



Applikationshinweis M1

Allgemein

Dieser Applikationshinweis zeigt, wie man einen Telemetrie-Sender optimal moduliert und erläutert die Zusammenhänge hierzu.

Obwohl eine Datenverbindung im Nahfeld auch zufriedenstellend ohne Berücksichtigung der unten genannten Punkte funktioniert, kann hiermit die Reichweite zusätzlich verbessert und die Fehlerrate minimiert werden.

Datenraten

Der Datenweg von Telemetriedaten führt meist über Hochpassfilter im Empfänger (Kondensator-Kopplung). Dadurch ergibt sich die Tatsache, daß keine beliebig langsamen Datenraten oder, statische Signale übertragen werden können; es wird deshalb beim Empfänger stets eine minimale Datenrate (in Hz oder bit/s) angegeben

Die maximale Datenrate wird durch die Zulassungsbedingungen des Senders festgelegt. Je höher die übertragene Datenrate ist, um so breitbandiger wird das Sendespektrum. Das Sendespektrum ist in allen EG-Ländern auf $433.92 \text{ MHz} \pm 0.2 \%$ (0.87 MHz), also von 433.05 bis 434.79 MHz begrenzt. Sowohl beim Empfänger als auch beim Sender wird eine maximale Datenrate angegeben, die kleinere von beiden ergibt die maximal wählbare Datenrate für die Datenverbindung.

Aus dem zulässigen Bereich der Datenrate errechnet sich so eine minimale und eine maximale Signal-Pulsbreite, die übertragen werden kann (z.B. lauten beim TRMF9819 die unteren und die oberen Datenraten 50 Hz bzw. 40 kHz, woraus sich eine maximale Pulsbreite von 2 ms und eine minimale Pulsbreite von 25 µs ergibt).

Datenrate und Reichweite

Die Verwendung von hohen Datenraten bedeutet eine Verringerung der Reichweite: bei höheren Datenraten wird die zur Verfügung stehende Sendeleistung über ein breiteres Spektrum verteilt und verschwindet so eher im Rauschen. Deshalb ist die Datenrate so niedrig wie möglich zu wählen. So bewirkt z.B. die Reduzierung der Datenrate von 9600 auf 1200 Baud (Viertelung) eine Verdoppelung der Reichweite. Unter kritischen Umständen kann eine Datenverbindung mit einer niedrigeren Datenrate schneller sein, wenn dadurch weniger Mehrfachenforderungen von fehlerhaft empfangenen Datenpaketen anfallen.

Einschwingen des Empfängers

Die meisten Empfänger verfügen über eine automatische Frequenzkontrolle (AFC), die die maximale Empfindlichkeit des Empfängers genau auf das empfangene Signal legt. Dieser automatische Abstimmvorgang benötigt Zeit, die bei der Datenübertragung beachtet werden muss.

Zusätzlich benötigt das Datenfilter im Empfänger eine Einschwingzeit, die parallel mit dem Abstimmvorgang beginnt. Es wird stets eine minimale Empfänger-Einschwingzeit angegeben, die beide Effekte beinhaltet (z.B. 5 ms beim TRMF9819).

Empfänger und Datenfilter können sich am besten einschwingen, wenn sie vom Sender für diesen Zeitraum ein wechselndes Bitmuster (&h55) empfangen. Es empfiehlt sich daher, vor Beginn jedes Telemetrie-Datenpaketes dieses Zeichen für die angegebene Zeit zu senden (sogen. Preamble-Daten).

Einrasten des UARTs

Weitere Preamble-Daten können notwendig werden, wenn der Empfänger an einen PC angeschlossen ist. Der Baustein, der die serielle Schnittstelle bedient (UART), rastet deutlich sicherer auf die zu empfangende Datenrate ein, wenn er die Möglichkeit bekommt, die Bytelänge zu vermessen. Hierzu muß ein &hFF gefolgt von einem &h01 an die Preamble-Daten angehängen werden.

Datenbits gleichmäßig verteilen

Das oben erwähnte Datenfilter im Empfänger hat u.a. die Aufgabe, verrauschte oder leicht gestörte Datenpulse wieder zu regenerieren. Dies gelingt den Filtern am besten, wenn sie Daten verarbeiten, die vom idealen Bitmuster (&h55) möglichst wenig abweichen. Zu vermeiden sind Sendedaten, die eine größere Anzahl (ab 4) von Nullen oder Einsen hintereinander beinhalten - es gibt bei den 256 Möglichkeiten eines Bytes nur 70 solcher ungünstigen Fälle. Diese können durch verschiedene Methoden vermieden werden, z.B. durch die Verwendung einer Substitutionstabelle (ungünstige Bytes werden durch günstige ersetzt) oder das Expandieren des zu sendenden Bytes in 2 Bytes, wobei nach jedem Bit das jeweils invertierte Bit eingefügt wird (Manchester-Methode).

REV. B

Einfacher als die bitweise Invertierung der Manchester-Methode ist eine byteweise Invertierung, d.h. jedes Datenbyte wird von seinem invertierten Wert (= 255 - Wert) gefolgt.

Weiterhin zu vermeiden sind Pausen zwischen den einzelnen Bytes: direkt nach dem Stop-Bit sollte das Start-Bit des nächsten Bytes folgen (evtl. mit dem Oszilloskop überprüfen).

Zusätzlich zu der bytenahen Betrachtung sollte über einen längeren Zeitraum (ca. 50 ms) die Anzahl der Einsen und Nullen annähernd gleich sein, damit sich der Arbeitspunkt der Datenfilter nicht zu sehr vom Optimum entfernt. Diese Vorgabe wird von der Manchester-Methode oder der o.g. byteorientierten Methode automatisch erfüllt.

Datenpakete

Bei Funkübertragungen sind Datenübertragungsfehler grundsätzlich nie zu vermeiden. Um solche Fehler möglichst effektiv zu entdecken und zu beheben, wird die Verwendung von Datenpaketen empfohlen: es werden kleine Datenstücke (sog. Pakete, z.B. 256 Datenbytes) mit einer CRC Prüfsumme gesendet und dann auf die Quittierung von der Gegenstation gewartet.

Die empfangende Station hat zwei Möglichkeiten, sich im Falle eines Prüfsummenfehlers (= Datenübertragungsfehler) die korrekten Daten zu besorgen: entweder es werden die redundant gesendeten Daten ausgewertet (z.B. wird bei der o.g. Manchester-Methode der komplette Datensatz gleichzeitig invertiert übertragen) oder es erfolgt eine Neuansforderung.

Auch ist es sinnvoll, am Anfang des Datenpakets einige Kontrollbytes zu verwenden, die das Zusammensetzen des Datenstroms an der Empfangsstation vereinfachen (Paketnummer, Anzahl Bytes im Paket, Wiederholungszähler, Absender, Zieladresse, etc.).