

dann auf Mittelwelle zunächst nur ein mäßiger Antennenstrom. Durch einen 10 bis 20 s währenden Dauerstrich mit 200 W konnte die Salzsäure dann, begleitet von Kratzen und Prasseln im Empfänger, weggebrannt werden; der Antennenstrom erreichte mit Rucken und Zucken des Zeigers wieder seinen üblichen Wert.

An Land könnten ähnliche Probleme in Küstennähe oder durch Ablagerungen aus anderen Quellen (u.a. Schnee) auftreten. Daraus wäre ggf. zu folgern, daß eine Langwellenstation, die mit ihrer Leistung nicht die Isolatoren säubern kann, auch nicht betriebssicher ist ...

■ Anpaßsektion

Bild 3 zeigt das Prinzip einer variablen Anpassung. Der Anpaßwiderstand R_A kann bei einem Erdsystem mit wenigen Radials über 100 Ω liegen. Zur Anpassung an ein Kabel mit einem Wellenwiderstand von 50 Ω können dann ein Serienkondensator C_s und eine Spule L_p nach Masse dienen, so daß die Antenne auch immer gleichstrommäßig geerdet ist (keine elektrostatischen Aufladungen).

Liegt der Anpaßwiderstand nahe bei oder gar unter 50 Ω , schließt man C_s kurz. Die Anpassung geschieht dann allein mit den Spulen, wobei das Hauptvariometer L leicht zur kapazitiven Seite verstimmt werden muß. Je nach der benötigten Transformation nimmt die Induktivität L_p Werte zwischen einigen zehn und maximal 200 μH an. Einen passenden Drehkondensator für C_s gibt es leider nicht mehr. Geeignet ist eine Anordnung von quasi binär gestuften, beliebig addierbaren Festkapazitäten zwischen etwa 2,2 nF und 47 nF.

■ Zusammenfassung

Das Hauptproblem einer Langwellenantenne an Land besteht nicht so sehr im erforderlichen Luftraum, sondern in der darunter für das Erdsystem benötigten Fläche. Der von Funkamateuren mit Antenne mäßiger Höhe realisierbare Wirkungsgrad ist sehr niedrig. Erfreulicherweise heben die Ausbreitungsbedingungen diesen Nachteil größtenteils auf. Trotzdem ist Langwelle mühseliger als QRP auf 80 m. Das Hauptproblem bei Landstationen ist der hochfrequente Erdwiderstand.

Ist er mit tragbarem Aufwand nicht unter einen bestimmten Wert zu bringen, läßt sich die abgestrahlte Leistung nur durch Erhöhen der Sendeleistung steigern. Bei einem Antennenwirkungsgrad von -35 dB bis -30 dB ist die den europäischen Funkamateuren per CEPT-Empfehlung T/R 62-01 zugestandene 1 W ERP so nicht zu erreichen.

Technisch gesehen wären daher alle Amateurfunkgruppen, die eine Station auf einem stillgelegten Metallschiff betreiben, moralisch verpflichtet, in die Langwelle einzusteigen. Sie sollten über den verringerten Erdwiderstand einen Antennenwirkungsgrad um -27 dB bis -20 dB erreichen können.

Literatur

- [1] Compiled from submissions by G0AKN, G2AJV, G3LDO, G3XDV, G3YGF and G4JNT: The First Year's Testing on 73 kHz, Radio Communication, 73 (1997), H. 8., S. 17 bis 22 und S. 72
- [2] Nietyksza, W., SP5FM: The Amateur L. F. Allocation, Region 1 News der IARU, July 1997, Issue No. 115
- [3] Schröder, H.: Elektrische Nachrichtentechnik, Band 1, Kapitel K, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde 1959.
- [4] Link, M., DL2EBX (nach Infos von DJ8WL): Probestandungen von DA0LF, LF: 360 km überbrückt. CQ DI. 68 (1997) H 10, S. 811

PLL mit TSA 6060 und PIC 16F84 für 2-m-FM-Empfänger

Dipl.-Ing. MAX PERNER – DL7UMO

Der in [1] und [2] vorgestellte 2-m-Einkanalempfänger hat einen Nachteil: Er kann nur einen einzigen Kanal empfangen. Dafür ist er auch konzipiert, aber oft wünscht man sich doch ein paar Kanäle mehr. Der Austausch des Quarzes ist zwar möglich, würde jedoch einen neuen Quarz und entsprechendes Umlöten bedingen.

Es ist ein Oszillator, der sämtliche möglichen Kanäle im 2-m-Band abdeckt. Eine Option hierzu ist nachfolgend beschrieben. Eine vierstellige Frequenzanzeige mittels Siebensegmentdisplay, Speicherung der zuletzt eingestellten Frequenz sowie einer Vorzugsfrequenz sind integriert.

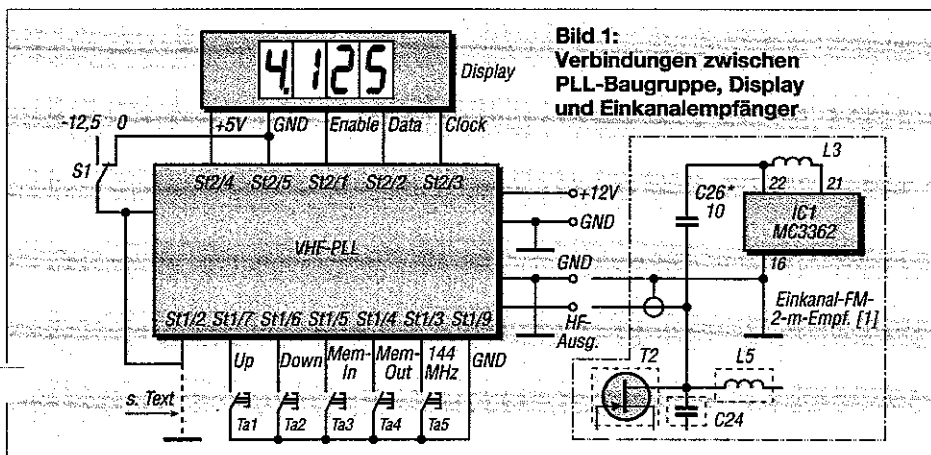
Unter einer PLL (Phased Locked Loop) versteht man eine Baugruppe, die eine vorhandene (meist quarzgesteuerte) Referenz-

frequenz mit der Schwingfrequenz eines LC-Oszillators (Nutzfrequenz) vergleicht. Fast immer muß letztere zunächst verstärkt

und dann frequenzgeteilt werden. Diese Teilung erfolgt in einem Raster, das vom verwendeten PLL-Schaltkreis und seiner Programmierung abhängt. Dieser Prozedur folgt der Vergleich der Phasen beider Signale. Je nach Größe der Abweichung stellt die PLL ein Signal bereit, das dem LC-Oszillator als Abstimmspannung zugeführt wird. Eine Kapazitätsdiode an dessen Schwingkreis verändert in Abhängigkeit von der angelegten Abstimmspannung die Schwingkreisfrequenz und damit die Oszillatorfrequenz.

Ein einfaches Verfahren – bei dem allerdings einige Dinge zu beachten sind: Zunächst ist die Nutzfrequenz an die Referenzfrequenz „angebunden“. Eine Änderung der Referenzfrequenz bedeutet auch eine Änderung der Nutzfrequenz um den Faktor des PLL-Teilers. Verwendet man z.B. eine Referenzfrequenz von 4.000 MHz und ändert sich diese, egal aus welchen Gründen, um 100 Hz, hat die Nutzfrequenz bei einem Teilverhältnis von 36 eine Abweichung von 3600 Hz.

Ein weiterer Punkt ist die Regelgeschwindigkeit. Ändert man bewußt das Teilverhältnis, so sollte sich auch die Nutzfrequenz möglichst unmittelbar ändern. Dem steht ein mögliches „Aufschwingen“ der PLL entgegen; die Nutzfrequenz wird dann mehr oder weniger gewobbelt, und eine Rastung ist nicht mehr gegeben. Diese schnellen Änderungen der Abstimmspannung gilt es also zu dämpfen. Das wiederum kann bei ungünstiger Bemessung dazu führen,



Daß die PLL sehr spät einrastet. Letztlich muß es auch noch zu verhindern, daß etwa eine Fremdeinströmung in die Abstimmspannung die Nutzfrequenz moduliert.

■ Analogteil der PLL

Ausgangspunkt der PLL ist die Forderung, eine in Grenzen variable Nutzfrequenz für den erwähnten 2-m-Empfänger zu erzeugen. Die ZF des Empfängers beträgt 10,700 MHz. Demzufolge gilt für die Ausgangsfrequenz (144,000 MHz ... 146,000 MHz) - 10,700 MHz = 133,300 MHz ... 135,300 MHz Für diesen Bereich ist die Oszillatorschaltung bemessen. In Bild 2 stellt T1 das Verstärkerelement des Oszillators, D1 die veränderbare Kapazität und T2 einen Verstärker für das Nutzsingnal dar. Durch den Steiler R15 läßt sich die Ausgangsamplitude in Grenzen den Erfordernissen anpassen. Bis hierher alles bekannte Dinge.

Als PLL-Schaltkreis kommt der TSA 6060 von Philips zur Anwendung. Ihn gibt es in DIL- (TSA 6060; DIP 16; Version SOT 38-1) und auch als SMD-Ausführung (TSA 6060T; SO 16; Version SOT 162-1). Er verarbeitet die Bereiche HF (RF; 500 kHz bis 30 MHz) und UKW (VHF; 30 MHz bis 200 MHz). Seine Steuerung erfolgt durch I²C, der Eingangsteiler ist integriert, die Eingangsspannung sollte bei HF min. 30 mV bzw. max. 500 mV, bei UKW 20 mV bis 300 mV sein. In beiden Bereichen sind vier Frequenzraster möglich: 1, 10, 25 oder 50 kHz. Diese Kurzdaten sollen für die hier vorgestellte Variante ausreichen.

Bei der Außenbeschaltung des TSA 6060 in (Bild 2) ist V_{cc1} die Versorgungsspannung (max +5 V). Aus V_{cc2} (max. +12 V) wird die Abstimmspannung (Pin 13, FMO) gewonnen. FMI (Pin 5) ist der Signaleingang für VHF. Die Elemente R1, R2, C1 und C2 bilden das eigentliche Schleifenfilter. Im eingerasteten Zustand liegt ein hochohmiges H-Signal an Pin 1. SDA und SCL sind die I²C-Verbindung zum Mikroprozessor

Die Bauelemente C3, C4 und X1 bestimmen die Genauigkeit und Stabilität der PLL, wobei die Frequenz des Schwingquarzes durch die Software des Mikroprozessors auf 4,000 MHz festgelegt ist. Der Transistor T3 steuert eine Low-current-LED. Sie ist zwar auf der Leiterplatte vorgesehen, kann aber auch an der Frontplatte montiert werden.

Das gewählte Raster von 25 kHz ergab sich zunächst aus der vorwiegend üblichen Rasterung auf 144 MHz. Das von mir für einen KW-Transceiver realisierte Prinzip, dem TSA 6060 durch eine entsprechende Programmierung eine doppelte Referenzfrequenz vorzutauschen, versagt im UKW-Bereich. Im HF-Bereich waren damit Schrittwerten von 0,5 kHz anstelle der 1 kHz mög-

lich, dieser „Betrug“ gelang für 12,5 kHz im VHF-Bereich nicht. Um dennoch eine Ausgangsfrequenz mit diesem Raster zu erzeugen, wird die Quarzfrequenz um einen gewissen Betrag nach unten gezogen. Dies übernimmt die Kombination R18, D2 und C26. Der Stromfluß durch D2 schaltet C26 an Masse; damit verschiebt sich die Resonanzfrequenz des Quarzes geringfügig. Ein Trimmer für C26 ist normalerweise entbehrlich, da an dieser Stelle relativ große Kapazitätswerte für die Verstimmung notwendig sind. Mit 56 bis 68 pF liegt man bei

etwa 12,5 kHz ± 200 Hz, bezogen auf die Ausgangsfrequenz von 133,3 MHz. Die Subtraktion der 12,5 kHz erfolgt softwaremäßig über PINK. Hierzu ist St1/2 mit St1/2 zu verbinden.

Werden die Zwischenkanäle im 12,5-kHz-Raster nicht gewünscht oder sind sie nicht erforderlich, legt man einfach St1/2 an Masse, während R18, D2 und C26 unbestückt bleiben. Optimal wäre diese Rasterung, wenn der Einkanalempfänger auch ein entsprechend schmales ZF-Filter besäße. Ist S1 an Masse geschaltet, ändert

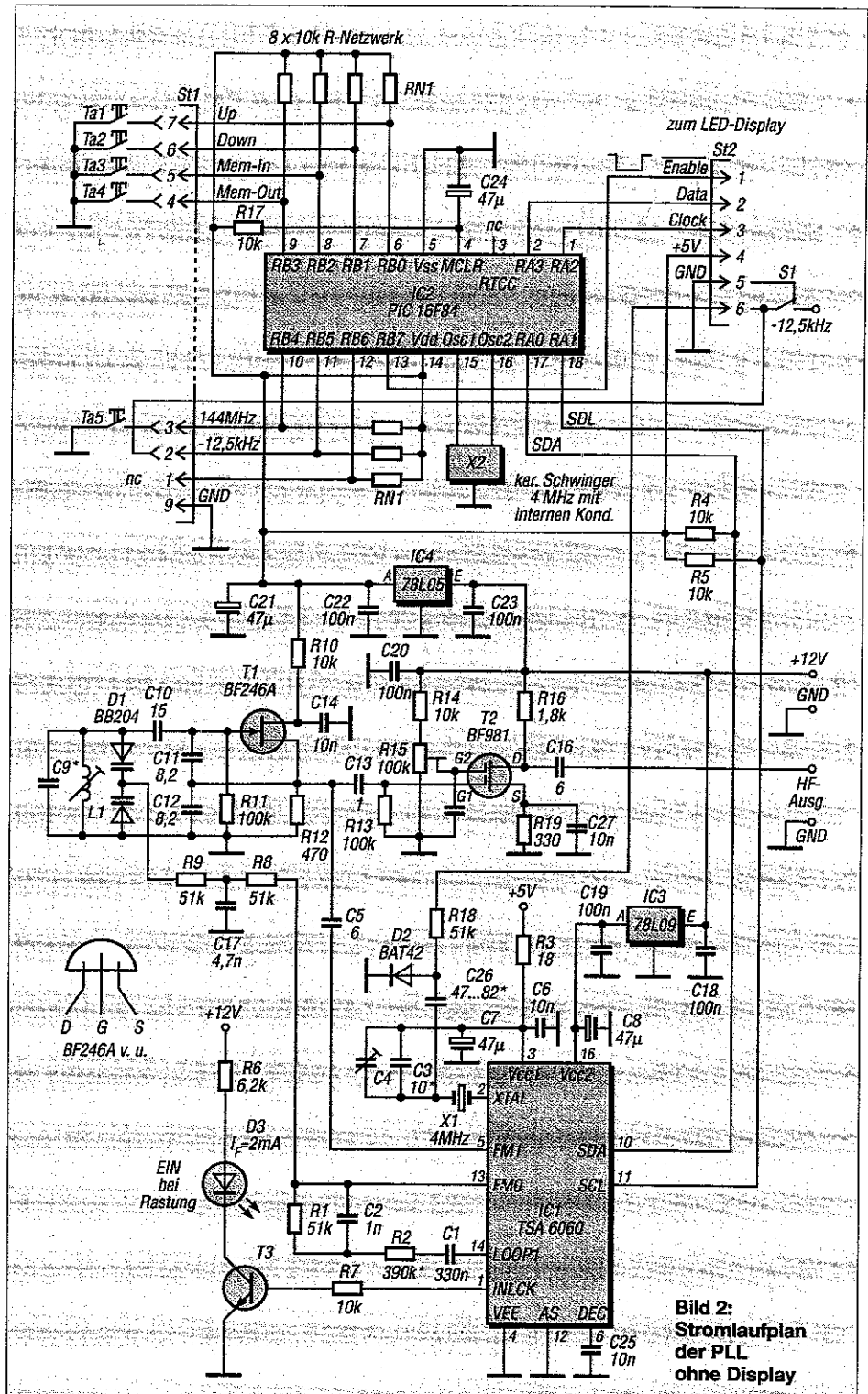


Bild 2: Stromlaufplan der PLL ohne Display

sich die Ausgangsfrequenz ebenfalls in Schritten zu 25 kHz.

■ Steuerung durch den PIC

Im PIC 16F84 ist die gesamte Steuerung der PLL versteckt. Auch hier wieder einige Worte zur externen Beschaltung: X2 ist ein keramischer Schwinger für 4,000 MHz mit integrierten Kapazitäten. Die Pins 1, 2 und 13 sind die Ausgänge für die vierstellige LED-Anzeige. Sie wurde bereits im vorigen FA, [3], vorgestellt. Die Ports RB0 bis RB6 sind auf die Stiftleiste St1 geführt. Hier werden die vier oder fünf Tasten angeschlossen.

Ta1 ist zuständig für Up, d.h., bei jedem Loslassen der Taste schaltet die PLL um 25 kHz nach oben. Ta2 (Down) realisiert die Schritte nach unten. Auch hier schaltet die PLL erst beim Loslassen der Taste weiter. Für jeden Schritt ist eine Tastenbetätigung erforderlich; bei 80 Kanälen im 2-m-Band nicht das Problem und jedenfalls billiger als eine Eingabe mittels Drehgeber. Ta3 (MEM IN) ermöglicht es, die gegenwärtig benutzte oder eine vorher eingestellte Vorzugsfrequenz im EEPROM des PIC zu speichern. Mit Ta4 (MEM OUT) kann diese wieder aufgerufen werden. Ta5 ist eher ein Abfallprodukt und dient lediglich der Vorsorge,

um bei möglichen undefinierten Stellungen des Programms die PLL auf 144,000 MHz zu stellen. Dieser Fall trat allerdings bei den Mustern bisher nicht auf. Die Taste Ta5 kann, braucht deshalb aber nicht an der Frontplatte montiert zu werden.

Die jeweils benutzte Frequenz wird im EEPROM des PIC gespeichert. Nach dem Einschalten steht somit die PLL auf der zuletzt eingestellten Frequenz. Der Stift St1/1 ist in dieser Version ohne Funktion, sollte aber, da er direkt zum PIC führt, nicht beschaltet werden.

Noch einige Worte zum Raster 12,5 kHz bzw. 25 kHz: Der TSA 6060 arbeitet stets im 25-kHz-Raster, d.h., die Steuerung der Anzeige sowie die Daten vom PIC zum TSA 6060 sind „identisch“. Die Spannung an R18 entspricht Massepegel, gesteuert durch S1. Die erste Frequenz im 2-m-Band ist also 144 000 kHz, es folgen 144 025, 144 050 usw. Für die Frequenz 144 012,5 kHz sind die Daten vom PIC zum TSA 6060 identisch mit denen für 144 025. Da jetzt St1/2 durch S1 auf H-Potential liegt, subtrahiert der PIC den Wert 12 kHz. In der Anzeige erscheinen nun 144 013 kHz.

Aufgrund der Verbindung St1/2 - St2/6 liegen etwa +5 V (vom Pull-up-Widerstand zwischen V_{dd} und RB5) an R18. Durch D2

fließt jetzt ein Strom, der C26 an Masse schaltet. Damit verringert sich die Oszillatorfrequenz. Bei geeignetem Wert von C26 kann die Differenz auf -12,5 kHz kalibriert werden. Aus dieser Manipulation ergibt sich, daß die erste Frequenz im 2-m-Band bei eingeschalteter 12,5-kHz-Stelle 144 012,5 kHz ist. Dann geht es in 25-kHz-Schritten weiter mit 144 037,5 kHz, gefolgt von 144 062,5 kHz usw. Das Display zeigt hierbei Werte von 144 013, 144 038, 144 063 usw. an. Zu beachten gilt es dabei, daß zwischen PLL und Anzeige immer eine Differenz von 10 700 kHz (ZF) besteht!

■ Leiterplatten

Vorsorglich wurden zwei ähnliche Leiterplatten entworfen, die beiden IC-Gehäuseformen entsprechen. Sie sind jeweils 90 mm x 60 mm groß und doppelseitig kaschiert. Die Bestückungsseite wurde durchgehend als Massefläche ausgebildet. Die DIL-Version hat zwei Brücken Br, die entweder durch jeweils eine Drahtbrücke oder einen 0- Ω -Widerstand auf der Bestückungsseite realisierbar sind. Die SMD-Version erfordert im Bereich des TSA 6060 zusätzlich eine isolierte Drahtbrücke auf der Unterseite. In beiden Versionen ist der BF 981 auf der Unterseite eingelötet, der Bestückungsplan

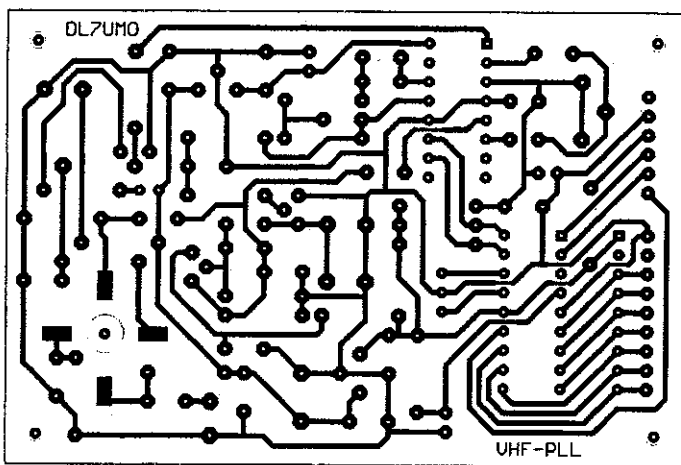


Bild 3: Leitungsführung der Platine für die PLL (DIL-IC-Variante)

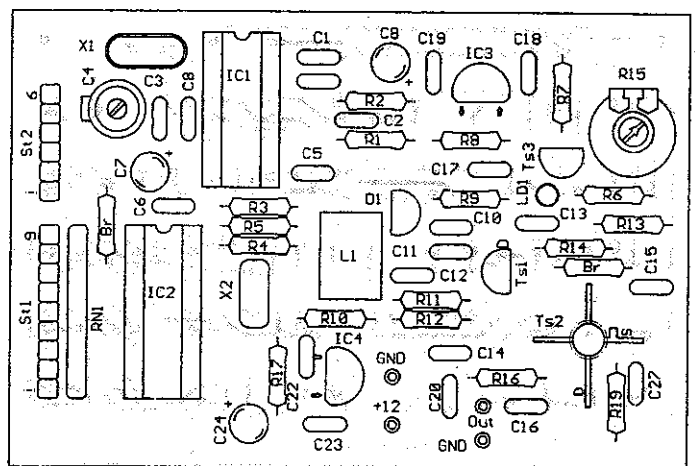


Bild 4: Bestückungsplan der PLL-Leiterplatte (DIL-IC-Variante)

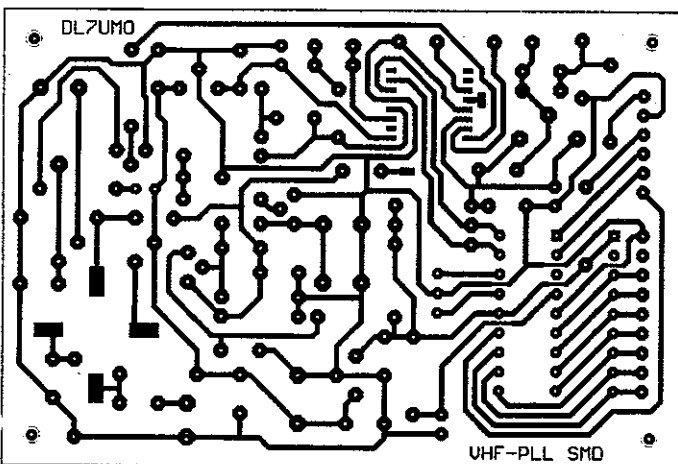


Bild 5: Leitungsführung der Platine für die PLL (SMD-IC-Variante)

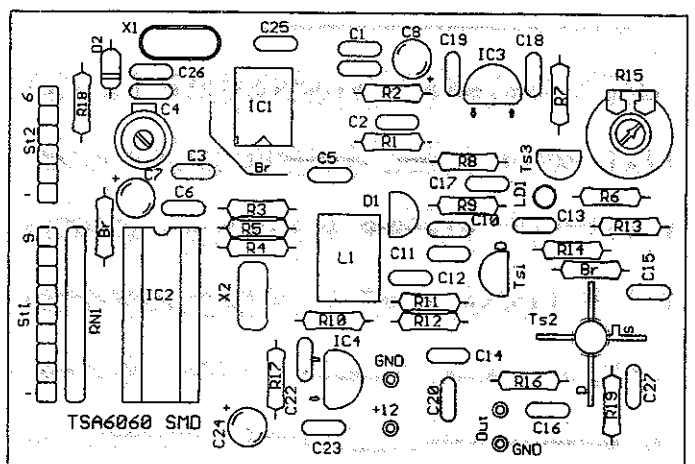


Bild 6: Bestückungsplan der PLL-Leiterplatte (SMD-IC-Variante)

hier als „Durchblick“ zur Unterseite zu betrachten. Drain und Source zeigen also jeweils nach außen. Gleiches gilt für den TSA 6060 in der SMD-Variante. Auch hier „Durchblick“.

■ Abgleich

Der Abgleich stellt im Prinzip kein Problem dar: Im komplett bestückten Zustand zieht die Baugruppe mit Anzeige bei 12 V einen Strom von etwa 50 mA. R15 wird nun voll aufgedreht, C4 befindet sich ungefähr in Mittelstellung. R8 wird an der Seite des

TSA 6060 einseitig abgelötet. Ein Potentiometer von etwa 20 bis 50 kΩ wird zwischen +9 V und Masse (GND) angeschlossen. Der Schleifer geht zum abgelöteten Anschluß von R8. Das Potentiometer ist so einzustellen, daß an seinem Schleifer eine Spannung von ungefähr 4 V liegt. Am Ausgang (Kontakt Out) ist ein Frequenzzähler anzuschließen. Nach Einschalten der Betriebsspannung sollte er zwischen 120 und 150 MHz anzeigen. Durch Variieren der Abstimmspannung (vom Potentiometer geliefert) läßt sich die Frequenz verändern.

legen. Der Abgleich von C4 erfolgt wie oben beschrieben. C26 wird durch den zunächst provisorischen Einbau einer Kapazität im Bereich von 47 bis 82 pF realisiert. Schalten von S1 auf -12,5 kHz verschiebt die Ausgangsfrequenz um einen bestimmten Betrag nach unten. Durch die Wahl eines geeigneten Wertes für C26 läßt er sich auf -12,5 kHz festlegen.

■ Verbindung mit dem Empfänger

Die Ankopplung an den Einkanalempfänger ist in Bild 1 dargestellt. Auf der Empfängerleiterplatte, [1], [2], sind L5, C24, VT2 sowie C26 zu entfernen. C26 ersetzt man durch eine Kapazität von etwa 10 pF. Ein dünnes Koaxialkabel verbindet den HF-Ausgang der PLL mit dem Empfänger. Dabei ist die Seele in ein jetzt freies Lötauge der entfernten Bauelemente einzulöten, die Abschirmung an einem Gehäuselötauge des Filters L5. R15 wird auf maximale Lautstärke eines empfangenen Signals eingestellt, dann R15 bis an den Punkt zurückgenommen, von dem ab die Lautstärke gerade wieder abnimmt.

■ Sonstiges

Der freie Port RB6 des PIC ist einer späteren Version vorbehalten und nicht zu beschalten! Soll die gesamte Baugruppe mit 9 V betrieben werden, erfordert das folgende Änderungen: IC3 als 78L05, R6 in 4,7 kΩ. Der Fang- und Regelbereich der PLL verringert sich dabei, reicht jedoch für 2 MHz im Bereich 133,3 bis 135,3 MHz noch aus.

Im Stromlaufplan und im Layout wurde C9 vorgesehen. Bei Bedarf kann man hier einen Kondensator einlöten. Geänderte Schwingkreisdaten können eine Korrektur des Schleifenfilters erforderlich machen. R2 und C1 wurden für diesen Frequenzbereich bemessen.

In der Beschaltung nach Bild 2 konnte die externe Betriebsspannung bis auf etwa 7 V reduziert werden, ohne daß Fehlfunktionen auftraten. Die Stromaufnahme verringerte sich dabei lediglich um 5 mA. Es versteht sich, daß der PIC nur im stromlosen Zustand eingesteckt oder abgezogen werden darf. Bei Bedarf sind beim Autor (Max Perner, Franz-Jacob-Straße 12, 10369 Berlin) programmierte PICs erhältlich. Unabhängig davon finden Sie das PIC-Programmlisting in der FUNKAMATEUR-Telefon-Mailbox.

Literatur

- [1] Schneider, W., DJ8ES: Einkanal-FM-2-m-Empfänger für den Ortskanal. FUNKAMATEUR 45 (1996), H. 7, S. 790
- [2] Perner, M., DL7UMO: Verbesserungen am Einkanal-FM-2-m-Empfänger, FUNKAMATEUR 46 (1997), H. 3, S. 353
- [3] Perner M., DL7UMO: LED-Display mit serieller Dreileitersteuerung. FUNKAMATEUR 47 (1998), H. 5, S. 664

Stückliste zur VHF-PLL

C1	330 nF, KDPU
C2	1 nF, KDPU
C3	10 pF, Keramik, Scheibe
C4	Trimmer 1,8 ... 30 pF, rt, RM 3,5/7,1
C5	6 pF, Keramik, Scheibe
C6,14,15,25	10 nF, KDPU
C7,8,21,24	Elektrolytkondensator 47 µF/16 V, RM 2
C9	bei Bedarf
C10	15 pF, Keramik, Scheibe
C11,12	8,2 pF, Keramik, Scheibe
C13	1 pF, Keramik, Scheibe
C16	6 pF, Keramik, Scheibe
C17	4,7 nF, KDPU
C18,19, 20,22,23	100 nF, KDPU
C26	47, 82 pF, Keramik, Scheibe, s. Text
D1	Kapazitätsdiode BB 204
D2	BAT 42
IC1	TSA 6060 oder TSA 6060T
IC2	PIC16 F84, programmiert
IC3	78 L 09
IC4	78 L 05
L1	3 Wdg., 1-mm-Cu, 8 mm lang, auf Spulenkörper 11 mm × 8 mm × 20 mm ohne Kern
R1,8,9,18	51 kΩ
R2	390 kΩ s. Text
R3	18 Ω
R4,5,7,17	10 kΩ
R6	6,2k
R10	100 Ω
R11,13,14	100 kΩ
R12	470 Ω
R15	Einstellregler 100 kΩ, PT10LV
R16	1,8k
RN1	Netzwerk SII 8+1, 10 kΩ
T1	BF 246A
T2	BF 981
T3	BC 337/16 o. ä.
T1	BF 246A
T2	BF 981
T3	BC 337/16 o. ä.
X1	keramischer Schwinger, 4 MHz, mit integrierten Kondensatoren
X2	Schwingquarz 4 MHz, HC-18U Lötstifte, 1 mm Durchmesser

alle Festkondensatoren im 5-mm-Raster
alle Festwiderstände Bauform 0207

Stückliste zum LED-Display

C1	22 nF, KDPU RM 5
C2, 3	100 nF, KDPU, RM 5
IC1	MC 14499
C2	ULN 2003
C3...6	SC 03-12 EWA
LD1	Low-current-LED, 3 mm
RL...8	820 Ω

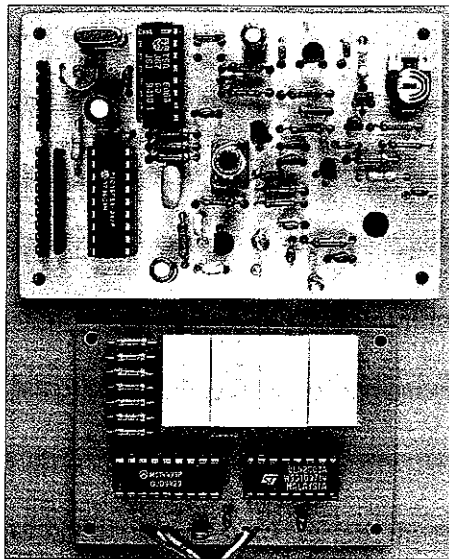


Bild 7: Muster der DIL-Variante der PLL; darauf oben der TSA 6060, darunter der PIC, in der Mitte die Spule L1 und rechts unten der auf der Unterseite eingelötete BF 981. Unten das bereits in [3] vorgestellte LED-Display
Foto: DL7UMO

Die Windungen der Spule gilt es nun so zu verschieben, daß bei etwa 4 V eine Frequenz in der Nähe 133 MHz vorliegt. Zur Korrektur kommt auch ein geeigneter Kern in Frage.

Betriebsspannung ausschalten Widerstand R8 einlöten. Nach dem Einschalten der Baugruppe zunächst die Hilfstaste Ta5 betätigen. Danach steht die Anzeige auf 4.000. S1 ist auf 0 kHz zu schalten bzw. St1/2 an Masse zu legen. Die LED LD1 wird leuchten, was den eingerasteten Zustand signalisiert. Taste Ta1 (Up) betätigen. Die Frequenz des Oszillators springt im 25-kHz-Raster nach oben. Die LED darf dabei kurz flackern, muß aber im gesamten Band 133,300 bis 135,300 MHz leuchten.

Mit den angegebenen Spulenzahlen wurde mit diesem Oszillator ohne besondere Maßnahme oder Korrektur der Bereich 125 bis 160 MHz (Anzeige jeweils +10,7 MHz) erfaßt, wobei die Abstimmspannung zwischen 1,0 und 8,5 V lag. Zum Abschluß kalibriert man C4 bei der Anzeige 4.000 auf den Meßwert 133,300 MHz.

Wird auch das Zwischenraster 12,5 kHz gewünscht, so ist S1 zunächst auf Masse zu