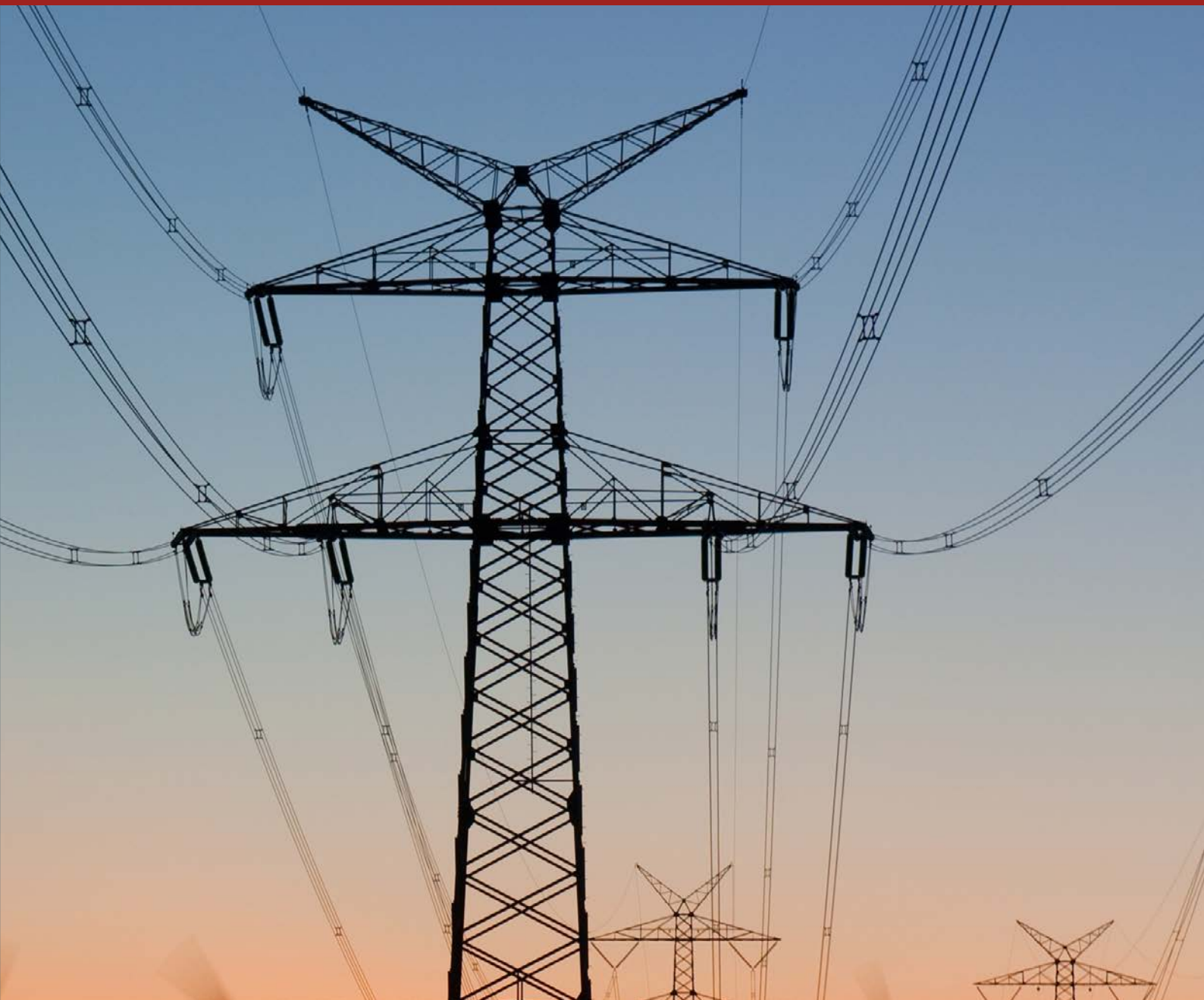


**GALVANISCH ENTKOPPELTE
STROMMESSUNG MIT HallinOne®**





HallinOne®

FLEXIBEL EINSETZBARE LÖSUNGEN ZUR STROMMESSUNG

Integration

Die verwendeten Sensoren, Verstärker, AD-Umsetzer und Schnittstellen sind Teil einer umfangreichen Bibliothek. Unter Verwendung dieser im Hause entwickelten und erprobten Makrozellen können kundenspezifische Schaltkreise (ASICs) mit hoher Zuverlässigkeit entwickelt werden. Für spezielle anspruchsvolle Anwendungen können auch neuartige Funktionen realisiert werden. Durch die hohe Integration der gesamten analogen und digitalen Signalverarbeitung wird neben einer kostengünstigen Herstellung ein guter Schutz vor unautorisierten Nachahmungen erreicht. Auch die Zuverlässigkeit ist bei einer One-Chip-Lösung deutlich erhöht. Diese Eigenschaften bedeuten einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber konventionell aufgebauten Stromsensoren.

VORTEILE DER TECHNOLOGIE

- Robustes Messsystem ohne Abschirmung
- Unempfindlich gegen Überlastung
- Hohe Messgenauigkeit da keine magnetisierbaren Materialien verwendet werden
- Differentielle Messung
- Integrierte Spulen für Empfindlichkeitsregelung und Selbsttest
- Optimierte Eigenschaften der Hall-Sensoren durch integrierte analoge/digitale Signalverarbeitung
- Kostengünstige CMOS-Technologie
- Kein Shunt nötig
- Geringe Baugröße durch Systemintegration
- Strom-, Spannungs- und Temperaturmessung on Chip

ANWENDUNGSBEISPIELE

- Stromsensorik für Stromverteiler-Systeme
- Überwachung energieeffizienter Systeme
- Messung von Gleichstrom für Photovoltaikanlagen mit Solarumrichtern
- Batteriezustandsüberwachung (z. B.: Innenwiderstand)
- Bordnetz-Kontrolle
- Start/Stop-Unterstützung ohne Shunt
- Anwendungen in der Elektromobilität

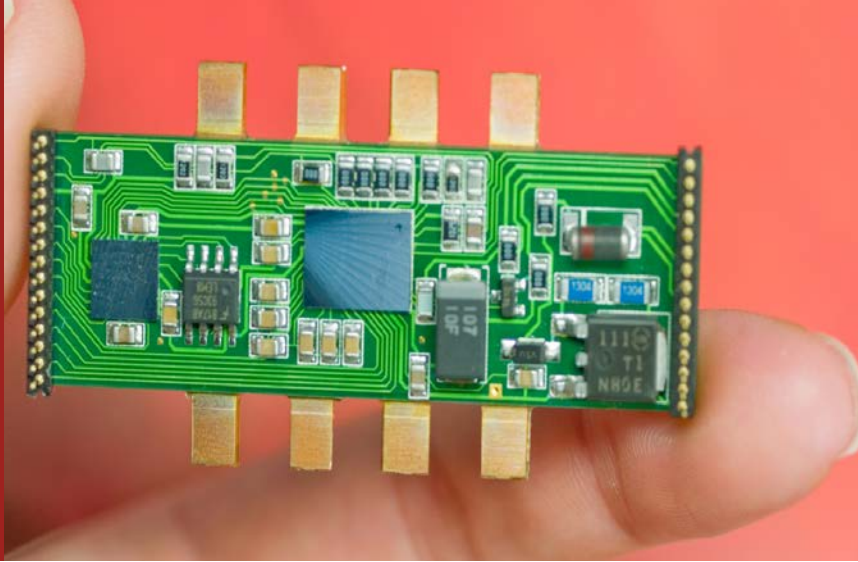


Bild 1: kompaktes Strommodul zur Messung von vier galvanisch getrennten Stromkanälen

HALLinONE® – 3D-MAGNETFELDENSORIK IN EINEM CHIP

Herkömmliche Hallsensoren können ausschließlich senkrecht zur Chipoberfläche gelegene Magnetfelder messen, dahingegen erfasst die integrierte 3D-Hall-Sensor-Technologie HallinOne® zusätzlich Magnetfelder, die parallel zur Chipoberfläche ausgerichtet sind. Sie ermöglicht es Magnetfelder aller drei Raumkomponenten mit einem Sensorchip zu erfassen, dadurch können berührungslose Positionsmesssysteme kostengünstig realisieren werden. Auch die Produktion des HallinOne®-Sensors in großer Stückzahl ohne zusätzliche Prozessschritte auf Standard-CMOS-Technologie trägt dazu bei, kostengünstige Serienpreise zu realisieren. Der Sensorchip verfügt für jede der drei magnetischen Achsen über einen eigenen Sensor. Die einfache Handhabung wird dadurch begünstigt, dass der Chip direkt an einen Rechner oder Mikrocontroller angeschlossen werden kann, da die Digitalisierung der Messwerte auf dem Sensorchip integriert ist.

Um einen Strom zu messen, also eine Spannung oder ein Signal zu erzeugen, welches proportional zum Strom ist, genügt es einen Widerstand in den Messkreis einzubauen in dem der Strom fließt. Derart einfach ist die Strommessung allerdings nur, wenn es sich um kleine Ströme handelt und keine galvanische Trennung zwischen Messkreis und Auswerteschaltung benötigt wird. Bei sehr hohen Strömen gibt es mit Shuntlösungen zusätzlich thermische Probleme. Bei einer nötigen galvanischen Trennung werden Shuntlösungen sehr aufwendig, da man auf der Messkreisseite eine galvanisch getrennte Versorgung vorsehen muss.

Im Falle eines Stromsensors mit Übertrager im Signalpfad ist man entweder beschränkt auf Wechselströme oder man muss Magnetfeldsensoren einsetzen. In beiden Fällen legt der benötigte Übertrager sowohl das Volumen als auch das Gewicht des gesamten Sensors fest. Zusätzlich sind auch Genauigkeit und Überlastfähigkeit aufgrund der magnetisierbaren Materialien begrenzt.

Um dieses Problem zu beseitigen hat das Fraunhofer Institut IIS Erlangen auf Basis der HallinOne®-Technologie Lösungen entwickelt, die in vielen Anwendungen einfach einzusetzen sind.

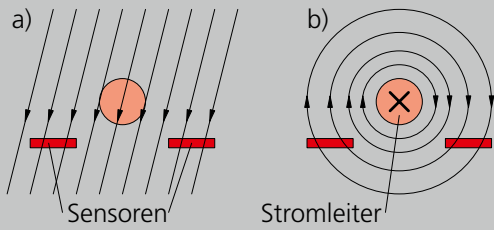


Bild 2:
Strommessung mit zwei Magnetfeldsensoren;
a) externes Störfeld;
b) Feld des zu messenden Stromes

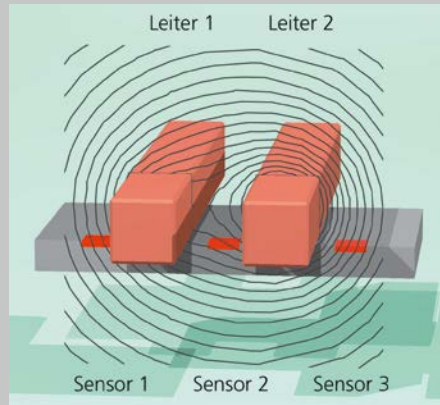


Bild 3:
Chip-Querschnitt und Feldlinienverlauf
für einen 2-Kanal-Stromsensor ($I_2 = 2 \cdot I_1$)

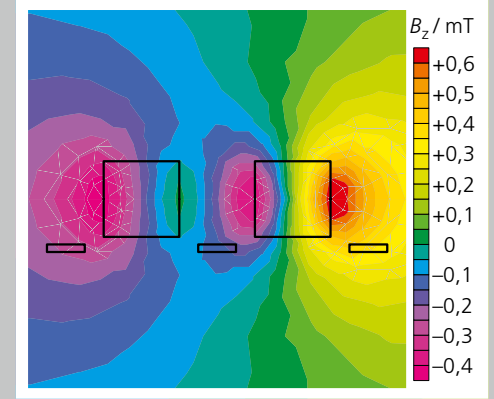


Bild 4:
z-Komponente der magnetischen Flussdichte
für den Stromsensor aus Bild 3 ($I_1 = 1A$)

MEHRKANAL-STROMSENSOREN

Grundlage der Stromsensoren ist die Messung des vom elektrischen Stromfluss erzeugten Magnetfeldes. Hierzu werden Hallelemente verwendet, die auf einem kostengünstigen Standard-CMOS-Prozess realisiert werden können. Durch die hohe Empfindlichkeit der Sensoren und die Möglichkeit, Offsets und Temperaturabhängigkeit durch mit auf den Chip integrierte Elektronik zu kompensieren, kann auf magnetfeldkonzentrierende Bauelemente wie Ferritkerne verzichtet werden. Neben der Vermeidung von Sättigungs- und Hystereseeffekten ergibt sich damit ein einfacher Aufbau und eine hohe Integrationsfähigkeit.

Um einen Strom zu messen, sind zwei Magnetfeldsensoren nötig, da nur so externe Magnetfelder – wie zum Beispiel das Erdfeld – kompensiert werden können (Bild 2). Die verwendeten Hallelemente messen nur die z-Komponente des Magnetfeldes, die senkrecht zur Chip-Oberfläche gerichtet ist. Während bei externen Störfeldern die z-Komponenten in beiden Sensoren gleichen Betrag und gleiches Vorzeichen besitzen (Bild 2a), haben sie beim vom Stromfluss erzeugten Feld entgegengesetzte Vorzeichen (Bild 2b). Damit ist eine störungsfreie Bestimmung des im Leiter fließenden Stroms möglich. Durch die Integration beider Sensoren auf einem Chip sind ein kompakter Aufbau und eine exakte Reproduzierbarkeit ihrer Geometrie möglich. Positionierungsfehler des nicht mit auf dem Chip integrierten Stromleiters können durch eine einmalige Kalibrierung kompensiert werden.

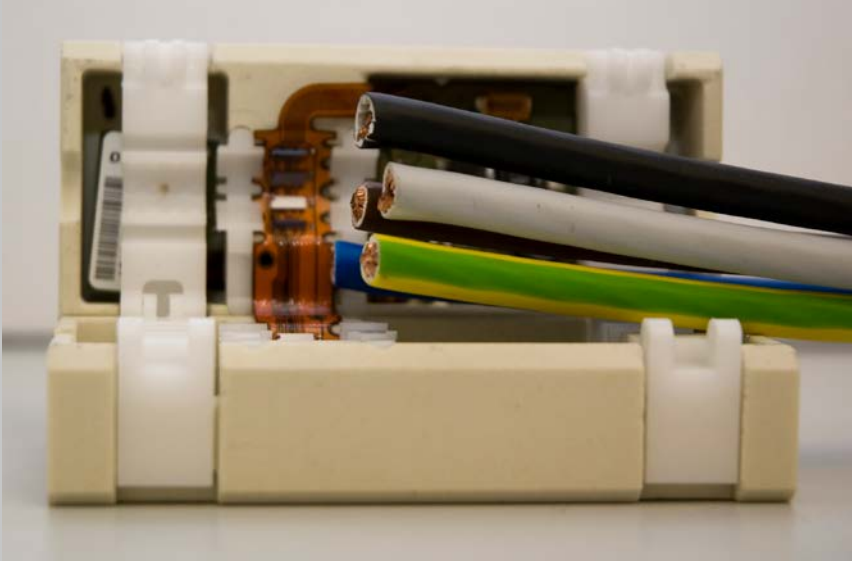
Mehrkanalige Stromsensoren

Um zwei verschiedene elektrische Ströme unabhängig voneinander zu messen, könnte man nun zwei solcher Chips mit je zwei Hallelementen verwenden. Eine bessere Möglichkeit ist die Anordnung nach Bild 3. Hier sind nur drei Magnetfeldsensoren nötig, wobei der Sensor 2 doppelt verwendet wird. Das Bild zeigt einen Schnitt durch den Chip und eine Simulation der resultierenden Magnetfeldlinien ohne externes Störfeld, wobei in Leiter 2 der doppelte Strom fließt wie in Leiter 1. In Bild 4 ist der Wert der z-Komponente dieses Magnetfeldes dargestellt.

4-Kanal-Stromsensor-Modul

In Bild 1 wird ein realisiertes, äußerst kompaktes Strommodul zur Messung von vier galvanisch getrennten Stromkanälen gezeigt. Eine preiswerte FR4-Platine bildet die Grundlage. Neben dem direkt aufgeklebten und gebondeten Sensorchip sind nur wenige diskrete Bauteile und eine Buchsenleiste zur Stromversorgung und Datenübertragung nötig (wahlweise im Raster 2,54 mm bzw. 1,27 mm).

Auf dem Sensorchip finden neben den fünf hochempfindlichen Hallelementen auch rauscharme Vorverstärker, Analog-Digital-Wandler, eine digitale Schnittstelle und die nötige digitale Steuerung Platz. Die vier speziell geformten Stromleiter sind in einem Kunststoff fixiert, der die notwendige Isolation zwischen den Leitern untereinander und zur Auswerteschaltung sicherstellt. Dieser Leiterträger wird direkt auf den Sensorchip geklebt und mit der Platine zu einem robusten Modul vergossen. Der gesamte Aufbau misst nur $35 \times 26 \times 5 \text{ mm}^3$. Bei einer kundenspezifischen Anordnung mit geringeren Anforderungen an die Stromtragfähigkeit oder die Isolationsfestigkeit ist auch eine weitere Verkleinerung des Sensormoduls möglich.



STROMSENSOREN NACH DEM GRUNDPRINZIP EINER ROGOWSKI-SPULE (RINGINTEGRAL-PRINZIP)

Nur wer seinen Stromverbrauch kennt, kann den Energiebedarf senken. Herkömmliche Messsysteme passen jedoch oft nicht in vorhandene Schaltschränke. Abhilfe schaffen kann ein Messmodul nach dem Grundprinzip einer Rogowski-Spule, das sich im laufenden Betrieb wie eine Wäscheklammer um Stromkabel zwicken lässt. Die Klemme wurde entwickelt mit Hallsensoren der HallinOne®-Technologie– einer 3D-Magnetfeldsensor-Technologie, die bereits serienmäßig in Waschmaschinen von Bosch und Siemens verbaut ist, um dort die Position der Wäschetrommel zu bestimmen.

Dieses Messprinzip lässt große mechanische Montage-Toleranzen zu, ohne dass dadurch die Messgenauigkeit beeinträchtigt wird.

Das Verfahren ist demnach hervorragend geeignet um bestehende Installationen ohne Unterbrechung des laufenden Betriebs mit Messmitteln für Energie-Monitoring nachzurüsten. Während eine Rogowski-Spule allerdings nur Wechselströme erfasst, kann mit Hilfe des HallinOne®-Sensors auch Gleichstrom gemessen werden. Anders als klassische Hall-Sensoren misst der HallinOne®-Sensor nicht nur Magnetfelder, die senkrecht zur Chip-Oberfläche stehen, sondern zusätzlich auch tangentielle Magnetfelder. Dies ermöglicht eine sehr effiziente und damit kostengünstigen Aufbau des Moduls. Zusätzlich misst das realisierte Modul die Spannung, so dass auch Energiewerte erfasst werden können. Diese werden an einen Microcontroller übertragen, der sie wiederum über ein Gateway an einen Zentralrechner leitet.

WWW.IIS.FRAUNHOFER.DE

**Fraunhofer-Institut für
Integrierte Schaltungen IIS**

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
(geschäftsführend)
Dr.-Ing. Bernhard Grill

Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen

Kontakt

Michael Hackner
Telefon +49 9131 776-4476
michael.hackner@iis.fraunhofer.de

www.iis.fraunhofer.de