

Fernsehen aus der hohlen Hand: ATV- μ TX für das 23-cm-Band

Dipl.-Ing. ERICH PAULITSCH – OE6ACG

Dieser extrem kleine ATV-Sender kann ein Bildsignal im 23-cm-Band übertragen. Die Außenmaße des Gehäuses von 34 mm \times 34 mm \times 19 mm und die Masse von nur etwa 30 g (ohne Kamera und Stromversorgung) sprechen für sich und erlauben einen Einsatz auch an schwer zugänglichen Stellen. Seine Leistung von 70 mW läßt auch noch durch Gebäude eine Reichweite von 150 m zu, bei freier Sicht von mehreren Kilometern.

Die erste Realisierung dieses Projekts erfolgte 1996, als der Prototyp im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend innovativ“ in einer österreichweiten Ausscheidung den 3. Platz errang. Der damals doch recht improvisierte Aufbau wurde überarbeitet, so daß nun eine exakte Bauanleitung vorliegt, die auch den Aufbau des Gehäuses einschließt.

Der ATV-Sender arbeitet (ohne Ton) im 23-cm-Band mit einer $\lambda/4$ -Rundstrahlantenne, wobei man die Frequenz zwischen 1240 und 1300 MHz beliebig justieren kann. Die Ausgangsleistung beträgt etwa 70 mW, wobei die Überbrückung von großen Entfernungen bis zu 3 km eine entsprechende Empfangsanlage (Sat-Receiver/Vorverstärker/Richtantenne) verlangt.

Jede CCD-Kamera (auch Farbe) kann entweder direkt an den Sender montiert oder über eine zusätzliche Buchse extern angeschlossen werden. Die Versorgungsspannung darf je nach Kameratyp zwischen 8,4 und 13,6 V liegen. Möglich ist auch der Anschluß eines Endverstärkers (über die SMA-Buchse), um die HF-Leistung weiter anzuheben.

Primär eignet sich dieser Sender für Modellbauer mit Amateurfunkzulassung, die damit aus Modellflugzeugen, -autos, schiffen und Modell-U-Booten Livebilder

übertragen können. Aber auch für Überwachungsaufgaben, zur Tierbeobachtung oder auch zur Rauchfangkontrolle wurde dieser Sender bereits eingesetzt.

■ Stromlaufplan

Der Sender (Bild 1) besteht aus zwei hauptsächlich mit SMD-Bauelementen bestückten Leiterplatten, einer für den Oszillator (OSZ) und einer für den „Leistungsverstärker“ (PA), beide auf der Bestückungsseite verzinnt und je 1,5 mm dick.

Dimensionierung der Widerstände R12 bis R14

Betriebsspannung U_B [V]	R_{12} [Ω]	R_{13}, R_{14} [Ω]
9	33	116
10	61	150
11	89	184
12	117	218
13,6	161	270

Die OSZ-Leiterplatte enthält zunächst einen zweistufigen diskret aufgebauten Videoverstärker, dessen Verstärkung sich mittels P1 einstellen läßt. P2 bestimmt die dem verstärkten Videosignal überlagerte Gleichspannung.

Bei der Videoaufbereitung wurde auf eine CCIR-normgerechte Lösung aus Platz- und

Gewichtsgründen verzichtet; eine Anhebung der hohen Videofrequenzen („Bildschärfe“) ist dennoch durch Einbau des Kondensators C_x möglich: Das Bild kann je nach Wert von C_x damit auf „scharf“ bis „überscharf“ eingestellt werden, was vor allem bei Modellflug- und Unterwasser-Anwendungen sinnvoll ist.

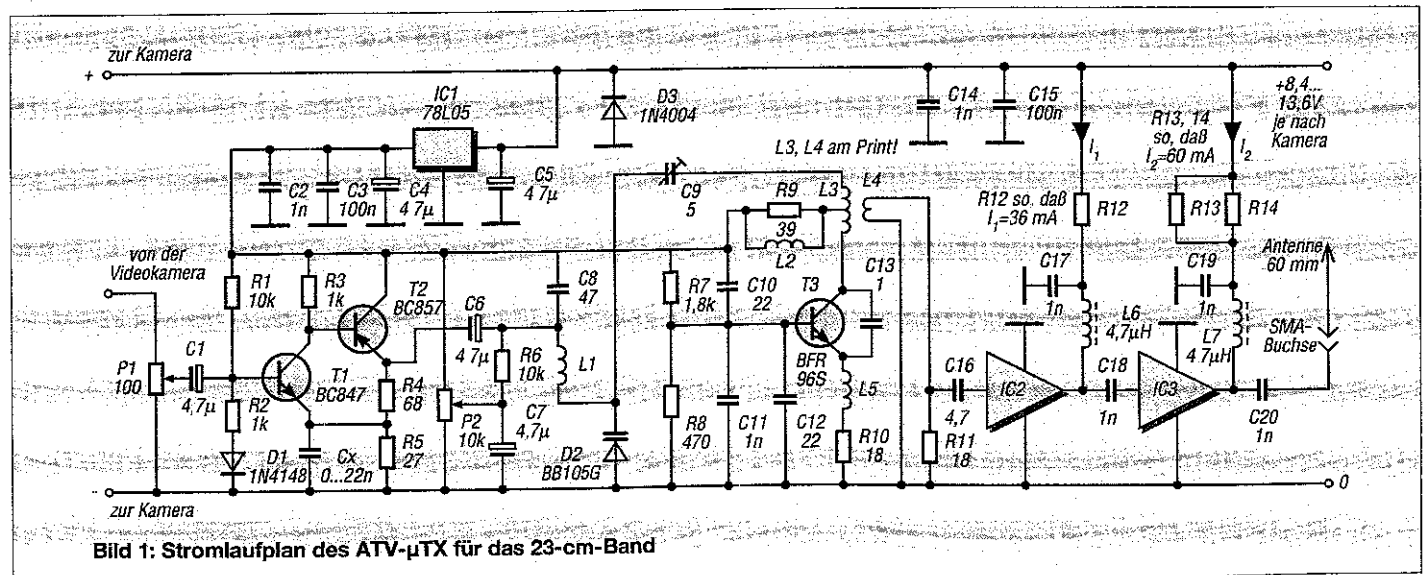
Das Videosignal moduliert über D2 den Oszillator mit T3 in der Frequenz. Die Induktivitäten L3 und L4 sind dabei als Leitungskreise ausgeführt.

Aus Platz-, Kosten und Strombedarfsgründen wurde auf eine PLL-Frequenzregelung verzichtet. Um dennoch hohe Frequenzstabilität zu erzielen, wird diese Leiterplatte im Laufe des Aufbaus völlig verkapselt.

Was bleibt, ist die Frequenzänderung durch die Erwärmung des ganzen Senders. Sie liegt aber unter 2 MHz, d. h., wenn beim Einschalten die Sendefrequenz auf 1280 MHz eingestellt wurde, sinkt sie bei längerem Betrieb auf minimal 1278 MHz ab.

Für alle beschriebenen und versuchten Anwendungen ist dies praktisch ohne Bedeutung, denn bei der hohen Bandbreite des ATV-Signals stellen 1 bis 2 MHz kein Problem dar; außerdem ist diese Frequenzänderung vorhersehbar, so daß der Sat-Receiver (zwei Kanäle einstellen; einen für den „kalten“ Zustand, z. B. 1280 MHz, einen für den „warmen“, z. B. 1278 MHz) darauf konditioniert werden kann. Dies ist aber nur bei großen Sender/Empfänger-Entfernungen (ab etwa 2 km) relevant und war bei unseren Anwendungen nie wirklich notwendig.

Auf der zweiten Leiterplatte, PA, befinden sich mit IC2 und IC3 zwei integrierte Verstärker in 50- Ω -Technik, die die HF-Leistung auf einige zehn Milliwatt anheben. Sie steht an einer SMA-Buchse zur Verfügung.



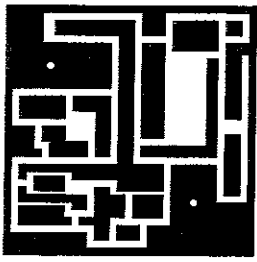
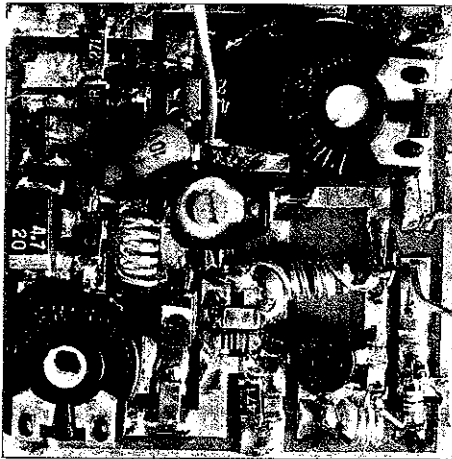


Bild 2: Leitungsführung der Oszillator-Platine (Videoverstärker und Oszillator), M = 1:1

Bild 3: Bestückungsplan der Oszillator-Leiterplatte, M = 2:1

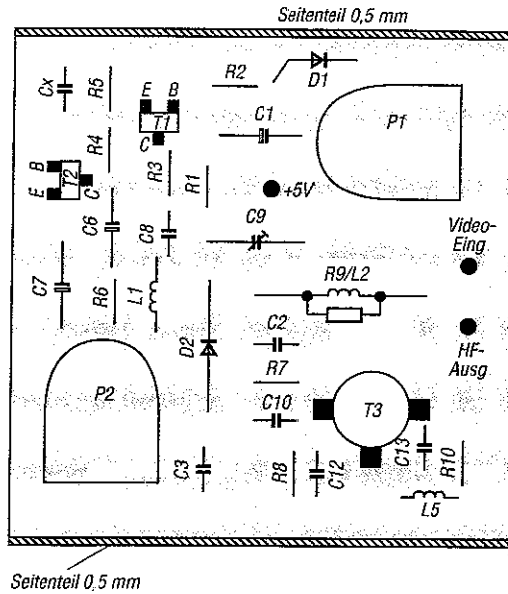
Bild 4: Blick auf eine fertig bestückte Oszillator-Leiterplatte mit den drei bereits eingelöteten Verbindungsdrähten



Außerdem sind auf der PA-Leiterplatte der Spannungsregler IC1 zur +5-V-Betriebsspannungserzeugung für die OSZ-Leiterplatte und die Eingangsbuchse für die Stromversorgung (DC-Buchse) platziert. Eine Schutzdiode gegen Falschpolung (D3) bietet zumindest einen begrenzten Schutz gegen Falschpolung der Eingangsspannung (zum Schutz der Kamera). Als Antenne dient vorzugsweise ein 60-mm-Semi-Rigid-Drahtstück mit SMA-Stecker ($\lambda/4$ -Stab), aber auch mit einem 60 mm langen Drahtstück eines RG-58-Koaxialkabels, montiert auf einen SMA-Stecker, wurden gute Ergebnisse erzielt.

Keine Scheu vor SMD

Zum Zusammenbau brauchen Sie einen Mikrolöt Kolben (vorzugsweise 12 V/8 W; mit viel Geschick gehts auch mit einem 220-V/30-W-Löt Kolben mit ganz feiner Spitze), einen Löt Kolben mit min. 30 W (besser 100 W) zum Verlöten der Leiterplatten mit den Gehäuseteilen, 1-mm-Lötzinn, eine Pinzette sowie das übliche Werkzeug, Seitenschneider, Bohrer, 3-mm-Holzbohrer usw. Es wurde darauf geachtet, daß nur leicht erhältliche SMD-Bauteile verwendet werden



und auch diese nur in der „großen“ Ausführung (Typ 1206; etwa 3 mm x 1,5 mm). Falls dieser Typ nicht erhältlich ist, eignet sich durchgehend auch die „kleine“ Variante (0805; etwa 2 mm x 1,3 mm). Einige Komponenten (Potentiometer, Spannungsregler ...) werden nur in „normaler“, d.h. bedrahteter, Ausführung benötigt. Mit sehr viel Geschick und Geduld gelang auch ein Aufbau ausschließlich mit bedrahteten Bauelementen, den wir jedoch nicht empfehlen würden. Der Einbau von SMD-Bauelementen gelingt am besten so: eine Seite vorverzinnen, mit Mikro-Lötspitze erhitzen, SMD-Bauelement zum Fixieren mit Pinzette aufsetzen, dann die andere Seite ordentlich verlöten und nun die ursprüngliche Seite nochmals sauber verlöten.

Aufbau der Oszillatorleiterplatte (OSZ)

Die 33 mm x 33 mm große Oszillatorplatine ist doppelseitig kupferbeschichtet, wobei eine Seite gemäß Layout geätzt wird (Bild 2); die andere Seite dient als unveränderte Kupferfläche zur HF-Abschirmung. Die Bestückungsseite sollte zum leichteren Löten unbedingt heißverzinkt sein. Zuerst sind die beiden 2,5-mm-Löcher für die Trimmerbetätigung zu bohren. Löten Sie dann die Bauelemente gemäß Bestückungsplan ein. Kürzen Sie die Anschlußbeine der Trimpotentiometer so, daß die gesamte Trimmerhöhe unter 6,5 mm bleibt. Da diese Trimmer (P1, P2 und C9) die höchsten Bauelemente sind, bleibt die Bauhöhe bei 7 mm. Achten Sie beim Einlöten der Trimpotentiometer P1 und P2 darauf, daß die Bohrungen in der Platine mit den Trimmerachsen übereinstimmen. Prüfen Sie beim Einbau von C9 auch, daß das 3-mm-Loch der PA-Leiterplatte (jetzt boh-

ren) sich mit der Achse von C9 deckt. Die Spule L2 (5 Wdg.) wird auf den Widerstand R9 gewickelt. Für T3 existiert wegen der HF-Stabilität keine Bohrung, statt dessen biegt man die drei Beine so ab, daß T3 auf der Platine aufliegt. An den drei gekennzeichneten Punkten werden kurze 0,8-mm-Drähte angelötet, die zur PA-Platine führen. Darüber laufen die +5 V, die auf der PA-Leiterplatte aufbereitet wurden, das von der Kamera gelieferte Videosignal und die lose ausgekoppelte Hochfrequenz von der Oszillator-Leiterplatte.

Frequenztest der OSZ-Leiterplatte

Nun können Sie die OSZ-Leiterplatte zum ersten Mal testen: +5 V am nach oben gehenden +5-V-Draht zuführen, den Minuspol an der rund um die Platine laufenden Massefläche anschließen (am besten rechts neben P1). Dabei empfiehlt sich eine Strombegrenzung auf 100 mA

Bauteile

C1,4,5,7	47 µF, SMD
C2,11,14	
C17,18,19	1 nF, SMD
C3,15	100 nF, SMD
C6	4,7 µF, Tantalperle
C8	47 pF, SMD
C9	5 pF, Trimmer
C10,12	22 pF, SMD
C13	1 pF, SMD
C16	4,7 pF, SMD
C20	1 nF, Keramik
C _x	s. Text
D1	1N4148
D2	BB 105G oder BB 405G
D3	1N4004 oder 1A-SMD-Typ
IC1	78L05 (nicht SMD)
IC2	MSA 0885
IC3	MSA 1104
L1	5 Wdg., 0,4-mm-CuAg, 2 mm Ø
L2	5 Wdg., 0,4-mm-CuAg, auf R9 gewickelt
L3,4	gedruckt, auf der Platine
L5	2 Wdg., 0,4-mm-CuAg, 2 mm Ø
L6,7	4,7 µH (nicht SMD!) oder 10 Wdg., CuL, 2 mm Ø
P1	100 Ω liegend, linear, kleine Ausführung, nicht SMD
P2	10 kΩ liegend, linear, kleine Ausführung, nicht SMD
R1,6	10 kΩ, SMD
R2,3	1 kΩ, SMD
R4	68 Ω, SMD
R5	27 Ω, SMD
R7	1,8 kΩ, SMD
R8	470 Ω, SMD
R9	39 Ω, 0,25 W
R10,11	18 Ω, SMD
R12,13,14	s. Text
T1	BC 847 (SMD)
T2	BC 857 (SMD)
T3	BFR 96S (nicht SMD)
SMA-Buchse und -Stecker	
60-mm-Semi-Rigid-Kabel als Antenne	
Gleichspannungsbuchse und -stecker	
2 Platinen	
Reststücke 0,5-mm-Epoxid-Printmaterial	

Es sollte nun ein Strom von etwa 50 mA $\pm 20\%$ fließen. Prüfen Sie danach die Spannungen rund um T1 und T2, wie am Bestückungsplan angegeben. Auch hier gilt eine Toleranz von $\pm 20\%$.

Die weitere Vorgehensweise hängt davon ab, ob Sie einen Frequenzzähler besitzen. Falls nein, brauchen Sie einen mit einem TV-Gerät verbundenen Sat-Receiver, der auf eine Empfangsfrequenz von etwa 1280 MHz eingestellt ist und an dessen F-Eingang (an den sonst das Kabel zum LNB/Sat-Spiegel angeschlossen wird) ein etwa 30 mm langer Draht eingesteckt wurde.

Der Abstand zwischen Sat-Receiver und OSZ-Platine sollte etwa 3 m betragen. Drehen Sie nun extrem langsam und vorsichtig an C9, bis das Bild am Fernseher „schwarz“ wird (Kunststoff-Schraubendreher benutzen!). Sollte dies nicht gelingen, stellen Sie C9 fast auf Minimum und suchen im Sat-Receiver besagte Frequenz, bei der das Bild „schwarz“ wird.

Falls das für mehrere Frequenzen zutrifft, vergrößern Sie den Abstand zwischen Sat-Receiver und Sender, um Neben- bzw. Oberwellen (die aber beim vorliegenden Design kaum vorhanden sind) zu unterdrücken. Wenn diese Operation erfolgreich verlief, schwingt der Oszillator. Die so eingestellte Frequenz wird sich aber durch den weiteren Aufbau noch ändern.

Wenn Sie einen Frequenzzähler besitzen, stellen Sie C9 so ein, daß die Oszillatorfrequenz etwa 1280 MHz beträgt. Funktioniert das nicht (meist ist die Frequenz zu niedrig), keine Sorge: Beim endgültigen Aufbau klappt es! Prüfen Sie trotzdem unbedingt am Sat-Receiver, ob der Videoträger (schwarzes Bild) bei der gemessenen Frequenz erscheint.

■ Teilaufbau der PA-Leiterplatte

Zuerst die drei kleinen 1-mm-Bohrungen herstellen, sie sind auf der rückseitigen Kupferfläche mit einem 3-mm-Holzbohrer anzusenken, damit keine Kurzschlüsse entstehen (Bild 5). Selbstverständlich kann man die drei Aussparungen bei mehr Aufwand durch doppelseitiges Ätzen erzielen. Danach kommt die 3-mm-Bohrung für die Einstellung von C9 an die Reihe.

Als erste Aufbaustufe empfehle ich, auf der PA-Leiterplatte nur die Gleichspannungsbuchse (plus ist innen), IC1, C4, C5, R11, D3 und C16, nicht jedoch IC2 und IC3 zu montieren. Wählen Sie eine möglichst kleine Gleichspannungsbuchse mit einer maximalen Höhe 7 mm. IC1 ist ein „normaler“ 78L05; seine flache Seite berührt die Platine.

Zum Test der Teilschaltung legen Sie nun mit einem passenden Stecker 7 bis 15 V an die Gleichspannungsbuchse; an der +5-V-

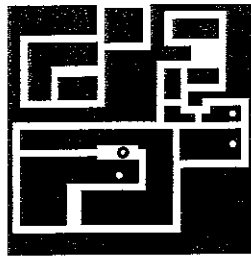


Bild 5: Leitungsführung der Verstärker-Platine (HF-Verstärker und Spannungsbildestabilisierung), M = 1:1

Bild 6: Bestückungsplan der Verstärker-Leiterplatte, M = 2:1

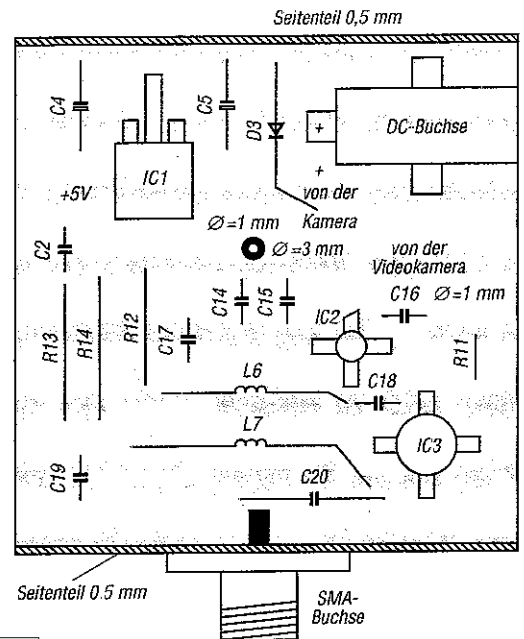
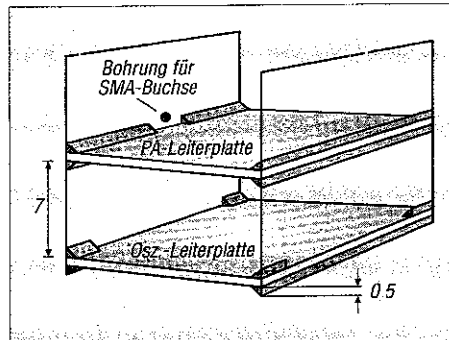


Bild 7: Zusammenbaukskizze für die beiden Leiterplatten mit den ersten beiden Seitenteilen



Platinenfläche müssen danach +5 V meßbar sein.

■ Zusammenbau mit den ersten beiden Seitenteilen

Schneiden Sie aus 0,5 mm dickem, einseitig kupferbeschichtetem Epoxidmaterial (sauber, sonst mit Scheuermittel putzen!) zunächst zwei Teile der Maße 34 mm \times 21 mm (oder auch mit einem gewissen Übermaß, das später weggeschliffen wird) zu; dafür genügt eine Schere!

Bohren Sie in eines dieser Teile bei den Koordinaten 17 mm/13 mm ein 2-mm-Loch – jede beliebige Ecke kann Koordinatenursprung sein. Dies ist das Zentralloch für die SMA-Buchse. Vergessen Sie nicht, auf der Kupferseite mit einem 3-mm-Holzbohrer rund um das Zentralloch wiederum das Kupfer zu entfernen! Platzieren Sie jetzt die SMA-Buchse und bohren mit dieser „Schablone“ die vier 2-mm-Befestigungslöcher. Befestigen Sie die SMA-Buchse mit den entsprechenden Schrauben und Muttern und zwicken das überstehende Schraubengewinde ab. Verlöten Sie die vier (Messing-) Muttern.

Nun werden diese beiden Seitenteile zuerst mit der PA-Leiterplatte verlötet. Achten Sie auf richtige Platzierung des Seitenteils mit der SMA-Buchse und verlöten Sie beide Seitenteile genau rechtwinklig.

Anschließend „fädeln“ Sie die OSZ-Leiterplatte ein. Da Sie ja schon drei Drähte nach oben angebracht haben, kann hier nichts schiefgehen.

Der Abstand zwischen den beiden Leiterplatten sollte etwa 7 mm betragen (Oberkante zu Unterkante). Achten Sie darauf, daß keine Bauelemente der OSZ-Leiterplatte die untere Massefläche der PA-Leiterplatte berühren.

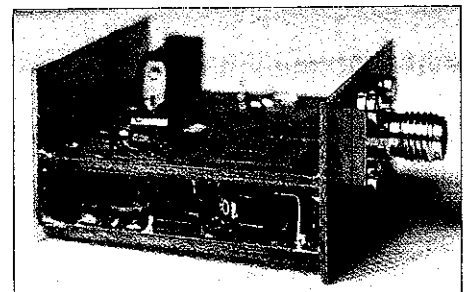


Bild 8: Die beiden Leiterplatten mit den ersten beiden Seitenteilen zusammengebaut; die HF-Verstärkerstufen sind noch nicht bestückt

Verlöten Sie die OSZ-Leiterplatte an den beiden zugänglichen (äußeren) Kanten voll mit den Seitenteilen, an den „inneren“ Kanten nur an der Seite, also viermal, vgl. Bild 7. Das Übermaß der Seitenteile wird später abgeschliffen. Verlöten Sie auch die drei eingefädelt Drähte.

■ Kameratest der OSZ-Leiterplatte

Nun erfolgt der erste echte Test: Schaffen Sie die Bedingungen, wie beim Frequenzttest der OSZ-Leiterplatte beschrieben. Schließen Sie außerdem ihre CCD-Kamera mit drei Drähten an die PA-Leiterplatte an: Video an den Eingang Video, Plus an den Mittelstift der Gleichspannungsbuchse und Minus an den umlaufenden Massestreifen (am besten unterhalb der Gleichspannungsbuchse).

Versorgen Sie danach die Gleichspannungsbuchse mit der von ihrer Kamera benötigten Betriebsspannung (meist 9 bis 12 V). Drehen Sie langsam und vorsichtig an C9 (Kunststoff-Schraubendreher!), bis ein Bild am Fernsehempfänger erscheint. Sollte das Bild schwarz sein, drehen Sie an P1 (Videohub).

Wenn alles gutgegangen ist, können Sie nun mit C9 die Sendefrequenz grob und mit P2 einstellen und das von der Kamera gelieferte Bild sehen. Aber Achtung: Die endgültige Sendefrequenz wird sich durch den Einbau der noch fehlenden Seitenteile drei und vier nochmals ändern!

P1 beeinflusst den Videohub, damit also grob gesagt, die Spitzenhelligkeit des Bildes. Stellen Sie P1 so ein, daß weiß (z.B. „Kamera schaut in Glühlampe“) wirklich weiß ist. Abhängig vom Kameratyp besteht die Möglichkeit, daß das Bild „flau“, also kontrastarm ist. Sie können dies durch Einbau eines zusätzlichen Kondensators C_x auf der OSZ-Leiterplatte ändern. Der Position dieses Kondensators auf der Leiterplatte ist auch nach dem Verlöten mit den ersten beiden Seitenteilen noch zugänglich. C_x paßt sowohl in SMD- als auch in Keramikausführung auf die Platine; es wurde genug Platz dafür vorgesehen.

Je größer die Kapazität von C_x , desto „schärfer“ wird das Bild (Anhebung der hohen Frequenzen). Für Anwendungen als Modellflug-Kamera oder Überwachungskamera ist hohe Bildschärfe durchaus wünschenswert. Allerdings werden, wenn die Kapazität von C_x zu hoch ist, die Synchronimpulse unterdrückt, was das Bild verzerrt bzw. völlig unbrauchbar macht. Je nach Kameratyp empfehlen wir für C_x 1 nF bis 22 nF (Probieren).

Sollte der Kontrast des Bildes bereits im Originalzustand Ihren Vorstellungen entsprechen, verzichten Sie auf C_x , wenn Sie im Zweifel sind. Ein überscharfes Bild gibt bei schlechten Lichtbedingungen manchmal Probleme („Grießbildung“). Wer will, kann auch einen kleinen Mikro-Kippschalter zum wahlweisen Aktivieren von C_x einbauen.

■ Einbau der zweiten beiden Seitenteile

Nun werden die Kanten bündig verschliffen: Dazu schiebt man das ganze Modul mit seinen Seiten (das „H“ mit doppeltem Querstrich) auf 150er Schleifpapier hin und her. Das Werkstück dabei immer wieder drehen. Vorn und hinten wird noch nicht geschliffen.

Es folgt das Einlöten der weiteren beiden Seitenteile: Großzügig zuschneiden, die Bohrung für die Gleichspannungsbuchse nicht vergessen, Kanten zu den beiden Platinen verlöten, wo es möglich ist, Über-

maß mit Schere abschneiden, seitlich verschleifen.

Nun hinten (Kupfer-Rückseite der OSZ-Leiterplatte, ist dort rundum verlötet) überstehende Seitenteile auf etwa 0,5 mm Höhe abschleifen, damit die Lötung Bestand hat, und vorn die Seitenteile so schleifen, daß der Abstand Vorderkante zu PA-Leiterplatte 7 mm beträgt.

Bild 9:
Der fertige ATV-Sender mit aufgeklappter Frontseite mit Blick auf die Verstärkerleiterplatte, auf die auch nach dem Zusammenbau noch Zugriff besteht

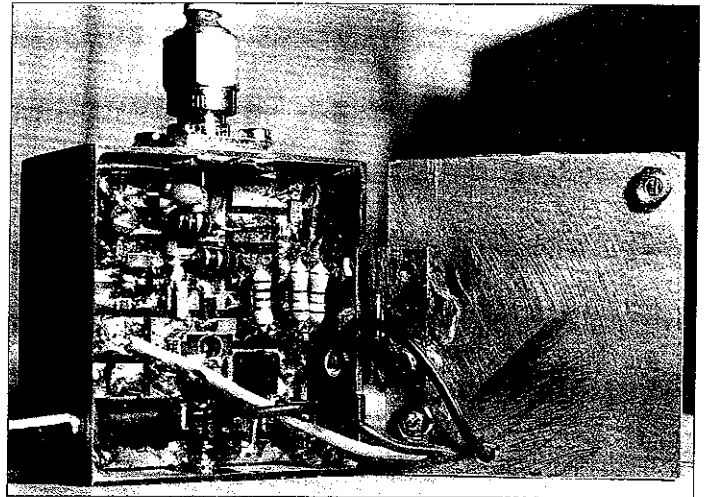
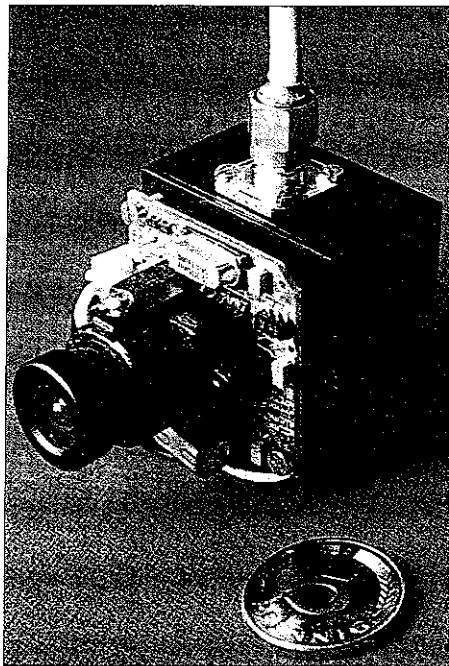


Bild 10:
Ein komplett aufgebaute betriebsfähiger ATV-µTX mit angeschraubter Kamera

Fotos: OE6ACG



Nachträgliche Modifikationen oder Reparaturen im OSZ-Modul sind danach nur noch möglich, wenn die 0,5-mm-Epoxidmaterial-Seitenteile neu gefertigt werden. Das ist aber bei sorgfältigem Aufbau sehr unwahrscheinlich, weil die geringe Betriebsspannung von +5 V, einem Drittel des Maximalwertes, die Bauelemente sehr schont.

■ Verbindung mit der Kamera

Nun den „Deckel“ (das Platinenstück, das die PA-Leiterplatte verschließt und auf dem, falls gewünscht, die Kamera montiert wird), auf min. 35 mm × 35 mm zuschneiden. Diese Platine wird mit einem

Kassettenscharnier an einem der Seitenteile befestigt: Scharnier an den Seitenteilen mit M2-Schrauben verschrauben, am „Deckel“ verlöten (Bild 9).

Die weitere Vorgehensweise hängt davon ab, ob Sie die Kamera extern anschließen oder direkt an den „Deckel“ über der PA-Leiterplatte montieren wollen (Bild 10).

Für den ersten Fall empfiehlt sich der Einbau einer kleinen dreipoligen Buchse oberhalb von IC1 („einharzen“). Am besten haben sich dabei die Futaba-Steckersysteme aus dem Modellbau bewährt.

Andernfalls die Kamera mit kurzen M2-Schrauben und -Muttern an den Deckel schrauben, zwischen Kamera und Deckel dünnen Schaumstoff oder Dichtband einschleiben, drei 2-mm-Bohrungen für die drei Kabel herstellen, Kabel der Kamera durchfädeln und bei plus, Masse und Video an der PA-Leiterplatte anlöten. Deckel verschleifen und Arretierung anbringen.

Für die Arretierung einen versilberten 1-mm-Kupferdraht am „Deckel“ an zwei Stellen so anlöten, daß er eine Schlaufe bildet. Am entsprechenden Seitenteil 4 mm unterhalb der Kante eine 2-mm-Bohrung herstellen. M2-Schraube mit Messingmutter innen einschrauben, Mutter verlöten, Drahtschlaufe so biegen, daß der Deckel bündig schließt.

Äußerlich heißt es noch, das gesamte Modul mit 600er Schleifpapier lackierfertig endzuschleifen und den Schleifstaub sorgfältig mit einem Pinsel zu entfernen. Eventuelle Spalten werden vor dem Schleifen mit Epoxidkleber gekittet.

■ Restbestückung der PA-Leiterplatte

Erst jetzt erfolgt die Bestückung der verbliebenen Bauelemente der PA-Leiterplatte und zwar deshalb, weil IC2 und IC3 empfindlich auf elektrostatische Aufladung reagieren, wie sie beim Schleifen auftreten können. Vermeiden Sie auch

beim Einlöten statische Aufladungen, am besten, indem Sie auf einem Messingblech arbeiten.

Achten Sie unbedingt auch auf das richtige Einlöten der beiden ICs: Der Eingang von IC2 (MSA 0885) hat einen abgechrägten Anschluß, außerdem ist beim Gehäuse am Eingang ein kleines Dreieck eingepreßt. Aber: Am Ausgang von IC3 (MSA 1104) hat das Gehäuse eine winzige Erhebung!

L6 und L7 können entweder als bedrahtete Ausführung verwendet oder selbst gewickelt werden.

Dimensionieren Sie nun R12 bis R14: Dabei handelt es sich um klassische, bedrahtete 0,25-W-Widerstände. R13 und R14 haben denselben Wert, ihre Parallelschaltung ist wegen der 0,25 W übersteigenden Verlustleistung erforderlich.

Der Hersteller empfiehlt für IC2 (MSA 0885) einen Strom von 36 mA (absolutes Maximum 65 mA!), die „Device Voltage“ U_D , das ist die Spannung, die sich am Ausgang von IC2 einstellt, wird mit 7,8 V angegeben, ist jedoch in der Praxis meist etwas niedriger. Für IC3 (MSA 1104) gilt entsprechend ein Strom von 60 mA (absolutes Maximum 80 mA) und eine U_D von 5,5 V.

Die Widerstände berechnen sich also zu $R_{12} = (U_B - 7,8 \text{ V})/36 \text{ mA}$ bzw. $R_{13} = R_{14} = 2 (U_B - 5,5 \text{ V})/60 \text{ mA}$, wobei U_B die durch die Kamera vorgegebene Betriebsspannung ist. Die Tabelle enthält die Werte für einige Betriebsspannungen; Sie sollten den jeweils nächsthöheren Normwert wählen. Löten Sie nun noch die restlichen passiven Bauelemente ein (C20 ist ein Keramik-kondensator).

Für mobile Anwendungen ist eine $\lambda/4$ -Antenne die wohl einfachste und effizienteste Lösung: Ein 60-mm-Drahtstück Semi-Rigid-Kabel wird mit einem SMA-Stecker verlötet, ein kurzes Stück Schrumpfschlauch über die Lötstelle – fertig!

Natürlich ist auch jede andere Antennenvariante (Dipol, Doppelacht...) möglich, den verbesserten Antennengewinn und die oft auch unerwünschte Richtwirkung erkaufte man aber durch erhöhte Abmessungen. Die Ausgangsimpedanz beträgt 50 Ω .

■ Abschlußtest

Da nun fast alles fertig ist, sollten Sie den großen Abschlußtest vornehmen: Schließen Sie an der Gleichspannungsbuchse die kamerabedingte Betriebsspannung an, wobei eine Strombegrenzung auf etwa 0,5 A sinnvoll erscheint. Der Sender hat eine Stromaufnahme von etwa 160 mA, die Kamera braucht je nach Typ noch zusätzlich zwischen 100 mA und 200 mA. Damit sollte ein Gesamtstrom von 260 bis 360 mA fließen. Eine Erwärmung des Gehäuses auf etwa 50 °C ist normal!

Abschließend können Sie die Frequenz endgültig einstellen. Wie beim Test der OSZ-Platine beschrieben, sind dabei C9 zur Grob- und P2 zur Feineinstellung vorgesehen. Stellen Sie P2 in Mittelstellung und C9 (wiederum mit einem Kunststoff-Schraubendreher!) so ein, daß die Frequenz 1275 MHz beträgt; Sie können dann mit P2 fast das gesamte 23-cm-Amateurfunkband abdecken).

Wer ein HF-Leistungsmeßgerät besitzt, sollte damit etwa 70 mW Ausgangsleistung ermitteln. Aber auch ein einfacher Reichweitentest hilft weiter: Wenn an der F-Buchse des SAT-Receivers keine Hilfsantenne steckt (Lötzinnrest ...), müßten sich zumindest 5 m überbrücken lassen. Ein kleines Drahtstück als Antenne erhöht die Distanz auf 200 m, Vorverstärker und 6-dB-Richtantenne bringen sie auf etwa 1,5 km!

Es empfiehlt sich noch, unbedingt den Spannungsabfall an R12 bzw. an R13/R14 zu messen und nach dem Ohmschen Gesetz den tatsächlichen Strom zu berechnen. Für größte Ausgangsleistung sind Werte möglichst nahe an 36 mA (IC2) bzw. 60 mA (IC3) optimal. Ggf. lassen sich die Werte von R12 bzw. R13/R14 noch verändern.

Messen Sie auch die Spannung am Verbindungspunkt L6/R12: Sie sollte unbedingt höher als 6 V sein. Bei einem zu niedrigen Wert besteht die Gefahr, daß der Eingang vom Oszillator mit zuviel HF-Leistung versorgt wird; infolge Bauteiltoleranzen kann dies gelegentlich vorkommen. Abhilfe schafft das Verringern des Wertes von R11, der einen großen Teil der erzeugten HF kurzschließt und so auch für stabile Betriebsbedingungen des Oszillators sorgt. Umgekehrt läßt sich durch Erhöhen von R11 die HF-Eingangleistung erhöhen.

Wenn alles funktioniert, bleibt nur noch das Finish: Am sinnvollsten ist (auch wegen der Wärmeableitung) eine mattschwarze Lackierung.

■ Anwendungstips

Manche CCD-Kameras (vor allem solche mit Mikro-Objektiv) verfügen nur über eine sehr schlechte Belichtungsregelung, was ihren Einsatz im Freien oft unmöglich macht: Ein kleines Stück Schweißglas vor dem Objektiv löst dieses Problem elegant und bietet sogar gewisse Vorteile: Bei Flugaufnahmen mit Loopings bleibt die Helligkeit auch bei schnellen Motivwechseln (Himmel – Boden) konstant. Ein Orange- oder Gelbfilter vor dem Objektiv vergrößert den Kontrast bei Flugaufnahmen, weil es das Grün der Vegetation abdunkelt.

Für den Einsatz als Unterwasserkamera muß die Kamera wie beschrieben extern an-

geschlossen werden, denn Funkwellen (insbesondere solch hoher Frequenz) durchdringen Wasser nicht.

Die Kamera findet dann beispielsweise in einem kleinen Marmeladenglas Platz, in dessen Deckel eine Glasscheibe „eingeharzt“ wurde. Die drei Kabel werden ebenfalls eingeharzt und führen (max 50 m) z.B. zu dem auf einem Modellboot befestigten Sender.

Bei Modellen mit Elektroantrieb ist eine Stromversorgung aus Akkumulatoren zwar möglich, aber nur sehr eingeschränkt zu empfehlen, weil durch die Kommutierung der Gleichstrommotoren, noch verstärkt durch die meist verwendete Drehzahlregelung, ein sehr „ruppiger“ Spannungsverlauf entsteht. Außerdem könnten HF-Reste durch das Versorgungskabel an den Fernsteuerempfänger gelangen.

Besser ist eine eigene (Akkumulator-)Spannungsversorgung geeignet: Wir setzen CCD-Kameras ein, die ab 8 V funktionieren, haben den Sender auf 9 V optimiert und benutzen 8,4-V-Miniakkumulatoren, die etwa dieselbe Größe wie 9-V-Batterien besitzen. Letztere ermöglichen mit ihren 110 mAh Kapazität einen etwa 20minütigen Betrieb, was zumindest für Flüge ausreicht. 9-V-Blockbatterien, selbst Alkali-Mangan-Typen, sind für die vorliegende Beanspruchung nicht geeignet; sie können die 300 mA nur ganz kurzzeitig liefern!

In der genannten Konfiguration blieb die Gesamtmasse von Kamera, Sender und Akkumulator unter 100 g, so daß man damit auch kleinste Flugmodelle, wie die selbst von Anfängern beherrschbaren Flugdrachen (z.B. Skyflex), bestücken kann. Mit dieser Konfiguration gab es auch bei großen Entfernungen nie Probleme infolge einer Störung der empfangenen (bei uns 35 oder 40 MHz, je nach Fernsteuerung) durch die abgestrahlte HF (etwa 1280 MHz).

Viel ungünstiger sah es dagegen bei der Versorgung des Moduls durch den Flugakkumulator aus. Die einzige Abhilfe bestand darin, hohe Induktivitäten in Serie und Elektrolytkondensatoren hoher Kapazität parallel zum Versorgungskabel zu schalten. Damit geht es; der Verkabelungsaufwand und die Masse sprechen aber eher für eine separate Stromversorgung.

Ob und wie Sie übrigens das bis dato noch ungeschützte Kameramodul verkleiden, bleibt Ihnen überlassen. Wir haben wiederum 0,5-mm-Platinenmaterial eingesetzt, es teils durch Löten verarbeitet, und es, wenn das nicht ging, mit Epoxidharzkleber verbunden.

Die beiden Platinen (fertig gebohrt und heißverzinnt) können beim Autor, Tel. und Fax 0043-3 16-58 60 13, bezogen werden.