

DECODIERUNG ASYNCHRON SENDENDER FUNKSENSOREN AM BEISPIEL DES TEMPERATURMONITORINGS BEI NEONATEN

M. Schönegg¹, M. v. Kleinsorgen¹, J. Schöchlin², A. Bolz^{1,2}

¹Institut für Biomedizinische Technik, Universität Karlsruhe (TH), Deutschland

²Bereich Medizinische Informationstechnik, FZI Forschungszentrum Informatik, Deutschland

msc@ibt.etec.uni-karlsruhe.de

EINLEITUNG

Ausgangspunkt der Arbeit war die Aufgabenstellung, die Hauttemperatur von Neonaten (Frühgeborene) im Inkubator zu messen. Konventionell geschieht dies mit einem Sensor, welcher unmittelbar auf die Haut geklebt wird und mit einem Kabel an der Auswerteeinheit verbunden ist. An eine drahtlose Messeinheit sind dabei mehrere Anforderungen zu stellen:

- Batteriebensdauer: 2-3 Wochen mit einer Knopfzelle (ca. 35 mAh)
- Datenrate: Ein Messwert alle 3 Sekunden
- Temperaturtoleranz: 0,1 K
- Es sollen mindestens 8 Sender gleicher Frequenz identifiziert und ausgewertet werden und Störpulse anderer Sender auf der selben Frequenz ignoriert werden.

Es sind jedoch viele ähnlich gelagerte Aufgabenstellungen denkbar, wie z.B. die telemetrische Überwachung von Druck und Temperatur von Autoreifens zur Unfallvermeidung.

GRUNDLAGEN

Da der Betrieb einer Empfangseinheit mit einigen mA Stromaufnahme verbunden ist, scheiden alle Sendeprotokolle aus, die eine bidirektionale Kommunikation benötigen, bei denen ein Sensor über die ganze Zeit empfangsbereit sein muss. Damit bleiben vor allem solche Verfahren übrig, bei denen jeder Sender unabhängig von den anderen asynchron sendet und die Empfangseinheit in der Lage ist, die überlagerten Informationen zu trennen. Um die Sendeleistung weitgehend zu minimieren, wurde das Puls-Weite-Modulationsverfahren [1] verwendet. Hierbei spiegelt die Impulslänge T_i (z.B. 5 ms) die Senderkennung wieder, während die Pausendauer T_p (z.B. 0,5 s) bzw. das Verhältnis T_p/T_i ein Maß für die zu übertragende Temperatur ist. Auf diese recht einfach zu realisierende Weise lässt sich der Energiebedarf der Sender und damit auch die EMV-Belastung der Neonaten ohne Reichweitenverlust um den Faktor 100 verringern. Die Übertragung dieses OOK-Signals [1] überlagert sich mit den Signalen anderer Sender zu einem Feldstärkesummensignal, in welchem die Informa-

tionen aller Sender, sowohl die Kennung als auch die Temperatur, enthalten sind (s. Abb. 1).

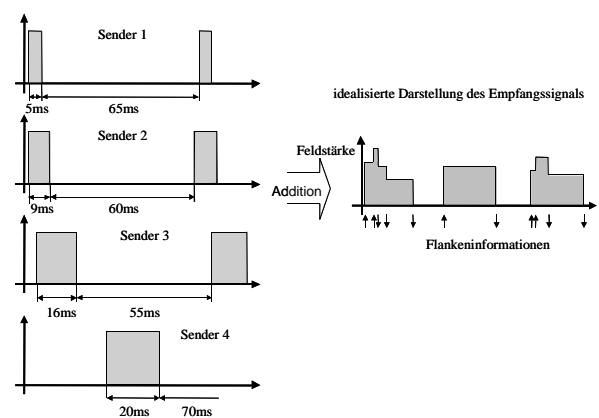


Abbildung 1: Bildung eines Feldstärkesummensignals

MATERIALIEN UND METHODEN

Zunächst wurde anhand simulierter Feldstärkeverläufe in MATLAB der Algorithmus getestet und verfeinert. Es wurden 10 Sender mit sich verändernden Temperaturwerten und zufällige Störquellen errechnet und mit unterschiedlichen Amplituden addiert.

Der Erkennungsalgorithmus nutzt bekannte Informationen des Sendersystems, um ein Erwartungsfenster zu errechnen, innerhalb dessen der nächste Impuls erwartet wird. Alle fallenden Flanken werden zunächst darauf untersucht, ob zuvor eine steigende Flanke eines bekannten Senders gefunden werden kann. Dies kann nicht in jedem Fall einer Überlagerung gelingen (s. Abb. 2). Gelingt dies wegen einer ungünstigen Überlagerung oder eines Störimpulses nicht, wird diese fallende Flanke ignoriert.

Zu einem einmal gefundenen Sender kennt das Empfangssystem ein Erwartungsfenster innerhalb dessen der nächste Impuls möglich ist. Andere Impulse, selbst solche gleicher Länge, werden außerhalb dieses Fensters ignoriert. Diese Einschränkung allein hatte sich als zu unsicher herausgestellt. Eine weitere Information, die daraufhin berücksichtigt wurde, war die Trägheit der zu überwachenden Messgröße. Durch Differenzbildung (1. Ableitung) kann ab dem zweiten detektierten Impuls das

Erwartungsfenster weiter verkleinert werden. Eine weitere Berücksichtigung der 2. Ableitung verbessert die Störsicherheit nochmals.

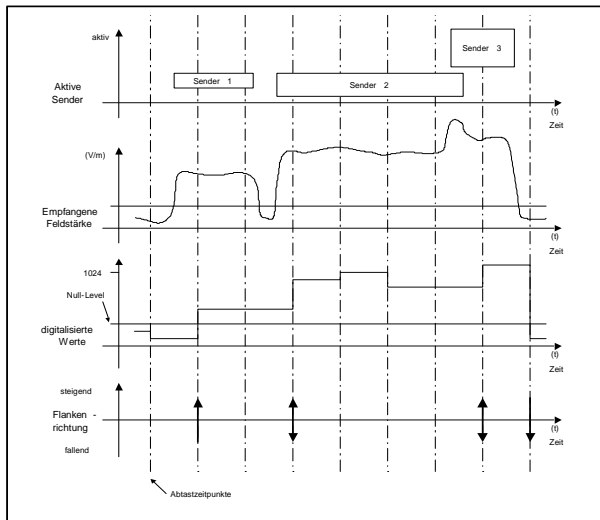


Abbildung 2: Flankenproblematik

In der Simulation konnte gezeigt werden, dass es dennoch vorkommen kann, dass einzelne Impulse nicht erkannt oder zugeordnet werden konnten. Ein Impuls, der nicht detektiert werden konnte, muss mit einer Vergrößerung des nächsten Erwartungsfensters einhergehen. Wird dieser übernächste Impuls gefunden, so kann das Erwartungsfenster wieder schrittweise verkleinert werden. Dadurch ist es möglich, auch bei Ausfall eines

Impulses den Temperaturwert nach Erkennen des folgenden Impulses zu detektieren.

In einem zweiten Schritt wurde ein Prototyp geschaffen, welcher die Praxistauglichkeit und Grenzen des Systems demonstrieren kann.

Da der Algorithmus einige Prozesse enthält, die sicher innerhalb eines Abtastintervalles abgelaufen sein müssen, wurde eine Implementierung parallel arbeitender Automaten in einem FPGA den Vorzug gegenüber einer Mikroprozessorarchitektur gegeben (s. Abb. 3).

Hier laufen die Prozesse Neuanmeldung, Aktualisierung, Fehlersuche und die Bussteuerung zur Kommunikation mit dem PC, der als Schnittstelle zum Anwender fungiert, gleichzeitig ab. Diese Prozesse greifen auf gemeinsam genutzte Speicherstrukturen zu. Dazu gehören die Senderdaten, die Ringspeicher für steigende und fallende Flanken und der Erwartungsstack.

ERGEBNISSE

In einem ersten Implementierungsschritt wurde eine „Light“-Version realisiert, da die Abschätzung der benötigten Ressourcen erheblich von den Ergebnissen der Übersetzung der VHDL-Quelltexte abwich [2]. Das Layout wurde so ausgeweitet, dass die Schaltung auch als Evaluationboard für andere Projekte eingesetzt werden kann.

Es konnte gezeigt werden, dass durch Verwendung wissenschaftlicher Systeme eine Aufschlüsselung asynchron sender Sensoren im Empfänger möglich ist.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die nicht benötigte Kommunikation der Sender untereinander ermöglicht es, einfache, preisgünstige und sparsame Sensorkonzepte zu realisieren. Die benötigte Bandbreite wird ebenfalls auf eine einzige Frequenz beschränkt, was einer störsicheren Auslegung weiter entgegenkommt, da sich in absehbarer Zeit die Nutzung des 402 MHz-Bandes für Telemetrie in der Medizintechnik [3] weiter erhöhen wird. Problematisch ist hierbei, dass die Hersteller von SAW-Resonatoren und Quarzen nur sehr wenige Frequenzen für ein derartiges Band in Produkte umsetzen, so dass der zur Verfügung stehende Frequenzraum in der Praxis nicht ausgenutzt werden kann.

LITERATURVERWEISE

- [1] J.G. Webster, *Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*, Springer, Heidelberg 1999
- [2] G. Lehmann, B. Wunder, M. Selz, *Schaltungsdesign mit VHDL*, Franzis, Poing 1994
- [3] CEPT/ERC Recommendation No 70-03 E, 74-01 E, 74-02 E

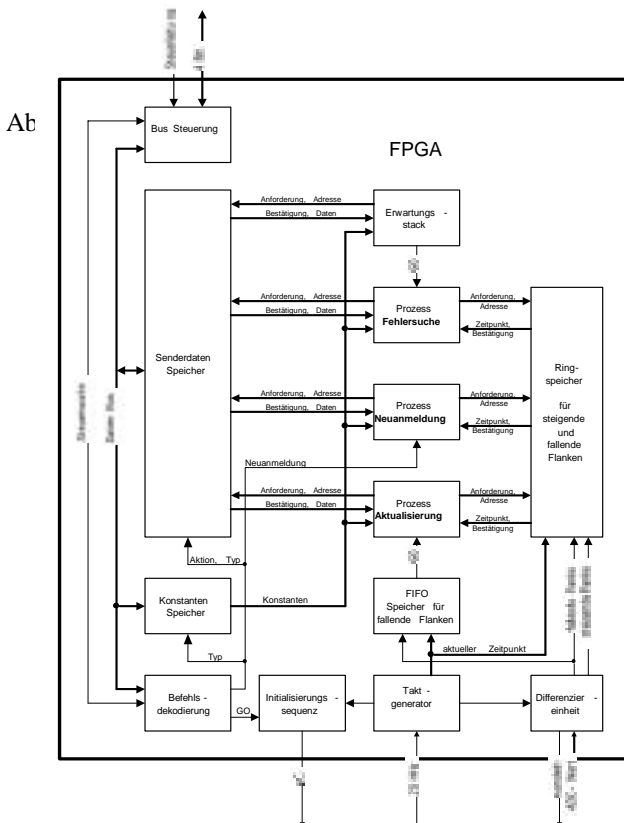


Abbildung 3: Parallelverarbeitung