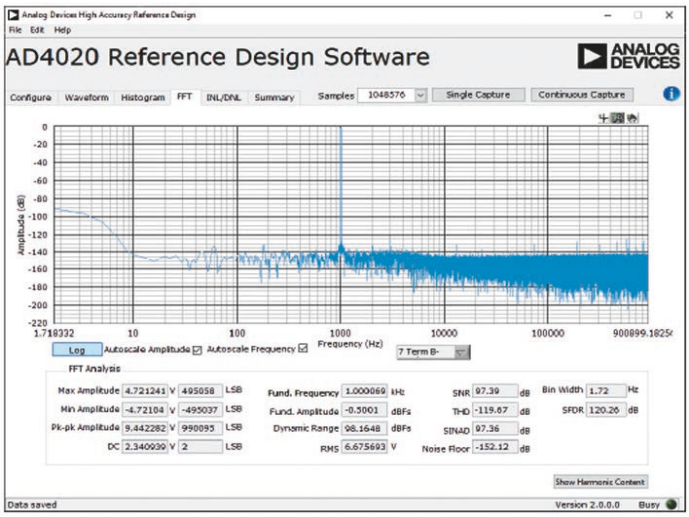
Eingang für das Evaluierungs-Board verwendet, und die äquivalente FFT der vom ADC abgetasteten Sinuswelle wird ermittelt. Dies erfolgte zunächst mit den On-Board-Netzteilen, um einen Vergleichswert für die Leistung des AD4020 zu haben. Danach wurde die SCP-Plattform als externe Stromversorgung an das Evaluation Board angeschlossen. Jede positive Schiene wurde dreimal geprüft: erst entsprechend dem Vorschlag des SCP-Konfigurators, dann nur mit dem Schaltregler-Board und dann nur mit dem LDO-Board. Die negative Schiene wurde dagegen nur mit dem Standardvorschlag getestet, da die erforderliche Ausgangsspannung unter der minimalen Ausgangsspannung der negativen Switcher-Boards liegt und die negativen LDO-Regler nicht an die positive Eingangsspannung angeschlossen werden können.

Diese verschiedenen Tests zeigen die Auswirkungen verschiedener Kombinationen von Power Management ICs auf die Leistung des SAR ADC. Die Tabellen 2, 3 und 4 nennen die Rauschparameter des ADCs für die verschiedenen Stromschienen. Daraus geht hervor, dass das Rauschen zwischen den verschiedenen Konfigurationen der SCP-Boards vergleichbar ist. Für die positive 5,5-V-Versorgungsschiene ist die Verwendung nur eines Schaltregler-Boards oder eines LDO-Boards eine mögliche Option, da sie eine Verbesserung gegenüber der Konfiguration mit sowohl LDO- als auch Schaltregler-Boards darstellt. Für die 1,8-V-Versorgungsschiene des AD4020 ergibt die Verwendung nur einer LDO-Platine den höchsten Dynamikbereich, SNR, SINAD und den niedrigsten THD-Wert unter den drei Konfigurationen. Dies geht jedoch mit einem niedrigeren SFDR einher als bei der Kombination aus Schaltregler- und LDO-Boards. Die Daten für die digitale 3,3-V-Stromschiene zeigen, dass alle Konfigurationen verwendet werden können, da für jede Messgröße bei allen Konfiguration jeweils die besten Werte erzielt wurden. Die Daten zwischen den verschiedenen Schienen sind miteinander vergleichbar, aber diese Unterschiede in den Messungen können einen großen Einfluss auf die Leistung der Anwendung haben.

Das Erfassen des Rauschens der verschiedenen SCP-Konfigurationen würden mehr Zeit in Anspruch nehmen, wenn es mit einzelnen Demo-Boards durchgeführt würde. Die Unterschiede im Rauschen können einen großen Einfluss auf die von einer Stromversorgungslösung gespeiste Signalkette haben, so dass eine solche Plattform hilft, um den Zeit- und Arbeitsaufwand für die Ermittlung der optimalen Stromversorgungslösung für das System zu reduzieren. Die Plattform schneidet auch dann gut ab, wenn das Rauschen berücksichtigt wird, was den Entwicklern helfen kann, andere Aspekte der Stromversorgungslösung, wie Effizienz, Kosten und Größe der Lösung, zu berücksichtigen.



Vorschlag mit der Empfehlung, nur einen LDO Regler für die Schienen 3 und 4 einzusetzen (1,8 und 3,3 V)



Ergebnis der Rauschmessung am CN0513 mit der SCP-Plattform als externe Versorgung

Schlussbemerkung

Bei der Entwicklung und Bewertung einer Stromversorgungslösung müssen viele Faktoren berücksichtigt werden, und die Bewertung der Performance erfordert Zeit. In diesem Artikel wurde der Einsatz der Signal Chain Power (SCP)-Plattform für die Messung des Rauschens des CN0513 mit verschiedenen Stromschienenkonfigurationen demonstriert – eine Aufgabe, die bei Verwendung herkömmlicher Methoden sehr viel Zeit in Anspruch nehmen kann. Die SCP-Hardware-Evaluierungsplattform und das SCP-Konfigurator-Tool können viele der Herausforderungen bei der Entwicklung und Evaluierung von Stromversorgungslösungen erleichtern und sind somit für Signal-Ketten-Systementwickler jeglicher Erfahrung von Nutzen.

Über die Autoren

Joseph Rommel Viernes ist ein Power Applikationsentwickler bei Analog Devices Philippines. Er kam 2018 zu ADI. Er verfügt über mehr als 16 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Stromversorgungen bei Unternehmen wie Emerson Network Power, Phihong Technology, Power Integrations und jetzt Analog Devices. Sein Schwerpunkt liegt auf industriellen und kommunikationstechnischen Stromversorgungsapplikationen. Er erwarb seinen Bachelor-Abschluss in Elektronikingenieurwesen an der De La Salle University Manila, Philippinen. Sie können ihn unter joseph.viernes@analog.com erreichen.

Vincent Gregorio ist ein Applikationsentwickler bei Analog Devices Philippines. Er schloss sein Studium an der University of the Philippines Diliman in Quezon City, Philippinen, im Jahr 2020 mit einem Bachelor-Abschluss in Elektronik und Kommunikationstechnik ab. Seine Arbeit konzentriert sich auf industrielle Energiesystemanwendungen. Er ist zu erreichen unter vincent.gregorio@analog.com.

Anthony Serquiña ist leitender Applikationsentwickler bei Analog Devices Philippines. Er hat einen Bachelor-Abschluss in Elektronik und Kommunikationstechnik von der Saint Louis University in Baguio City, Philippinen. Er verfügt über mehr als 14 Jahre Erfahrung in der Leistungselektronik, die die Entwicklung von Power Management ICs sowie AC-to-DC- und DC-to-DC-Frontend-Leistungswandlern umfasst. Er kam im November 2018 zu ADI und unterstützt derzeit die Leistungsmanagement-Anforderungen für industrielle Anwendungen. Er war maßgeblich an der Entwicklung der SCP-Hardware- und Software-Plattform von ADI beteiligt. Sie erreichen ihn unter anthony.serquina@analog.com. ◄