

# Erforschung und Entwicklung eines energieeffizienten Breitband-Impedanz-Chips zur Echtzeit-Zellkulturüberwachung

21174 BR

Die Impedanzspektroskopie wird in wissenschaftlichen Laboren bereits zur Charakterisierung von Batterien und Brennstoffzellen, zur Überwachung der Kinetik chemischer Reaktionen sowie als Messmethode von Biosensoren genutzt. Für die Anwendung zur Echtzeit-Zellkulturüberwachung sind kommerziell erhältliche Impedanzanalysatoren jedoch zu groß und teuer und somit nicht für die Integration in miniaturisierte oder portable Systeme geeignet.

Im Projekt wurde erforscht, ob sich das Relaxationsmessprinzip als integrierte Schaltung auf der Basis von CMOS-Herstellungstechniken für die Entwicklung miniaturisierter Impedanzanalysatoren eignet. Dafür wurde ein Spezialschaltkreis zur Messung elektrischer Eigenschaften im Frequenzbereich bis 2 MHz entwickelt und gefertigt. Basierend auf dem Funktionsprinzip der Relaxationsmessung im Zeitbereich ist der untere Frequenzbereich theoretisch nur durch die Programmierung begrenzt. Es wurden 2 Wafer produziert und ein kleiner Teil der Chips auf Test-PCB gebondet. Diese Einchip-Lösung kann über ein I2C-Interface direkt mit einem Host-Computer kommunizieren. Das komfortable integrierte Frontend gestattet potentiostatische oder galvanostatische Messungen mit 2, 3, oder 4-Elektrodensystemen für Impedanzbereiche zwischen 10  $\Omega$  und 1 M  $\Omega$ . Speziell für die elektrochemische Sensorik mit 3-Elektrodeninterface ist eine Kompensation des Nullstrompotentials integriert. Zur Vermeidung von 50 Hz-Einstreuungen ist die Abtastung der Messsignale mit der Netzfrequenz synchronisiert.

Im Vorfeld wurde ein diskreter Aufbau erstellt und die möglichen Anwendungsszenarien an realen Objekten durchgespielt. Die Ergebnisse wurden für umfangreiche Simulationen der künftigen Schaltungstruktur genutzt. Für die Testung im Anwendungsumfeld wurde ein I2C zum direkten Anschluss an einen USB-Port mit integrierter Stromversorgung entwickelt.

Grundlage der Validierung war die Messung an speziellen Ersatzschaltungen (Dummies) unter oszillografischer Kontrolle. Für die Messungen an realen Objekten (verschiedene landwirtschaftliche Erzeugnisse) wurde jeweils eine Kontrollmessung mit einem Impedanzanalysator durchgeführt und die Ergebnisse verglichen.

Mögliche Anwendungsszenarien liegen in der elektrochemischen Sensorik bzw. in der Charakterisierung von Stoffen und Stoffgemischen durch ihre Widerstandseigenschaften. Dabei sind die sehr schnelle Messung im Zeitbereich (Relaxationsmessung) sowie das geringe zu übertragene Datenvolumen von Vorteil, so dass das Prinzip auch für Batterie- oder Remote-Anwendungen interessant ist.

Da das Messprinzip auf der Verarbeitung der Antwort auf eine Sprungfunktion beruht, können in Kombination mit entsprechenden Transducern auch nichtelektrische Größen gemessen werden.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema von 07/20 bis 12/23 an dem **Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V.** (Rosenhof, 37308 Heilbad Heiligenstadt, Tel. 03606/671315) unter der Leitung von Prof. Dr. Uwe Pliquett (Leiter der Forschungseinrichtung: Prof. Dr. Dieter Beckmann) und dem **Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gGmbH** (Ehrenbergstr. 27, 98693 Ilmenau, Tel. 03677/6955-00) unter der Leitung von Georg Gläser (Leiter der Forschungseinrichtung: Prof. Dr. Ralf Sommer).

**Gefördert durch:**



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz**

Das IGF-Vorhaben Nr. 21174 BR der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

**aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages**