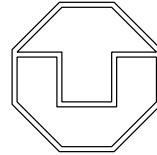


PRÄSENTATION DER DIPLOMARBEIT

Technische Universität Dresden Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Fraunhofer Institut Institut für mikroelektronische Schaltungen und Systeme



Untersuchung und Entwicklung von Konzepten für eigensichere Sensorsysteme

vorgelegt von:

Ralf Hildebrandt

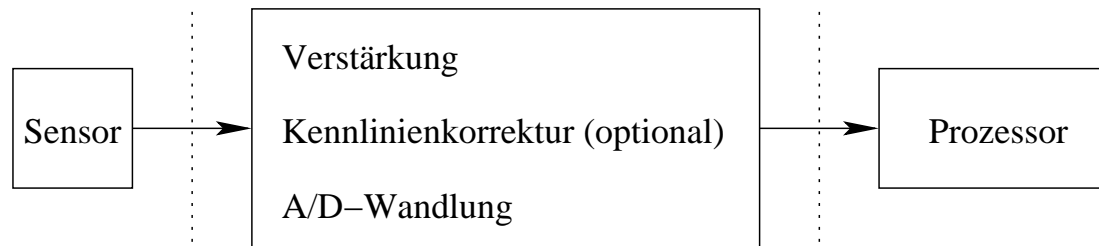
Betreuer:

Dipl.-Ing. Peter König

verantw. Hochschullehrer:

Prof. Dr.-Ing. habil. W. J. Fischer

Ein intelligentes Sensorsystem



Aufbau

hybrid

- für jede Komponente optimierte Fertigungstechnologie
- Teilkomponenten austauschbar

integriert

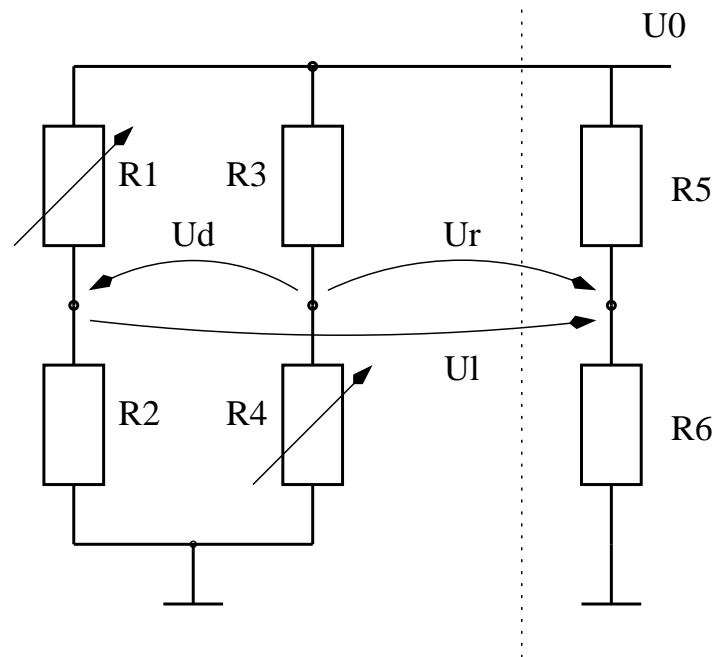
- kostengünstiger
- einige Fehlerquellen weniger

Einige theoretische Überlegungen dieser Arbeit

- mögliche Fehlerarten (Überlast, Bias, Spike, Stuck-At, Erratik, Oszillation, Drift)
- spaciare Redundanz (Sicherheitssensor / alternative Messmethode)
- temporale Redundanz (mehrfache Messung, maximal zulässige Signaländerung, Hin- / Rückrechnung, Rechnung mit codierten Operanden)
- Sensor - Stimulation / Referenzquelle (Sensor - Simulator)
- Fehlererkennung im Prozessor mittels Software
- Eigensicherheit des Prozessors (ECC-RAM, Parity in der CPU)

Ein Beispiel-System

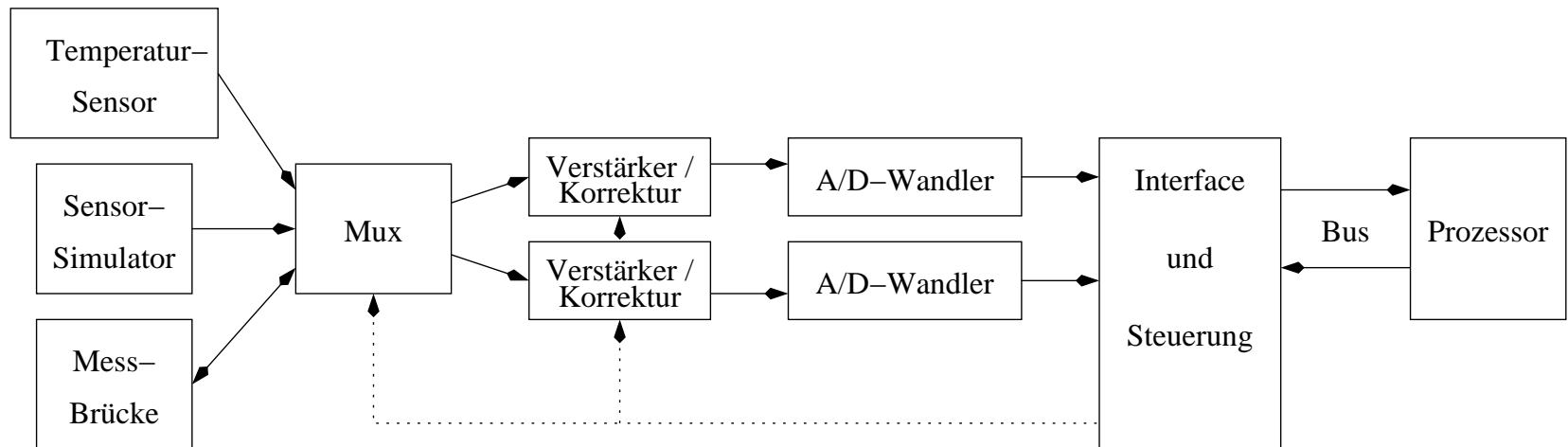
Der Sensor



U_d Messspannung

U_l, U_r teilredundante Spannungen

Ein intelligentes Sensorsystem mit redundantem Signalpfad



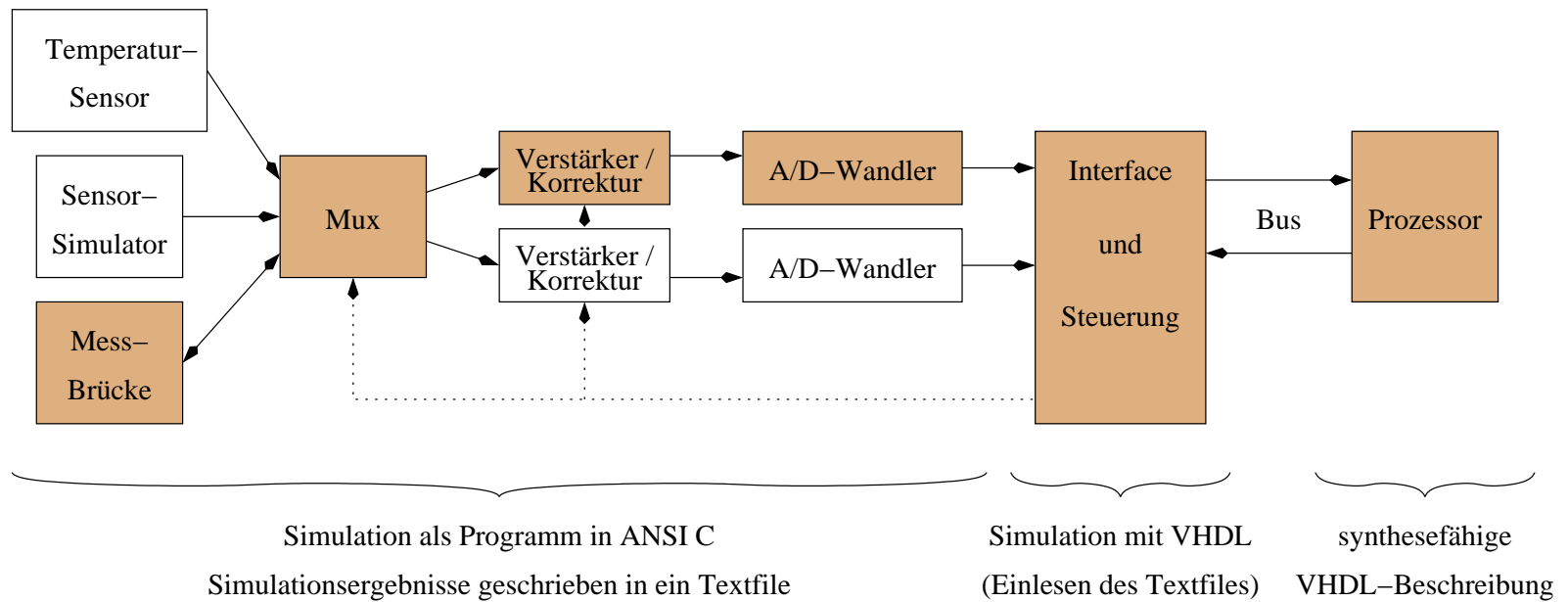
Der Prozessor

Basis: Microcontroller MSP430 von Texas Instruments

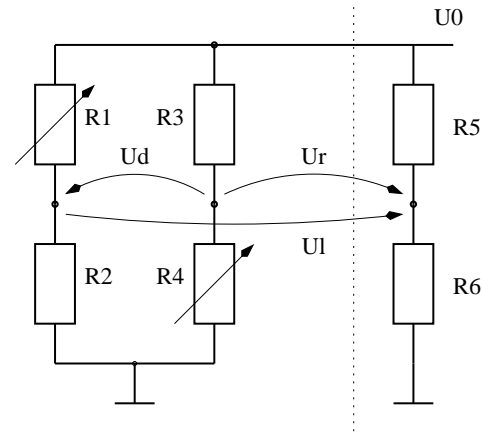
Beschrieben als synthesefähiges Modell in VHDL

- 16 Bit RISC Microcontroller
- 16 Register - 12 davon frei nutzbar + program counter, stack pointer, status register, constant generator
- 20 Befehle, wie Addition, Subtraktion, Rotation usw., 8 Sprungbefehle
- 16 verschiedene (tlw. maskierbare) Interrupts
- befehls- und taktkompatibel zum Original
- offen für Erweiterung mit externen Komponenten („RAM-mapped“)

Systemsimulation



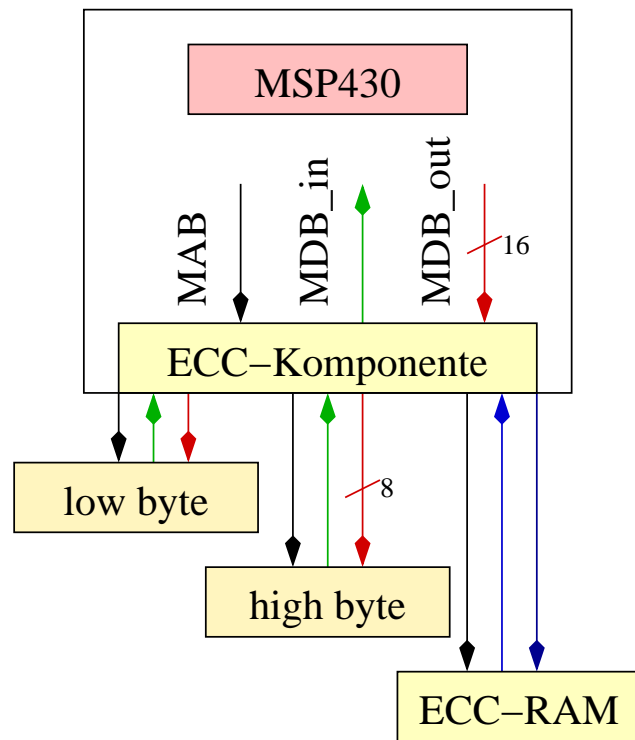
Detektierbare und lokalisierbare Fehler



- Abriss aller 4 Verbindungsleitungen zum Sensor (Gegenmaßnahme \Rightarrow Rotation der Messbrücke)
- Kurzschluss aller Widerstände im Sensor
- Verbindungsabriss zwischen allen Widerständen im Sensor
- Sensitivitätsverlust eines sensitiven Elementes
(detektierbar mit Hilfe von U_r und U_l)

Nach der Lokalisierung des Fehlers kann mit der jeweils unbeschädigten Halbbrücke mit verminderter Genauigkeit weiter gearbeitet werden.

ECC-RAM



- (15,11)-Hamming-Code, verkürzt auf (12,8)-Code
- Minimaldistanz von 3 \Rightarrow 1 Fehler korrigierbar
- 2 Fehler in einem Word korrigierbar
- eingesetzt: Syndrom-Decoder
- Aufwand: insgesamt 150% des normalen RAM-Bedarfs und $\approx 85000 \mu\text{m}^2$ für den Syndrom - Decoder
- 7,2 MHz statt 8 MHz bei der Simulation mit der durch die Synthese erzeugten Netzliste

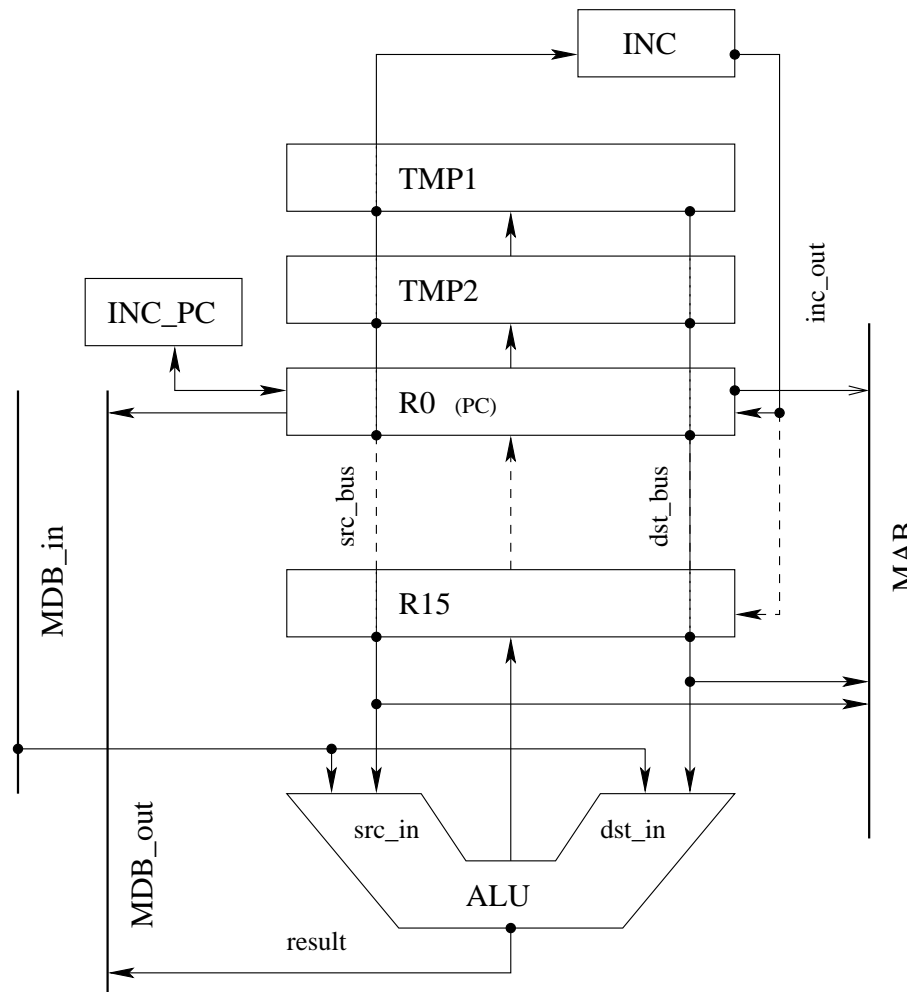
Fehlersignalisierung

- Komponente im Adressbereich der MSP430
- Möglichkeit zum Auslösen eines IRQ
- zusammenfassen von Fehlersignalen und Maskierung auf Wunsch des Nutzers
- beschrieben mit generischem VHDL Code \Rightarrow abschaltbar, IRQ-Nummer und Adressbereich wählbar bei Synthese

Für RAM Fehler, detektiert durch die ECC-Komponente existiert folgende Softwareroutine:

1. bestimmen der Adresse, an welcher den RAM-Fehler aufgetreten ist
2. lesen der Daten von der Adresse (dabei automatische Korrektur durch die ECC-Komponente)
3. schreiben der korrigierten Daten auf die Adresse \Rightarrow auslöschen eines temporären Fehlers

Parity im MSP430



- „one bit per word“ - Parity \Rightarrow Einzelfehler erkennbar
- Parity - Checker an allen wichtigen Stellen (z. B. bei den Registern)
- Parity - Vorhersage in der ALU und den Incrementern
- generischer VHDL - Code \Rightarrow abschaltbar
- Nutzung der Fehlersignalkomponente
- Aufwand: $1117000 \mu\text{m}^2$ statt $934000 \mu\text{m}^2$ CPU-Fläche und 7,8 MHz statt 8,0 MHz
- wenn ECC-RAM auch eingesetzt: 6,8 MHz

Zusammenfassung

- theoretische Überlegungen zu Fehlerfällen und zum Umgang mit diesen
- Systemsimulation eines beispielhaften Sensor-Systems
- Anbindung eines ECC-RAM an den MSP430
- Fehlersignalisierung in Hardware im MSP430
- Parity-Check im Datenpfad des MSP430