

Diss. ETH ex. B

Diss. ETH Nr. 11696

Objektidentifikationssysteme im Mikrowellenbereich

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Bernhard Obrist
Dipl. El.-Ing. ETH / El.-Ing. HTL

geboren am 28. Dezember 1959
von Zürich und Sulz/AG

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. W. Bächtold, Referent
Prof. Dr. G. Tröster, Korreferent

1996



Abstract

Many automated tasks in manufacturing or services require objects or persons to be identified by a machine. Identification (tagging) systems provide a simpler and still more reliable solution than object recognition systems. They permit the identification of suitably tagged objects or persons.

In electromagnetic identification (ID-) systems the tags are electronic circuits. Activated by a reader they respond by transmitting an identification code which allows the reader to identify the tag. The code transmission is wireless.

Some important parameters of an electromagnetic tagging system are the communication frequency and the method of response generation from the tag. Microwave systems (frequency above 1 GHz, reader and tags with directional antennas) with tags using active circuits are of special interest for several reasons. Their reading distance (up to several meters) and data rate (kBytes/s) are potentially much higher than in low frequency systems. The active electronic circuit also allows data processing on the tag. However, due to their higher complexity and price they are still rarely used. In this thesis a microwave ID-system with active electronic tags is developed and various aspects are investigated. A long lifetime and independent operation are important properties for a tag. They can only be obtained with a very low power electronic circuit on the tag. The RF-part of the tag was therefore designed to be fully passive. A demonstrator of the system using remote powered tags with active electronic circuits at a frequency of 5.8 GHz is presented.

One of the most important parameters of such an RF-ID-system is the achievable reading range. This parameter is determined by the electromagnetically transmitted power. Especially systems using remotely powered tags require a very efficient power transfer. They reach maximum reading distances when designed for near-field coupling between reader and tag. Due to governmental restrictions on the radiated RF-power and the power consumption of the tag electronics, these systems only reach reading distances of a few decimeters.

The RF-part of the developed tag consists of an antenna, a filter and the rectifying circuit. The rectifier creates the DC-power for the active tag electronics. It is also used to modulate and demodulate the data signals. To obtain the maximum reading distance, the power conversion from RF to DC must be as efficient as possible. Investigations on diode rectifiers for small power applications were therefore performed in Chapter 6. The major part of this chapter deals with a developed two-port model of a Schottky rectifier. The optimal rectifier topology and the use of multiple diodes for a rectifier are also shown.

For systems operating with the tags in the near-field of the reader antenna the largest reading range is achieved when the near-field range of the reader antenna is uniform. Chapter 7 shows that the near-field range of

an array of microstrip antennas becomes sufficiently homogenous when the spacing of the single elements is smaller than $\lambda/2$. The length of the near-field range increases linearly with the number of elements.

This thesis shows the distinct physical advantages of RF-ID-systems when compared to LF-ID-systems. However, due to the governmental regulations on the maximum radiated power, only systems using passive echo tags or battery powered active tags can benefit from these advantages.

Kurzfassung

Viele Automatisierungsvorhaben in Produktion oder Dienstleistung verlangen, dass Objekte oder Personen von Maschinen identifiziert werden können. Meistens werden dafür anstelle von Bilderkennungssystemen die einfacheren Objektidentifikationssysteme eingesetzt. Sie ermöglichen die Identifikation von entsprechend etikettierten Objekten oder Personen.

Bei elektromagnetischen Objektidentifikationssystemen werden die Objekte mit elektronischen Etiketten (engl. Tag) markiert. Sie geben einem Lesegerät (engl. Reader) auf dessen Aufforderung hin ein Antwortsignal zurück, über das das Lesegerät jede "Etikette" eindeutig identifizieren kann. Die Signalübertragung zwischen Lesegerät und Etikette erfolgt berührungslos über Funk.

Eine wichtige Kenngrösse eines solchen Taggingssystems ist die Funkfrequenz, eine andere ist die Art, wie ein Tag das Antwortsignal erzeugt. Mikrowellensysteme (Funkfrequenz über 1 GHz, Reader und Tag besitzen Richtantennen), deren Tags aktive elektronische Schaltungen enthalten, sind in verschiedener Hinsicht besonders interessant. Sie zeichnen sich gegenüber den niederfrequenten Typen durch längere Lesedistanzen (bis zu vielen Metern) aus und erlauben einen schnelleren Datenaustausch (kByte/s). Gegenüber den vollständig passiven Echotags ermöglichen die aktiven Tags eine Datenverarbeitung. Aufgrund ihrer höheren Komplexität und dem damit verbundenen höheren Preis sind sie auf dem Markt aber noch kaum anzutreffen.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Mikrowellen - Taggingssystem mit aktiven Tags entwickelt, und einzelne Teilaspekte davon werden genauer untersucht. Dabei wird gezeigt, dass die geforderte lange Lebensdauer und Autonomie eines Tags nur erreicht werden kann, wenn seine elektronische Schaltung sehr wenig Leistung verbraucht. Das ganze System wurde darum so ausgelegt, dass der HF-Teil eines Tags ohne aktive Stufen auskommt. Ein realisierter Demonstrator des entwickelten Systems, der mit aktiven ferngespeisten Tags bei einer Funkfrequenz von 5.8 GHz funktioniert, wird vorgestellt.

Die maximale Lesedistanz ist eine zentrale Kenngrösse eines Taggingssystems. Sie wird bestimmt von der elektromagnetischen Leistungsübertragung. Systeme, deren Tags vom Reader mit Energie versorgt werden, sind auf besonders effiziente Leistungsübertragung angewiesen. Sie erreichen die grössten Lesedistanzen, wenn sie so ausgelegt sind, dass Tags im Nahfeld der Readerantenne gelesen werden. Wegen der geringen erlaubten Sendeleistungen und dem vergleichsweise hohen Leistungsverbrauch der aktiven Tagelektronik erreichen sie aber auch in diesem Fall nur Lesedistanzen von einigen Dezimetern.

Der HF-Teil des entwickelten Tags besteht im wesentlichen aus einer Antenne, einem Filter und der Gleichrichterschaltung. Der Gleichrichter erzeugt die Versorgungsspannung für die aktive Tagelektronik und dient zudem als Modulator und Demodulator für die Datensignale. Um die

ohnehin kurze Lesedistanz des entwickelten Tags möglichst gross zu halten, muss die Umsetzung der empfangenen HF-Leistung auf DC möglichst effizient geschehen. In Kapitel 6 werden Diodengleichrichter für kleine HF-Leistungen dahingehend untersucht. Der Schwerpunkt dieses Kapitels bildet ein entwickeltes Zweitormodell, welches das Verhalten eines Schottkydiodengleichrichters wiedergibt. Ausserdem wird erläutert, wie eine Diode optimal beschaltet werden muss, und bei welchen Bedingungen der Einsatz von mehreren Dioden sinnvoll ist.

Arbeitet ein System mit Nahfeldkopplung zwischen Reader und Tag, so ist der mögliche Lesebereich am grössten, wenn die Readerantenne ein möglichst homogenes Nahfeld produziert. In Kapitel 7 werden Gruppen von Streifenleitungsantennen dahingehend optimiert. Es zeigt sich dabei, dass das Nahfeld genügend homogen wird wenn der Abstand der Einzelstrahler kleiner als $\lambda/2$ ist, und es bestätigt sich, dass die Nahfeldlänge linear mit der Anzahl der Einzelstrahler zunimmt.

Die gesamte Arbeit zeigt, dass HF-Taggingssysteme verschiedene, physikalisch bedingte Vorteile gegenüber NF-Systemen aufweisen. Wegen den Vorschriften bezüglich der erlaubten Sendeleistungen kommen diese Vorteile aber nur bei Systemen mit passiven "Echotags" oder aktiven batteriegespeisten Tags zu tragen.