



Funkthermometer

Störende und zu kurze Kabel zum Außensensor eines elektronischen Thermometers verhindern immer wieder den bestimmungsgemäßen Einsatz als Außenthermometer. Mit der Freigabe neuer Frequenzbereiche für die Funkübertragung und der Verfügbarkeit kompakter, leistungsarmer und kostengünstiger Sende-Empfangsmodule lag eine Lösung des Problems nahe - die Übertragung der Temperaturdaten per Funk. Wie das neue Funkthermometer von ELV funktioniert, erläutert unser Artikel.

Allgemeines

Elektronische Thermometer gehören seit geraumer Zeit zu Gegenständen des täglichen Gebrauchs. Um auch Außentemperaturen messen zu können, gibt es Geräte mit einem Außentemperaturfühler, der mit dem eigentlichen Thermometer über eine mehr oder weniger lange Zuleitung verbunden ist. Das führt stets zu Kompromissen für den Aufstellungsort des Thermometers, man kann ihn kaum frei wählen, das Thermometer hängt ja trotz Batteriebetriebs an einem Kabel. Man muß also meist immer noch zum Thermometer laufen, um es abzulesen.

Dazu kommen stets mechanische und optische Probleme bei der Verlegung von Kabeln, und es war bisher auch ohne größeren Aufwand kaum möglich, etwa die aktuelle Temperatur des Gartengewächshauses in die Wohnung zu übertragen.

Erst mit der Liberalisierung der Bestimmungen des Fernmeldegesetzes und der

Freigabe neuer Frequenzbereiche für die allgemeine Nutzung sind drahtlose Informationsübertragungen auch über größere Strecken möglich geworden - zwar zum Leidwesen der aktiven Funkamateure, an deren Monopolstellung im Äther damit ein wenig gekratzt wurde, jedoch zur Freude vieler anderer, die endlich auch ohne Lizenz und umständliche Genehmigungsverfahren Nachrichten und Daten drahtlos übertragen dürfen - freilich in Leistung und damit Reichweite stark eingeschränkt, aber für viele Zwecke völlig ausreichend.

Während die ersten Anwendungen auf diesem Gebiet sich noch im 37 MHz-Bereich bewegten, so die erste Generation von Funkkopfhörern und Funkboxen, nutzt man heute den noch relativ störungsfreien, etwas lax LPD-Bereich genannten Frequenzbereich um 433 MHz. Hier darf man seit einiger Zeit genehmigungsfrei Sprechfunk- und Datenverkehr aufnehmen. Daraus entstand schnell ein ganz neues Geräteangebot für alle, die sich über kurze Entfernungen (die Ausgangsleistung der Sen-

der ist auf 10 mW begrenzt) verständigen möchten, ob dies nun beim Errichten einer Antennenanlage oder für die Sprechfunkverbindung innerhalb eines Grundstücks oder einer Messehalle usw. erfolgt - die LPD-Technik macht es möglich.

LPD heißt nichts anderes als **Low Power Device** und meint damit Funktechnik mit geringer Ausgangsleistung und Reichweite. Das Innenleben solcher Geräte ist entsprechend den Wellenlängen des 433 MHz-Bereichs kompakt, und es sind bei zahlreichen Anwendungen nicht einmal mehr von außen zu sehende Antennen notwendig.

Genau auf dieser Technik baut auch das neue Funkübertragungssystem von ELV auf, das aus einer ganzen Palette verschiedener Empfänger und Sender, sowohl für AM als auch für FM, besteht und unterschiedliche Empfangsreichweiten ebenso ermöglicht wie die universelle Übertragung von Schaltsignalen oder Telemetriedaten.

Die Übertragung erfolgt auf der Sendefrequenz 433,92 MHz mit einer äquivalenten Sendeleistung von 1 mW. Als Antennen dienen lediglich jeweils eine in die äußerst kompakt ausgeführten Baugruppen von Sender und Empfänger integrierte Leiterschleife. Die Technik dieser universell einsetzbaren Baugruppen haben wir in dem „ELVjournal“ 4/96 und 5/96 bereits ausführlich vorgestellt.

Telemetrie praktisch

Unter das Stichwort Telemetrie fällt auch das ELV-Funkthermometer. Hier werden die in ein digitales Datenformat gewandelten Temperaturdaten per Funk an einen Empfänger übertragen, der sich bis zu 30 m vom Sender entfernt befinden kann.

Er gibt die demodulierten Daten an die Auswerte-, Decodier- und Anzeigeeinheit weiter. Diese wiederum sorgt für die gleichzeitige Anzeige von Innen- und Außentemperatur auf einem LC-Display mit 11 mm hohen Ziffern.

Doch hier erfolgt nicht nur die Anzeige der aktuellen Temperaturen. Damit wäre ein solch komplexer Prozessor, wie er im Funkthermometersystem zur Anwendung kommt, noch nicht ausgelastet. Er registriert auch über einen vom Nutzer bestimmten Zeitraum die jeweils niedrigsten und höchsten Temperaturen und gibt diese auf Tastendruck aus. Dieser Temperaturspeicher ist jederzeit löschtbar, sofort beginnt der Prozessor dann mit der erneuten Datensammlung, um wiederum Minimal- und Maximaldaten auszuwerten.

Der Empfänger ist im Haus ebenso beliebig platzierbar wie der Sender etwa an einer Außenwand, im Gewächshaus, in einem Kühlraum etc. Die Reichweite beträgt dabei im Freien bis zu 30 m. Sie sinkt

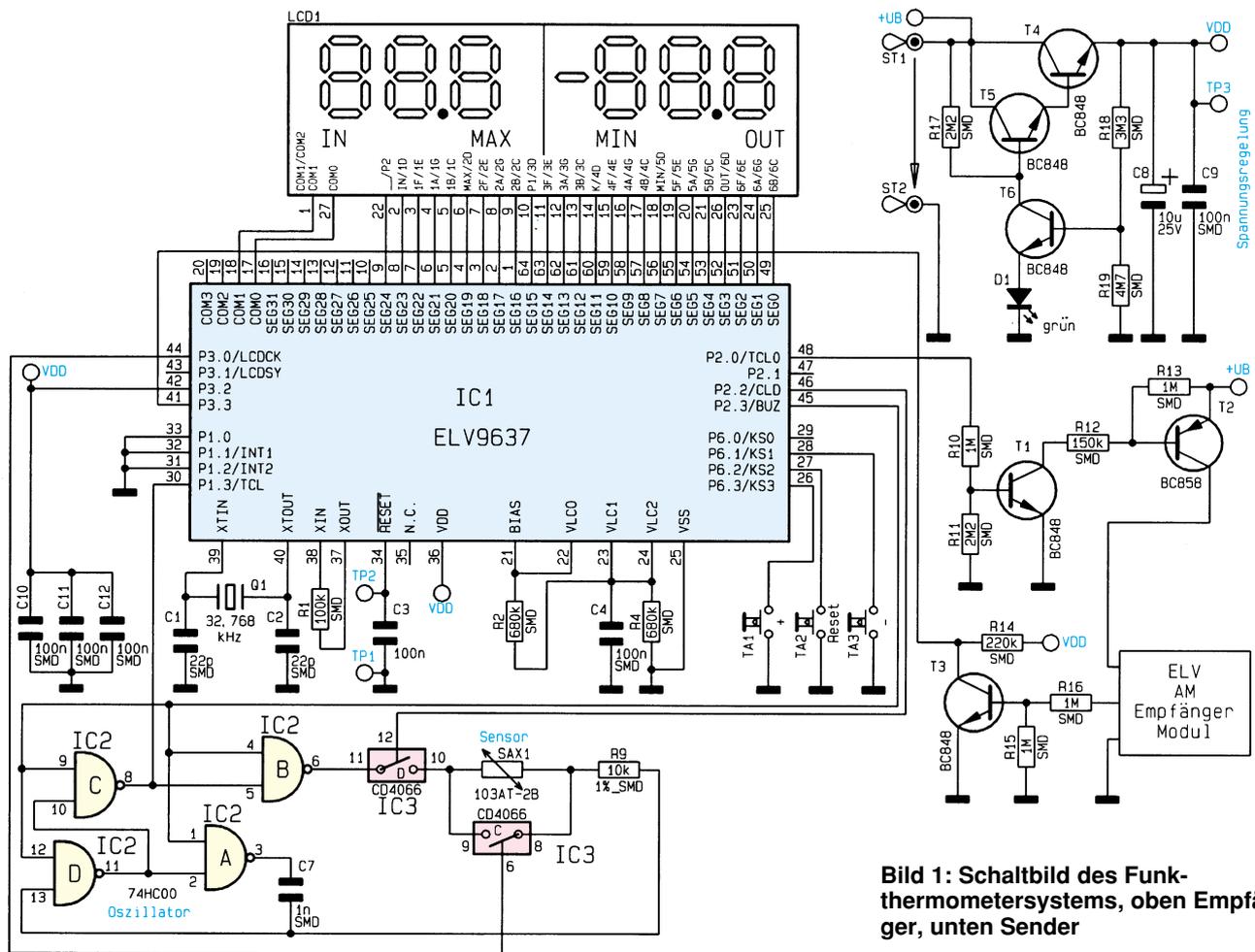


Bild 1: Schaltbild des Funkthermometersystems, oben Empfänger, unten Sender

bei der Datenübertragung durch Wände und Decken entsprechend dem eingesetzten Baumaterial. In Gebäuden sind je nach Bauausführung bis zu zwei Stockwerke mit der geringen Sendeleistung von 1 mW überbrückbar. Lediglich reine Stahlbetonbauten mit dichtbewehrten Decken- und Wandkonstruktionen sowie die unmittelbare Nähe von stark störenden Computeranlagen, Elektromotoren und Funkanlagen können den Empfang einschränken bzw. unmöglich machen. Dies gilt jedoch auch allgemein für funkgestützte Technik wie Radioempfang oder das Mobiltelefon.

Suchen und finden

Da es heute im Äther recht turbulent zugeht, zumal im dicht belegten LPD-Bereich, mußte man eine Möglichkeit finden, um die gewünschten Daten möglichst ungestört übertragen zu können. Dies wurde gleich mit mehreren Maßnahmen erreicht.

Zum einen erfolgt die Datenübertragung in einem von der im Prozessor integrierten Software kontrollierten, speziellen Datenpaket.

Doch damit nicht genug. Die fehlerfreie Übertragung wird durch die Software ständig überwacht. Dabei dienen mehrere Überprüfungsalgorithmen, wie die Durchführung von Quer- und Längsparity-Vergleichen, der exakten Kontrolle des Datenpakets. Sind die Daten unvollständig oder verstümmelt am Empfänger angekommen, so wartet der Empfangs-Prozessor auf die nächste Datenübertragung. Diese findet stets dreimal statt.

Kommt es dann immer noch nicht zur exakten Datenübertragung, verbleibt der Empfangsprozessor in Wartestellung, d. h., er zeigt weiterhin die bisher empfangene Temperatur an und wartet auf die nächste Datenübertragung vom Sender. Gestörte Datenübertragungen werden im Display angezeigt, so daß der Nutzer stets im Bilde über den Zustand des Systems ist.

Zur weiteren Abfrage der Sendedaten dienen ein ausgeklügeltes Zeitregime und Synchronisationsvorgänge zwischen Sender und Empfänger.

Einer für alles

Schauen wir uns einmal das Schaltbild des Systems an, das in Abbildung 1 zu sehen ist. Sowohl im Sender als auch im Empfänger findet man den maskenprogrammierten Prozessor KS56C220. Dieser Prozessor übernimmt in Zusammenarbeit mit der externen Beschaltung, die angesichts des Funktionsumfangs des Systems bemerkenswert übersichtlich ist, vielfältige Aufgaben. Zum einen führt das System die AD-Wandlung des vom Temperatursensor kommenden Spannungssi-

gnals durch und zum anderen das ausgeklügelte Senderegime, auf das wir noch näher eingehen. Zusätzlich erfolgt die Ausgabe der digitalisierten und mit Prüfdaten versehenen Temperaturdaten an das Sendemodul. Die Betriebsspannung für den Digitalteil des Sendesystems wird durch die Stabilisierungsschaltung mit T 1, T 2 und T 3 bereitgestellt. Das Sendemodul ist direkt an die 9V-Blockbatterie angeschlossen. Durch seine fast vernachlässigbare Ruhestromaufnahme von weniger als 10 nA ist dies möglich, ohne die Lebensdauer der Batterie zu beeinträchtigen.

Der Empfänger ist ebenfalls mit diesem Prozessor bestückt, der seine Daten vom AM-Empfängermodul über eine mit T 3 aufgebaute Pufferstufe erhält, dessen ausführliche Beschreibung Sie im „ELVjournal 4/96“ auf den Seiten 14 - 16 finden. Als äußere Beschaltung finden wir im wesentlichen wie auch beim Sender die Steuerung und um den im Thermometergehäuse integrierten Innentemperatursensor, die Stromversorgung um T 4, T 5 und T 6 und die äußerst minimale Peripherieschaltung des Prozessors. Dazu kommt die Ansteuerung der sechsstelligen LC-Anzeige mit den Symbolanzeigen für IN/OUT/MIN/MAX.

Um den Prozessor in den Empfangspausen vor Störeinflüssen zu schützen und die Stromaufnahme des Gesamtgerätes zu senken, wird das Empfängermodul in dieser Zeit durch T 1 und T 2 von der Betriebsspannung getrennt.

Sparsam

Um eine möglichst lange Lebensdauer der Batterien in Empfänger und Sender zu gewährleisten, erfolgt die Aktivierung der Temperatursensoren, die ja einen für unseren Einsatzzweck recht hohen Strombedarf aufweisen, nur in angemessenen Zeitabständen. So wird die Innentemperatur in einem Meßintervall von 16 s, die Außentemperatur dagegen alle 10 bis 11 Minuten (genau 640 s) abgefragt und im Display aktualisiert. Damit ist es möglich, daß der Sender nur eine durchschnittliche Stromaufnahme von 27 μ A und der Empfänger eine solche von 30 μ A aufweist. Dies ergibt eine Betriebslebensdauer der für beide Geräte eingesetzten 9V-Blockbatterien von 2 bis 3 Jahren.

Strenges Regime

Um eine möglichst störungsfreie und sichere Datenübertragung bei minimalem Stromverbrauch der ausschließlich batteriebetriebenen Geräte zu gewährleisten, wird neben der bereits erwähnten Software-Datenprüfung ein Zeitregime vorgegeben. Die Grundidee dieses Zeitregimes

kennt jeder, der eine DCF-Funkuhr betreibt. Diese nimmt nur zu Betriebsbeginn, ggf. bei Standortwechsel und zu genau definierten Zeiten (59. Minute jeder Stunde) für eine kurze Zeit (meist 1 min.) Kontakt zum Langwellensender Mainflingen auf. In dieser Zeit empfängt die Uhr das Datentelegramm des Senders. Zusätzlich erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt am Tage eine Synchronisierung mit dem Sender und die Übertragung weiterer Daten wie Datumwechsel, Schaltjahrwechsel, Sommer- und Winterzeitumstellung. In der Zwischenzeit läuft die Uhr selbständig mit sehr genauem, internem Quarztakt.

Das ELV-Funkthermometersystem arbeitet ebenfalls nach einem strengen Zeitregime, jeweils für die Erfassung der Innen- und Außentemperatur in unterschiedlichen Intervallen.

Während die Innentemperatur alle 16 s für 120 ms abgefragt wird, erfolgt die Ausendung der Daten für die Außentemperatur alle 640 s. Dies dient zum einen der Batterieschonung des Sendeteils, und zum anderen ändert sich die Außentemperatur im Normalfall aufgrund der großen Luftmassen nur relativ langsam.

Ausgeglichener Empfang

Da es aber aufgrund der unterschiedlichsten Außentemperaturen, denen das Sendeteil ausgesetzt ist, zu einer Temperaturdrift der eingesetzten Baugruppen kommen kann (dies betrifft z. B. die Taktfrequenzerzeugung und damit auch die Sendezeiten des Sendeprozessors), muß zum exakten Empfang des Datenpakets zunächst eine Synchronisierung zwischen Sender und Empfänger stattfinden. Letzterer registriert z. B. die Verschiebung des Empfangszeitfensters aufgrund der Temperaturdrift des Senders. Hieraus und aus der Anzahl der vorherigen Empfangsstörungen berechnet der Empfangsprozessor das nächste Empfangszeitfenster.

Dieser Zeitrahmen wird dynamisch mit steigender Anzahl der Empfangsstörungen verbreitert, so daß der Sender auch bei längeren Empfangsstörungen nicht aus dem Zeitfenster driften kann. Dies alles samt der zur Übertragungssicherheit dreimal vorgenommenen Datenübertragung findet innerhalb einer Sendezeit von 200 ms statt. Die maximale Zeit-Drift beträgt dabei auch bei großen Temperaturschwankungen nur max. 1 s, so daß die Synchronisation bei normalen Empfangsbedingungen stets sicher funktioniert.

Zudem berechnet der Empfangsprozessor bei jedem ordnungsgemäßen Datenempfang alle Parameter neu und ist dann immer wieder mit dem Sender synchronisiert. Dabei findet eine Synchronisation nicht bei jeder Datenübertragung statt, son-

dern nur dann, wenn der Empfänger eine Sendezeitabweichung festgestellt hat und zu festen Zeiten nach längeren Empfangsstörungen. Eine Synchronisierung ist auch bei Inbetriebnahme und nach längeren Störungen erforderlich. Sie kann bei Bedarf auch von Hand durchgeführt werden.

Jedes Datenpaket wird vom Sender dreimal ausgesandt. Hat der Empfänger zum erwarteten Zeitpunkt (nach 640 s) keines der Datenpakete komplett empfangen, dann signalisiert er das im Display durch eine Blinkanzeige (Dezimalpunkt in der Außentemperaturanzeige).

Kann er auch nach dem sechsten Emp-

fer selbständig eine Neusynchronisation. Dabei bleibt er während eines kompletten Empfangsintervalls plus 1 s (für die Kompensation extremer Temperaturdriften), also für 641 s auf Empfang. Verlaufen drei Synchronisationsversuche nach je 21 h negativ, erfolgt eine Fehlermeldung im Display anstelle der Anzeige der Außentemperatur.

Der Empfänger stellt dann weitere Synchronisationsversuche ein, um die Batterie zu schonen. Der Empfänger nimmt zwar nur 2 mA während des Synchronisationsversuchs auf, dennoch würde dies bei dauerndem Betrieb schnell die 9V-Blockbat-

dann an jedem Tag um drei Stunden verschoben statt und umgeht damit periodische Störer.

Installation und Bedienung

Nach dem Einsetzen beider Batterien in die Geräte erscheinen im Display für die Außentemperatur drei versetzte waagerechte Balken. Bis zur ersten Synchronisation nach max. 11 min. sollte man Sender und Empfänger mit einem Abstand von 1 bis 2 m voneinander plazieren. Erscheinen beide Temperaturen im Display (Abbildung 2), kann der Sender an einer regengeschützten und nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzten Stelle (z. B. unter einem Dachvorsprung mit dem Temperaturfühler nach unten montiert werden).

Der Empfänger wird nach Wunsch plaziert, z. B. am Tage im Wohnzimmer und in der Nacht im Schlafzimmer.

Die Abfrage der minimalen und maximalen Temperatur während eines durch den Nutzer bestimmten Zeitraums erfolgt



Bild 2:
Anzeige im normalen Betrieb. Links Innentemperatur, rechts Außentemperatur

Bild 3: Anzeige der MIN/MAX-Werte, hier für die Innentemperatur



Bild 4:
Anzeige im Synchronisationsmodus

fangsintervall, also etwa nach 3.840 s (sprich ca. 64 min) kein Datenpaket empfangen, so deutet ein Strich anstelle der Außentemperaturanzeige im Display darauf hin. Nach Beseitigung der Störung (manchmal ist es nur ein lokaler Störer wie ein elektrisches Gerät) wartet man dann entweder auf den nächsten störungsfreien Empfang oder startet eine manuelle Synchronisation. Bei der nächsten Aussendung wird der Empfänger dann automatisch neu synchronisiert, und das System arbeitet wieder stabil.

Störer umgangen

Ist auch nach 21 Stunden kein erneuter Empfang möglich, so startet der Empfän-

gerie entladen. Bevor man das System jetzt per Hand zwangssynchronisiert, sollte man die Ursache der Störung erforschen und beseitigen, um weiteren Empfangsausfällen vorzubeugen.

Warum Neusynchronisation nach 21 und nicht nach 24 Stunden? Da es, wie gesagt, bei elektromagnetischen Störungen innerhalb des Empfangsfeldes, bei Überschreitung der Maximalreichweite usw. zu Empfangsstörungen kommen kann, die meist innerhalb eines Tages zur gleichen Zeit oder periodisch stattfinden (es könnte ja z. B. eine Arztpraxis mit einem Kurzwellentherapiegerät im Nebenhaus arbeiten), wurde der Zeitraum zur automatischen Synchronisation mit 21 Stunden gewählt. Die automatische Synchronisation findet

mittels der Tasten MIN/MAX IN bzw. MIN/MAX OUT (Abbildung 3). Die Löschung des Speichers nimmt man mit der Taste CLEAR vor, während die entsprechende MIN/MAX-Temperatur angezeigt wird. Danach beginnt sofort der neue Erfassungszeitraum für den MIN/MAX-Speicher.

Will man eine Zwangssynchronisierung auslösen, so sind alle drei Tasten für etwa 3 s gleichzeitig zu betätigen. Nun versucht der Empfänger 641 s lang, den Sender zu finden. Dies wird durch drei versetzte waagerechte Balken (Abbildung 4) anstelle der Außentemperatur angezeigt. Findet der Empfänger während dieser Zeit den Sender, wird die Außentemperatur angezeigt, anderenfalls erscheint ein waagerechter Balken.

Weitere Bedienvorgänge sind nicht notwendig, das System arbeitet unter normalen Empfangsbedingungen automatisch.

Aufgrund des hohen Integrationsgrades der maskenprogrammierten Prozessoren und der aus Zulassungsgründen nur als Fertigmodule vertreibbaren Sende-/Empfangsmodule wird das Funkthermometersystem nur als betriebsfertiger Fertiggerätesatz angeboten. **ELV**