

Flugfunk-Scanner



Für die Freunde der Luftfahrt kann das Beobachten naher Flugzeuge und das Verfolgen der Kommunikation zwischen Luft und Boden ein überaus informatives Freizeitvergnügen sein. Unser Flugfunk-Scanner ist ein Ohr für das Geschehen zwischen Himmel und Erde. Der Scanner ist schnell aufgebaut, er hat lediglich ein mechanisches Abgleichelement, und er ist über USB steuer- und einstellbar.

Von **Gert Baars** (NL)

„Frankfurt Approach, LH 171 with information delta, descending to flight level 70 just passed artip inbound spy, speed 250 knots...“

- es lohnt sich, auch einmal in diesen Bereich des Äthers hinein zu hören. Was dort an Informationen ausgetauscht wird, hat zwar nicht immer hochdramatischen Inhalt. Oft sind es aktuelle Positionsdaten oder Anweisungen an die Piloten beim Starten und Landen, reine Routine. Doch schnell entsteht das unterschwellige Gefühl, in den Cockpits neben den Piloten zu sitzen und rasant von der Piste abzuheben oder dort behutsam aufzusetzen.

Flugfunk-Scanner sind zwar schon recht preiswert im Handel käuflich, doch es macht mehr Spaß, ein solches Gerät selbst zu bauen und damit Versuche anzustellen. Unser hier vorgestellter Flugfunk-Scanner ist einerseits unkompliziert in Konzept und Aufbau, andererseits verhelfen ihm der Mikrocontroller und die zugehörige Software zu einer Reihe bemerkenswerter Eigenschaften. Als Beispiel sei das Programmieren der Empfangsfrequenzen über die integrierte USB-Schnittstelle genannt.

Vorbetrachtungen

Damit die Hardware und Software überschaubar bleiben, haben wir den Empfangsbereich unseres Scanners auf das zivile Flugfunkband 108...137 MHz zugeschnitten. In diesem Bereich war das Frequenzraster ursprünglich in 25-kHz-Schritte unterteilt, später wurde ein Raster im Abstand $25/3 \text{ kHz} = 8,33 \text{ kHz}$ eingeführt. Die feinere Unterteilung in 8,33-kHz-Schritte wird jedoch nur selten angewendet. Unser Scanner ist in einem 1-kHz-Raster abstimmbare, so dass die Empfangsfrequenz um höchstens 330 Hz von der tatsächlichen Flugfunkfrequenz abweicht. Im Flugfunkbereich beträgt die Kanalbandbreite 6 kHz, die Modulationsart ist die Amplitudenmodulation (AM). Diese Eckdaten legen fest, welche grundlegenden Eigenschaften ein Scanner für das zivile Flugfunkband mindestens haben muss. Unser Scanner kommt ohne Eingabetastatur und ohne Display aus, die Funktionen dieser Bedienelemente übernimmt ein anzuschließendes Terminal. Über die USB-Verbindung werden Daten mit einem PC ausgetauscht, auf dem ein Terminalprogramm wie zum Beispiel das zu Windows gehörende „Hyperterminal“ läuft. Die Empfangsfrequenzen werden am PC-Bildschirm program-

Portabler Betrieb, konfigurierbar über USB

Eigenschaften

- Programmier- und einstellbar unter Windows
- 100 programmierbare Frequenzspeicher
- Empfangsbereich 108...137 MHz, AM
- Empfindlichkeit 0,2 μ V bei 6 dB S+N/N
- Scan-Geschwindigkeit 5 Kanäle/s
- Belegte Flugfunk-Frequenzen werden selbsttätig gespeichert
- Handabstimmung mit Up-/Down-Tastern möglich

miert, auch die übrigen Einstellungen können von dort vorgenommen werden. Die Empfängerschaltung ist überschaubar aufgebaut, sie arbeitet mit einem integrierten Baustein, der einen Einfachsper für FM-Empfang an Bord hat. Das demodulierte AM-Signal ist das Signal, das bei FM-Empfang die Signalstärkeanzeige steuern würde. Einfachsper haben die Eigenschaft, nicht nur für die Empfangsfrequenz, sondern auch für die Spiegelfrequenz empfindlich zu sein. Die unerwünschten Spiegelsignale lassen sich umso wirkungsvoller unterdrücken, je weiter der Abstand zwischen Empfangsfrequenz und Spiegelfrequenz ist. Die Zwischenfrequenz (ZF) muss folglich möglichst hoch lie-

gen. Beim verwendeten Empfängerbaustein darf die ZF laut Datenblatt bis 25 MHz betragen, auch bei 27 MHz sind noch keine nachteiligen Auswirkungen zu beobachten.

Leider sind ZF-Filter für 27 MHz nur mit Mühe beschaffbar, sie sind relativ kostspielig.

Unser Flugfunk-Scanner arbeitet deshalb mit zwei Kettenfiltern mit insgesamt vier Quarzen, die zusammen nur etwa zwei Euro kosten. Die Zwischenfrequenz 27 MHz hat den Vorteil, dass die Spiegelfrequenzen bei Untermischung in den Bereich 54...83 MHz fallen, ein Bereich, der unterhalb



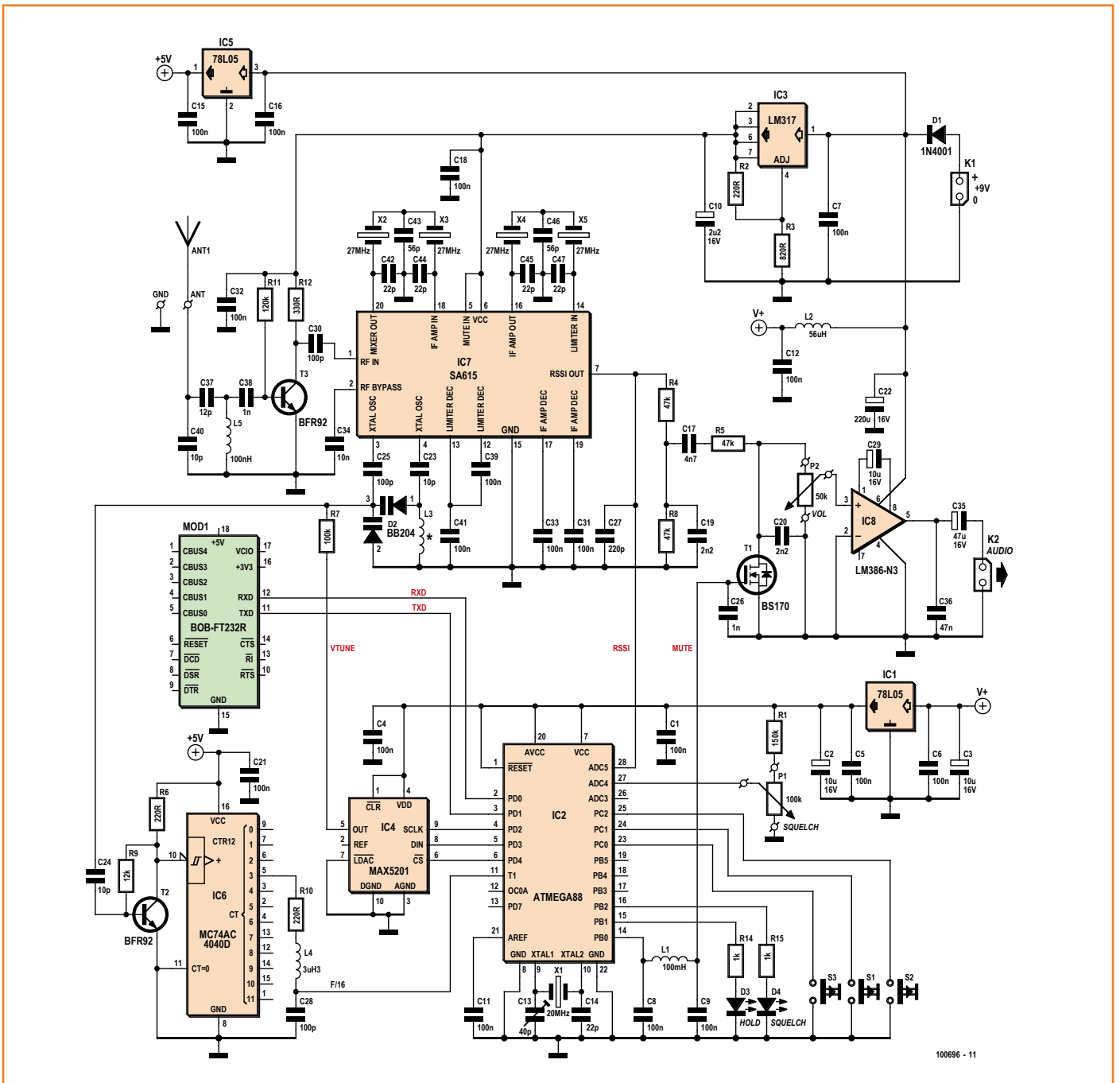


Bild 1. Die Schaltung besteht aus einem analogen Teil (oben) und einem digitalen Teil (unten). Drei Spannungsregler entkoppeln die Betriebsspannungen.

des FM-Rundfunkbands liegt. Für die digitale Frequenzwahl werden in Empfängern häufig die PLL oder die DSS eingesetzt. Ein anderes, weniger komplexes Verfahren ist die FLL (Frequency Locked Loop), bei dem der Mikrocontroller die Frequenz des VFO misst, sie mit der Sollfrequenz vergleicht und gegebenenfalls über einen DAC korrigiert. Verschiedene im Elektor-Labor durchgeführte Tests haben gezeigt,

dass dieses Verfahren zum Ziel führt, sofern die Genauigkeit des DAC für die schmalen Frequenzschritte ausreicht. Allerdings kann der Zähler des Mikrocontrollers die auftretenden hochfrequenten Signale nicht direkt verarbeiten, aus diesem Grund ist ihm ein Frequenzteiler vorgeschaltet. Das unkomplizierte Konzept hat auch den Vorteil, dass der Flugfunk-Scanner über nur drei Drucktaster sowie ein Squelch- und ein Lautstärke-

Potentiometer bedienbar ist. Nachdem die Empfangsfrequenzen über den PC eingegeben und gespeichert sind, ist der Scanner für den portablen Betrieb gerüstet.

Ein Scanner hat definitionsgemäß die Fähigkeit, belegte Frequenzen selbsttätig zu finden und zu speichern. Nachdem der Squelch unseres Flugfunk-Scanners auf die gewünschte Signalschwelle eingestellt ist, genügt ein Tasterdruck, um den Scan-Vorgang zu starten.

Empfangsteil und Betriebsspannungen

Die Eingangsstufe (siehe Schaltung in **Bild 1**) arbeitet mit einem SA615 oder auch NE615. Dieser Baustein ist eine weiterentwickelte Version der Kombination aus NE602 und NE604, wobei im NE602 der Mischer mit VFO und im NE604 die ZF-Stufe, der Begrenzer und der FM-Demodulator untergebracht waren. Da hier ein FM-Demodulator nicht zum Einsatz kommt, bleiben einige Anschlüsse des SA615 unbeschaltet. Der SA615 stellt an seinem Ausgang RSSI eine Spannung bereit, die zur Stärke des empfangenen Signals proportional ist. Dieses Signal steuert über ein Rauschfilter die NF-Ausgangsstufe. Das gleiche Signal wird dem Mikrocontroller zugeführt, so dass der Mikrocontroller den Empfang eines Flugfunk-Signals während des Scan-Vorgangs erkennen kann.

Das von der Antenne kommende Signal wird gefiltert und verstärkt, bevor es zum Mischer mit dem VFO gelangt. Eine zweifache Varicap-Diode stellt die VFO-Frequenz ein. Das resultierende ZF-Signal mit der Mittenfrequenz 27 MHz durchläuft zwei zweistufige Kettenfilter (X2...X5), die Bandbreite beträgt ungefähr 6 kHz. Genau betrachtet liegt die ZF bei 26,998 MHz. Falls nötig ist dieser Wert im Setup der Software modifizierbar. Die Quarze der Kettenfilter müssen identische Typen mit der Grundschiwingung auf 27 MHz sein. Mögliche geringe Toleranzen können im Software-Setup kompensiert werden.

Das VFO-Ausgangssignal steuert über T2 einen Zähler des Typs 74AC4040, der als Frequenzteiler durch 16 geschaltet ist. Da die VFO-Frequenz im Bereich $f_{HF} - f_{ZF} = 81...110$ MHz variiert und der Mikrocontroller lediglich Signale bis 8 MHz verarbeitet, muss der Teilfaktor mindestens 14 betragen. Das NF-Signal an Pin 7 des SA615 steuert über einige Widerstände, den Stummschalt-FET T1 und den Lautstärke-Poti P2 die NF-Endstufe mit dem LM386. An diesen Endverstärker kann ein Lautsprecher (4 Ω oder 8 Ω) unmittelbar angeschlossen werden.

Frequenzbereiche

Für das Konzept eines Flugfunk-Scanners ist der Empfangsbereich ein entscheidendes Kriterium. Die wichtigste Bedeutung haben das Frequenzband 108...137 MHz der zivilen Luftfahrt sowie das Frequenzband 230...400 MHz der Militärs. In beiden Bändern ist die Amplitudenmodulation (AM) am gebräuchlichsten. Ferner sind im Frequenzraum 3...30 MHz einige Bänder reserviert, in denen Fluggeräte und Bodenstationen Informationen austauschen. Für die Sprachkommunikation wird dort meistens SSB (Single Side Band Modulation) angewendet.

Der Empfangsbereich dieses Flugfunk-Scanners überdeckt die Frequenzen 108...137 MHz der zivilen Luftfahrt. Hier wird nicht nur der Informationsaustausch zwischen den Piloten von Passagiermaschinen und Fluglotsen im Tower abgewickelt. Auch die Luft-zu-Luft-Kommunikation und die Kommunikation von Dienststellen der Flugaufsicht finden in diesem Bereich statt. Bodengebundene Fahrzeuge sind dort ebenfalls am Funkverkehr beteiligt.

Wegen des Zusammenwirkens eines analogen und digitalen Schaltungsteils (HF-Stufen sowie Mikrocontroller mit Frequenzteiler) ist eine saubere Entkopplung der Betriebsspannungen unverzichtbar. Dies geschieht mit drei separaten Spannungsreglern: IC3 liefert die Spannung +6 V für den Empfangsteil, IC1 ist für die Spannung +5 V des digitalen Teils ohne IC6 zuständig, Frequenzteiler IC6 wird von IC5 mit +5 V versorgt.

Mikrocontroller-Steuerung

Der Mikrocontroller, ein ATmega88 (IC2), hat neben dem Speichern der Empfangsfrequenzen eine weitere wichtige Funktion: Er misst die durch 16 geteilte VCO-Frequenz. Dazu wird ein interner Zähler für die Torzeit 16 ms konfiguriert, so dass das Zählergebnis die gemessene Frequenz in kHz ist. Ein 16-bit-DAC vom Typ MAX5201 steuert den VCO, die Auflösung beträgt hier $29000 \text{ kHz} / 2^{16} = 440 \text{ Hz}$. Bei der Bandbreite 6 kHz ist dies ein akzeptabler Wert, die Empfangsfrequenz kann genügend genau abgestimmt werden. Der MAX5201 hat ferner den Vorteil, dass er seriell gesteuert werden kann und das Ausgangssignal den „Rail-to-Rail“-Bereich abdeckt.

Im Mikrocontroller ist so viel EEPROM verfügbar, dass außer diversen Einstellparametern bequem 100 Frequenzwerte speicherbar sind. Die Frequenzen können Bänken zugeordnet werden, zum Beispiel 5 Bänken mit 20 Frequenzwerten. Der Mikrocontroller erkennt über zwei ADC-Eingänge (Pin 27 und 28) die Stärke des Empfangssignals und den Stand des Squelch-Potis. Er ver-

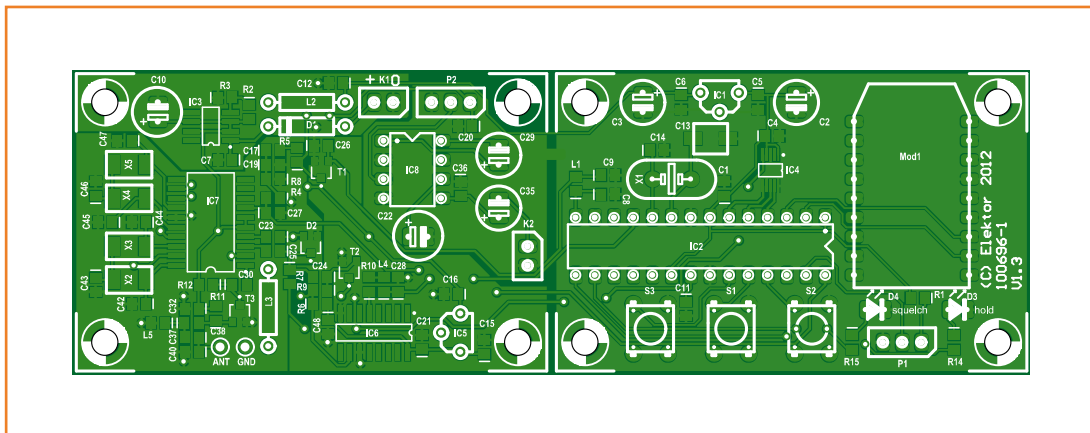


Bild 2.
Auch auf der Platine sind der analoge Teil und der digitale Teil voneinander getrennt. Die Platinenteile können mit einer Säge getrennt werden.

gleichet beide Werte und entscheidet, ob der Scan-Vorgang unterbrochen oder fortgesetzt wird. Die LEDs D3 und D4 signalisieren den Ablauf. Während des Scan-Vorgangs sind gefundene Frequenzen über die Bedientaster (S1...S3) blockierbar, sie werden zwar gespeichert, aber beim Betrieb im Empfangsmodus übersprungen. Das inzwischen in mehreren Elektor-Projekten eingesetzte Breakout-Board (BOB) USB-FT232R [1] ist mit den Anschlüssen 2 und 3 des Mikrocontrollers verbunden. Dieses Modul, das die Verbindung mit einem USB-Port des PCs herstellt, hat seinen Platz auf der Scanner-Platine.

Software

In der Software steckt gewissermaßen die Intelligenz unseres Flugfunk-Scanners. Die Hauptschleife liest die Empfangsfrequenz aus dem EEPROM, von dem Wert wird die ZF subtrahiert, was die erforderliche VFO-Frequenz ergibt. Wegen der FLL-Abstimmung ist es nicht möglich, abso-

lute Frequenzwerte direkt einzustellen. Deshalb wird von einem Näherungsverfahren Gebrauch gemacht, bei dem der DAC insgesamt 16 Messungen mit der Messdauer 16 ms durchführt. Der Scan-Vorgang wird dadurch zwar verlangsamt, doch andererseits ist die Scanner-Konstruktion deutlich weniger komplex als bei Scannern, die mit der PLL- oder DSS-Methode arbeiten. Nachdem die Frequenz eingestellt ist, prüft der Mikrocontroller, ob an Eingang RSSI ein Signal liegt. Falls dies zutrifft, geht der Stummschalt-ausgang (Mute) auf niedrige Spannung, so dass das NF-Signal zum Lautsprecher durchgeschaltet wird. Nach Wegfall des Signals folgt eine programmierbare Wartezeit ohne Frequenzänderung, anschließend wird die nächste Frequenz aus dem EEPROM gelesen und eingestellt. Solange der Scanner ein Signal im Flugfunk-Band empfängt, bleibt die eingestellte Frequenz unverändert. Der Puffer der seriellen Schnittstelle wird periodisch abgefragt, so dass Informatio-

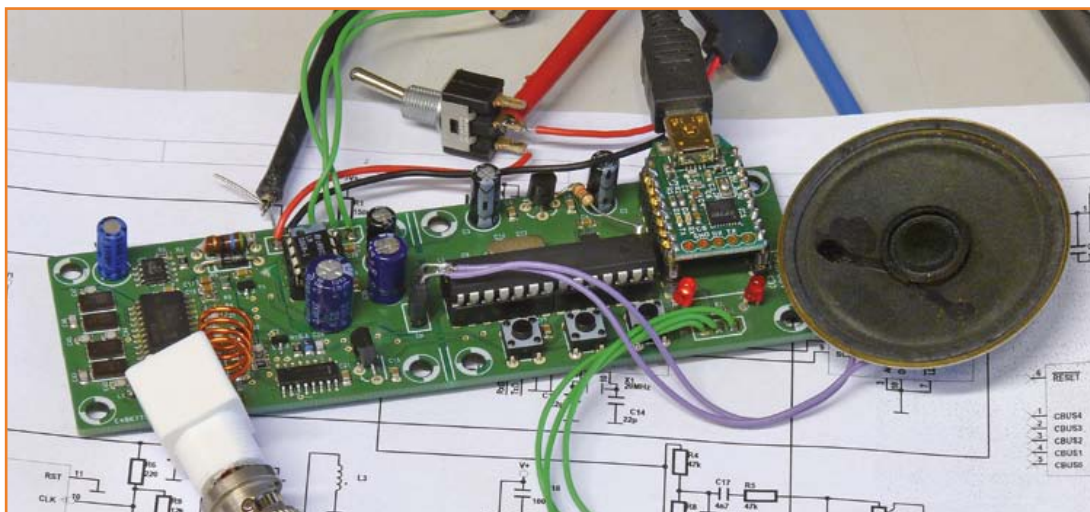


Bild 3.
Dem Labormuster fehlt zwar noch der letzte optische Schliff, trotzdem ist die Leistung überzeugend.

nen gelesen werden, die das Terminalprogramm des PCs sendet. Außerdem wird in jedem Zyklus der Status der Bedientaster abgefragt. Durch Drücken des Tasters S1 lässt sich die aktuelle Frequenz blockieren, auf dem Bildschirm wird die Frequenz mit dem Merkmal „B“ markiert. Das Blockieren einer Frequenz ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn der Scanner wiederholt auf einem unmodulierten Träger hängen bleibt. Die Markierung kann über das Terminalprogramm aufgehoben werden.

In der Software unseres Flugfunk-Scanners sind für diverse Parameter Standardwerte vorgegeben, sie werden beim ersten Start vom Programmspeicher in das EEPROM übertragen. Maßgeblich für den Betrieb ist die im EEPROM stehende Kopie, sie ist über das Terminalprogramm des PCs modifizierbar.

Aufbau

Die Platine für den Flugfunk-Scanner ist in **Bild 2** wiedergegeben, sie ist in einen analogen und einen digitalen Bereich unterteilt. Die beiden Teile können mit einer Säge voneinander getrennt werden, wenn diese Kombination besser in ein vorgeesehenes Gehäuse passt. In diesem Fall sind fünf Signalleitungen und eine Masseleitung notwendig, um die Platinenteile miteinander zu verbinden. Am Anfang der Platinenbestückung stehen die SMDs, dies ist der schwierigere Part. Dann folgen die IC-Fassungen und die bedrahteten Bauelemente. Die Potis werden in das Gehäuse eingebaut und mit der Platine über flexible Leitungen verbunden.

Induktivität L3 muss in Eigenregie angefertigt werden, indem auf die glatte Seite eines 7-mm-Spiralbohrensatzes vier Windungen versilberter Kupferdraht (Durchmesser 1 mm) gewickelt werden. Um mechanischen Schwingungen entgegenzuwirken, wird die Wicklung nach der Montage mit einem Kleber auf der Platine fixiert. Zum Schluss erhalten der programmierte ATmega88, der LM386 und das USB-Breakout-Board ihren Platz auf der Platine.

Bei der Wahl des Gehäuses ist zu berücksichtigen, dass außer den Potentiometern auch der Lautsprecher und eine 9-V-Batterie (oder ein 9-V-Akku) Raum beanspruchen. Die Drucktaster müssen von außen zugänglich sein, eventuell helfen mechanische Verlängerungen weiter. Die LEDs können ihre Funktion nur erfüllen, wenn sie von außen sichtbar sind. Übrig bleibt noch die Antennenbuchse, auch dafür muss ein geeigne-

Wichtiger Hinweis

Der legale Besitz und Betrieb dieses Empfängers ist in Deutschland einem Personenkreis vorbehalten, der auch im Besitz einer gültigen Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst ist (was im Prinzip eine Amateurfunklizenz voraussetzt). Aber auch diesem Personenkreis ist das Abhören des Flugfunks nicht erlaubt, da es sich um einen Funkdienst handelt, der sich nicht an die Allgemeinheit wendet und der deshalb aus Gründen des Fernmeldegeheimnisses geschützt wird.

Voraussetzung für die Teilnahme am Flugfunkdienst ist in Deutschland ein dafür gültiges Sprechfunkzeugnis (BZF I, BZF II oder AZF). Aber auch dann darf der Flugfunk nur im Rahmen einer entsprechenden fliegerischen Betätigung und nur mit einem dafür zugelassenen Gerät empfangen werden. Im Ausland gelten natürlich die dortigen Gesetze, Richtlinien und Bestimmungen.

Stückliste

Widerstände (SMD 0805):

R1 = 150 k
R2,R6,R10 = 220 Ω
R3 = 820 Ω
R4,R5,R8 = 47 k
R7 = 100 k
R9 = 12 k
R11 = 120 k
R12 = 330 Ω
R14,R15 = 1 k
P1 = Trimpoti 100 k lin.
P2 = Poti 50 k log.

Kondensatoren (SMD 0805, falls nicht anders angegeben):

C1,C4...C9,C11,C12,C15,C16,C18,C21,C31...C33,C39,C41,C48 = 100 n
C2,C3,C29 = 10 µ/35 V stehend
C10 = 2µ2/63 V stehend
C13 = Trimmer 8p5...40p (Murata TZB4P400AB10R00)
C14,C42,C44,C45,C47 = 22 p
C17 = 4n7
C19,C20 = 2n2
C22 = 220 µ/16 V stehend
C23,C24,C40 = 10 p
C25,C28,C30 = 100 p
C26,C38 = 1 n
C27 = 220 p
C34 = 10 n
C35 = 47 µ/16 V stehend
C36 = 47 n
C37 = 12 p
C43,C46 = 56 p

Induktivitäten:

L1,L5 = 10 nH (SMD 0805)

L2 = 56 µH

L3 = 4 Windungen Cu-Draht versilbert
1 mm, h = 8 mm, Durchmesser innen = 7 mm

L4 = 3,3 µH (SMD 0805)

Halbleiter:

D1 = 1N4001
D2 = BB207 (TO236)
D3,D4 = LED 3 mm, Low Current
T1 = BS170F (SOT23)
T2,T3 = BFR92A (SOT23)

IC1,IC5 = 78L05
IC2 = ATMEGA88-20PU (programmiert, EPS 100969-41)

IC3 = LM317 (SOIC-8)
IC4 = MAX5201AEUB+
IC6 = 74AC4040 (SOIC-16)
IC7 = SA615D (SOIC-20)
IC8 = LM386 (DIP-8)

Außerdem:

X1 = Quarz 20 MHz
X2...X5 = Quarz 27 MHz (Grundschwingung, z. B. Citizen CS1027.000MABJ-UT)
USB-FT232R Breakout-Board 110553-91 [1]
S1...S3 = Drucktaster 6 mm (Multi-comp MC32830)
2 Stiftkontaktleisten 2-polig
DIP-Fassung 28-polig, für IC2
DIP-Fassung 8-polig, für IC8
2 Kontaktleisten 10-polig einreihig, für USB-FT232R Breakout-Board
Kleinlautsprecher 4 Ω oder 8 Ω
Platine 100696-1

Bedienung

Beim Einschalten des Flugfunk-Scanners gibt das Terminalprogramm auf dem PC folgende Meldung aus:

```
***** Airbandscanner startup *****

Keyfunctions:

H      -help (this page)
S      -show stored frequencies
B <fn> -block on/off, fn is freq.number
T F(6) -tune to frequency(Khz)
R      -scanner run/stop
F fn F(6) -store frequency(Khz) fn=freq.nr.
I Fif(5) -Fif (Khz)
N <nf>  -#frequencies to scan (1-100)
W <Tw>  -scanning waittime (x 0.5 sec.)
M <fn>  -memory start from fn=freq.nr.
P <nr>  -#passes (2-15) for autom. search.

Current settings:

Fif      = 26998
Twait    = 2
#Freqs.  = 20
Mem.start = 1
#Srch.pas = 5

Fn 1
```

Der Scanner befindet sich im Scan-Modus, der Platz des Frequenzspeichers erscheint in der letzten Zeile. Bevor der Scanner ein Kommando ausführen kann, muss der Scan-Modus mit R gefolgt von <Enter> unterbrochen werden. Die

meisten, aus nur einem Buchstaben bestehenden Kommandos haben eine leicht zu merkende Bedeutung. Nach S <Enter> gibt der Scanner die Frequenzen in Form einer Tabelle aus. Die erste Frequenz ist mit dem Kommando M einstellbar, die Anzahl der Frequenzen wird mit dem Kommando N festgelegt. Diese Einstellungen benutzt der Scanner auch im Scan-Modus. Das Scannen von Frequenzbänken ist möglich, indem mit M und N beispielsweise die Frequenzen 1...20 gewählt werden. Über das Terminalprogramm sind die Frequenzen der Bank änderbar, sie kann auch die Frequenzen 40...59 oder andere Frequenzen umfassen.

Der Scanner kann Frequenzen selbsttätig gruppieren. Angenommen, es wurden Frequenzen eingegeben, die nicht überschrieben werden dürfen, beispielsweise die Frequenzen 1...40. M wird jetzt auf 40 gesetzt, während N ebenfalls den Wert 40 erhält. Die Squelch-Schwelle muss für den Scan-Betrieb auf eine Höhe eingestellt sein, die den Empfangsbedingungen angepasst ist.

Nach Einschalten des Scanners bei gedrücktem Taster S2 leuchtet LED D3 (Hold) auf. Der Scanner durchläuft nun mehrfach $(137000 - 108000) / 25 = 1160$ Kanäle, die Anzahl der Suchläufe ist mit dem Kommando P festlegbar. Die gefundenen Frequenzen werden auf den Speicherplätzen 40...80 abgelegt. Nachdem das geschehen ist, verlischt LED D3. Beim nächsten Einschalten des Scanners kann das Ergebnis nach Eingabe des Kommandos S betrachtet werden. Ein Test in ungefähr 50 km Entfernung von einem Großflughafen ergab, dass bei 20 Frequenzen und P = 6 innerhalb einer halben Stunde praktisch alle Frequenzen gefunden wurden. Dazu gehörten die Kanäle Tower, Approach, Departure, Radar sowie weitere in der zivilen Luftfahrt gebräuchliche Kanäle. Die Frequenzen wurden selbsttätig

ter Einbauort gefunden werden.

Für den portablen Betrieb unterwegs genügt eine etwa 60 cm lange Teleskopantenne. Bei stationärem Einsatz hat sich die leistungsstarke Flugfunk-Antenne bewährt, die an anderer Stelle in dieser Elektor-Ausgabe beschrieben wird.

Einstellungen

Der Quarz des Mikrocontrollers ist mit einem 40-pF-Trimmer beschaltet. Wegen der notwendigen Genauigkeit der Frequenzmessung muss mit dem Trimmer die Frequenz 20 MHz präzise eingestellt werden.

Bringen Sie den Trimmer in eine Stellung, bei der

er etwa halbe Kapazität hat. Stimmen Sie den Scanner mit dem Kommando T auf eine feste Frequenz ab, messen Sie gleichzeitig die Frequenz am Ausgang des 74AC4040. Stellen Sie diesen Wert abzüglich der ZF, dividiert durch 16, ein. Nachdem diese Frequenz exakt eingestellt ist, wählen Sie mit dem Kommando T eine bestimmte Empfangsfrequenz. Anschließend überprüfen Sie, ob die ZF im Setup stimmt. Eine eventuell notwendige Korrektur ist mit dem Kommando I möglich.

Die Grenzen des Empfangsbereichs sind überprüfbar, indem Sie mit dem Kommando T die Frequenzen 108.000 MHz und 137.000 MHz ein-

sortiert, der am häufigsten gefundenen Frequenz wurde Speicherplatz 1 zuwiesen, gefolgt von den weniger häufig gefundenen Frequenzen.

Zusammen mit dem Terminalprogramm arbeitet der Flugfunk-Scanner auch als Empfänger ohne Scan-Funktion. Wird auf dem PC beispielsweise das Kommando T 122400 <Enter> eingegeben, stimmt der Scanner auf die Frequenz 122,400 MHz ab. Auf dem PC-Bildschirm erscheint die zugehörige Signalstärke als ein Wert zwischen 1 und 9.

Betriebsarten

Scanner:

Nach dem Einschalten scannt der Scanner die gespeicherten Frequenzen. LED D4 (Squelch) leuchtet auf, sobald ein Signal die Squelch-Schwelle übersteigt, LED D3 signalisiert den Stopp des Scan-Vorgangs und das Durchschalten des NF-Signals zum Lautsprecher. Falls der Empfang abbricht, verlischt LED D4, die genannten Funktionen bleiben jedoch noch kurze Zeit unverändert. LED D3 wird erst nach Ablauf einer Wartezeit inaktiv, anschließend setzt der Scanner den Scan-Vorgang fort. Der Scanner bleibt auf einer beliebigen Frequenz stehen, wenn die Squelch-Schwelle auf ihren niedrigsten Wert eingestellt ist. Während eines Scan-Vorgangs werden die Nummern der aktuellen Speicherplätze zum Terminalprogramm des PCs übertragen. Auszublenkende Empfangssignale, beispielsweise Trägerwellen ohne Informationsinhalt, können durch Drücken des Tasters S3 mit dem Merkmal „B“ blockiert werden. Dieses Merkmal ist nur über das Terminalprogramm löschtbar.

Empfänger:

Wenn Taster S3 nach dem Einschalten mindestens eine Sekunde gedrückt wird, schaltet der Scanner in den Empfänger-Modus. In diesem Modus kann die Empfangsfrequenz mit den Tastern S1 (Down) und S2 (Up) von Hand eingestellt werden. Der Squelch behält seine Funktion bei. LED D3 signalisiert das Erreichen der

oberen oder unteren Grenze des Empfangsbereichs. Beim Start im Empfänger-Modus ist zunächst die untere Grenze eingestellt. Ein Druck auf Taster S3 weist den Scanner an, die Empfangsfrequenz so lange selbsttätig zu erhöhen, bis ein Empfangssignal die Squelch-Schwelle übersteigt. In diesem Fall leuchtet LED D3 auf, der Scanner bleibt auf der gefundenen Frequenz stehen. Wird S3 noch einmal gedrückt, verlischt LED D3, der Scanner setzt die Suche fort. Beim Erreichen der oberen Bereichsgrenze folgt ein Rücksprung zur unteren Bereichsgrenze.

Search-Modus:

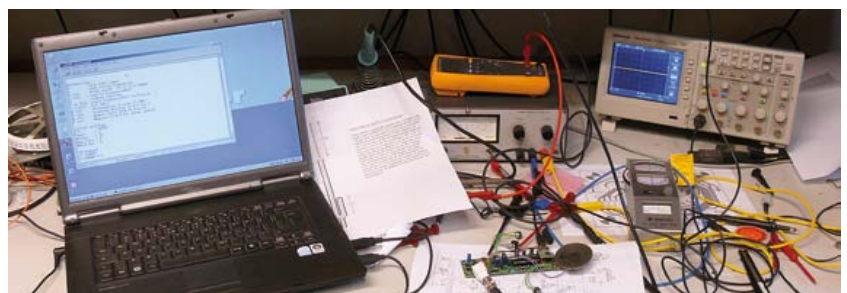
Wenn Taster S2 nach dem Einschalten mindestens eine Sekunde gedrückt wird, leuchtet LED D3 auf. Der Scanner befindet sich nun im Such-Modus. Beim Abtasten des Flugfunk-Frequenzbands werden konstante Trägersignale ausgeblendet, die Suche wird im Frequenzraster 25 kHz durchgeführt. Vor Beginn des Suchvorgangs ist die Squelch-Schwelle mithilfe von LED D4 auf einen Wert einzustellen, der an die Empfangsbedingungen angepasst ist. Die Anzahl der Durchläufe durch das gesamte Band ist mit Kommando P im Terminalprogramm auf dem PC festlegbar. Ein einzelner Search-Vorgang von der unteren zur oberen Bandgrenze dauert rund sieben Minuten. Ein bewährter Wert für P ist 6, das sechsfache Durchlaufen des Bands nimmt $6 \cdot 7 = 42$ Minuten in Anspruch. Optimale Suchergebnisse sind mit $P = 15$ zu erwarten, allerdings beträgt die Wartezeit eine Stunde und 45 Minuten.

Wenn der Suchvorgang abgeschlossen ist, verlischt LED D3, die gefundenen Frequenzen sind gespeichert. Jetzt muss der Flugfunk-Scanner neu gestartet werden. Im Speicher wurden N Frequenzwerte beginnend mit Speicherplatz M abgelegt (vergleiche Kommandos M und N). Bevor der Scanner die gefundenen Frequenzen durchlaufen kann, muss der Mikrocontroller die Werte in den Frequenzspeicher übertragen. Dies geschieht erst, nachdem die LED D3 verloschen ist.

stellen. Wenn im Terminalprogramm höhere Werte erscheinen, muss L3 geringfügig zusammengedrückt werden, sind die Werte niedriger, ist L3 um einen geringen Betrag auseinander zu ziehen. Die vom Terminalprogramm ausgegebenen Werte müssen nach dem Kommando T exakt mit den eingegebenen Werten übereinstimmen.

Der Quell- und Hex-Code der Mikrocontroller-Software steht kostenfrei auf der Projektseite im Web [2] zum Download bereit. Die Platine und der bereits programmierte Mikrocontroller sind ebenfalls über diese Website erhältlich.

(100696)gd



Weblinks

- [1] www.elektor-magazine.de/110553
- [2] www.elektor-magazine.de/100696