

Die ganze Welt der Elektronik

November 1985, DM 4.80
sfr. 5.30, öS 46.-, hfl. 6.30

11

ELO

Das Magazin für Elektronik und Computer

Zum Selberbauen

Super-Pocketcomputer

NF-PLL-Generator –
ein Spitzenmeßgerät

Dual-Spannungsteiler

Test

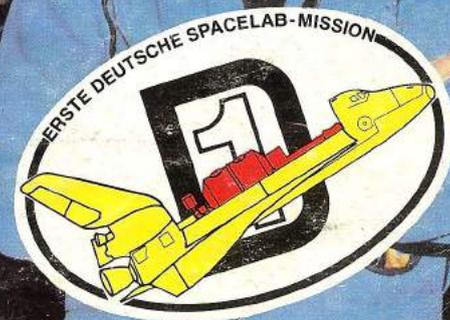
Fotokameras mit
Mikroprozessor

Report

Erste deutsche
Spacelab-Mission

Für Einsteiger

Kleinverstärker
Halbleitertechnik –
ganz einfach



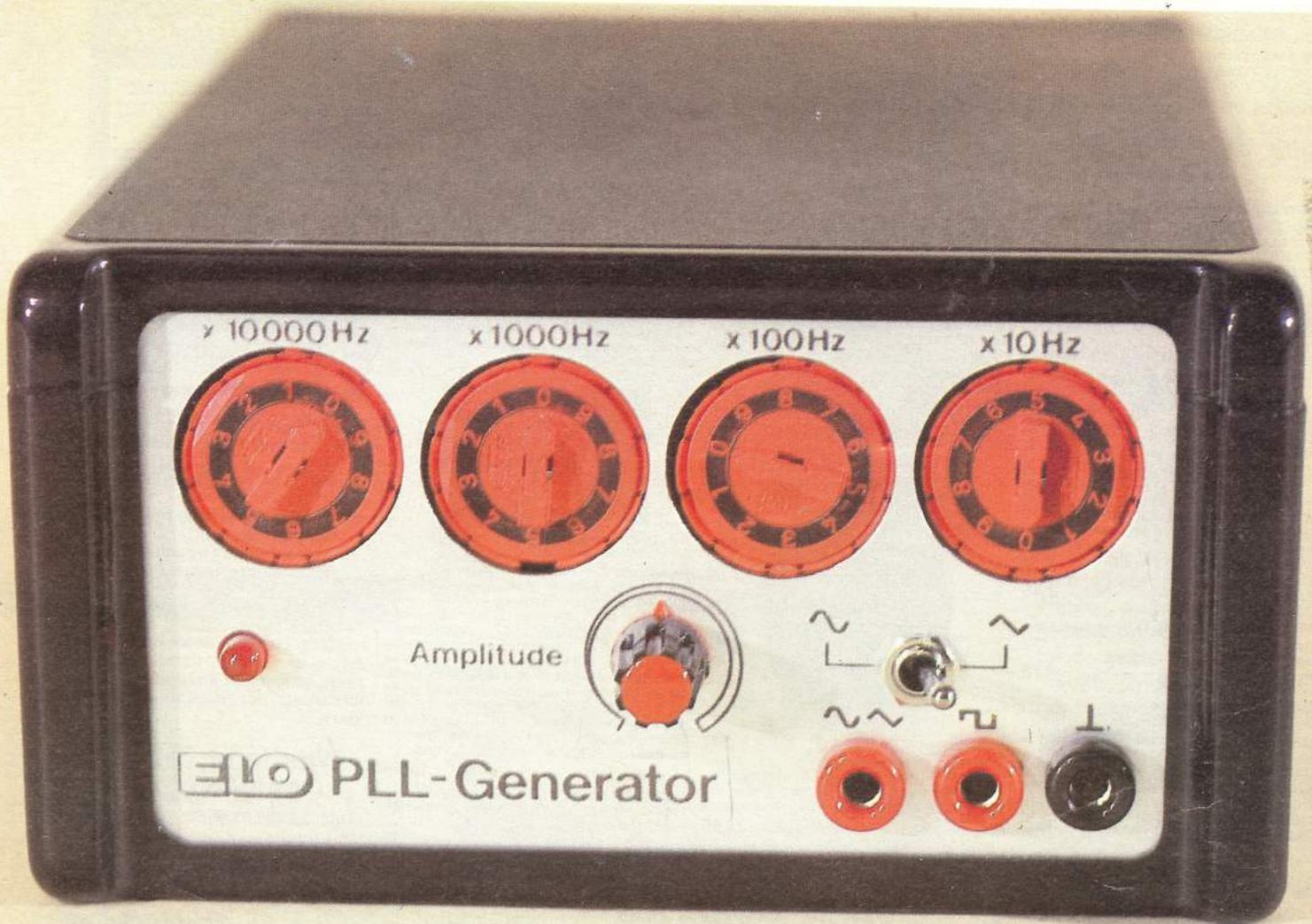


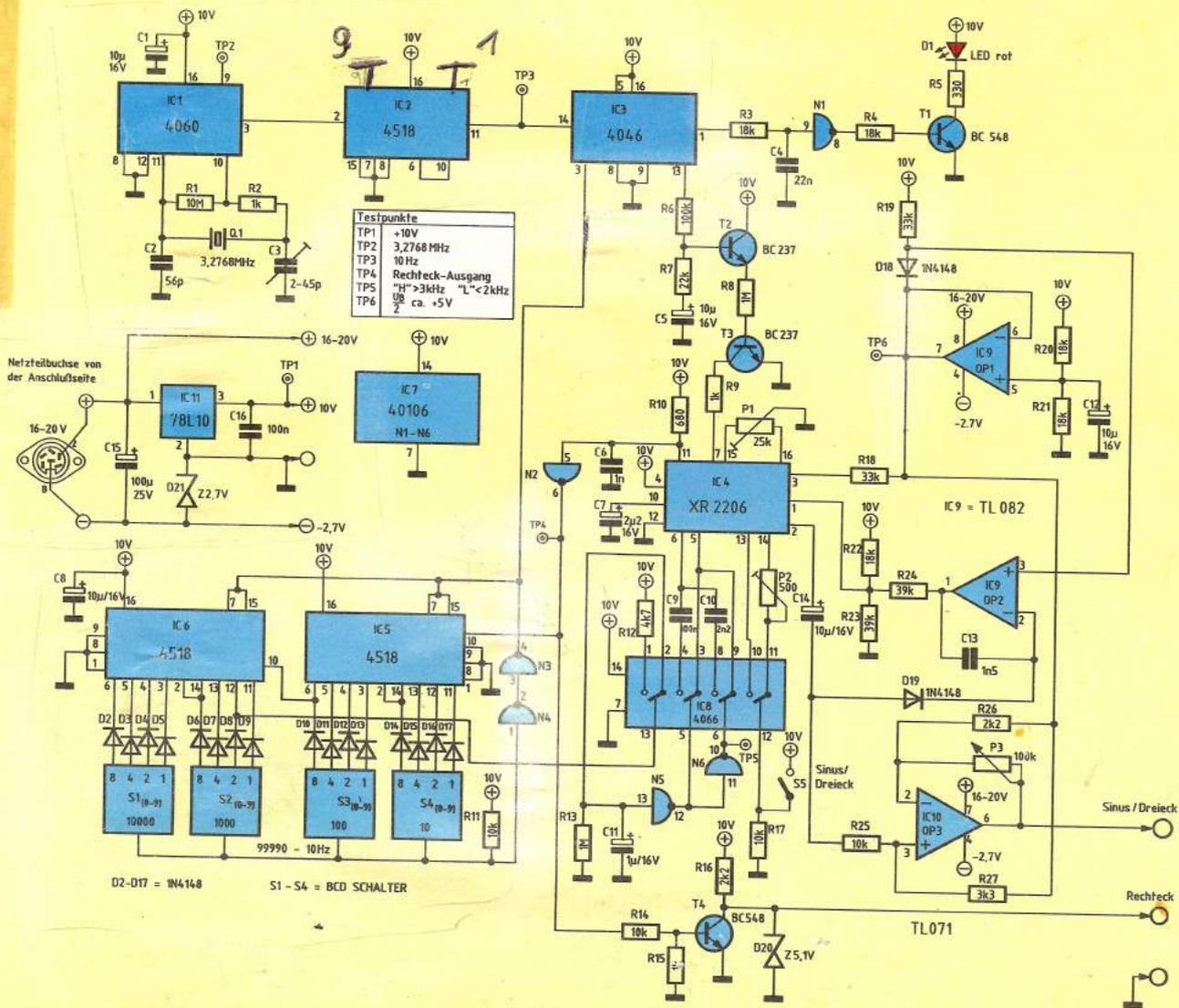
Bild 1:
Im Röhrenzeitalter wäre
das ein Riesenaufwand gewesen:
der ELO-PLL-NF-Generator.

*** Bauanleitung: NF-PLL-Generator

Der Hertz-Schrittmacher

Wenn man eine Frequenz genau braucht, muß man einen stabilen Generator samt Frequenzzähler verwenden. Wir zeigen Ihnen wie es viel besser und dazu noch billiger geht.

Eine richtige „Vieche-
rei“ ist es, wenn es
darum geht, mal mit
dem NF-Generator eine
Frequenz genau einzustel-
len. Zuerst muß man sich
fast mit dem ganzen Ober-
körper auf den Meßtisch
legen – von wegen der
„Frequenz-Verwackelungs-
gefahr“. Außerdem
braucht man dann natür-
lich einen Frequenzzähler
und dazu die absolut ruhi-
ge Hand. Will man auf
10 Hz „genau“ sein, muß
man schon auf 1 Hz genau
„auflösen“, wegen der To-
leranz des letzten Digits.
Denn wenn die letzte Stelle
über fünf anzeigt, springt
die nächste um eins in der
Anzeige weiter. Natürlich
liegt die Torzeit des Zäh-



lers dann bei 1 s. Da heißt es dann auch noch Geduld zu bewahren, denn nach jeder Einstellung gilt es wieder eine Sekunde zu warten. So dauert es mit diesem Verfahren meist eine Minute oder mehr, bis man sich dann an die Frequenz herangetastet hat – nervtötend, das kann ich Ihnen flüstern! Aber das ist ja noch nicht alles. Ist der Frequenzzähler einer von der unempfindlichen Kaste, dann muß man ihn auch noch mit „ordentlichen Dämpfen anblasen“. Braucht man für die eigentliche Schaltung jedoch nur Spannungen im mV-Bereich, wird man sich danach noch einen Abschwächer „zaubern“. Und last

not least, hat man die Frequenz dann auch wirklich mal erreicht, dauert es gar nicht lange und der „Richard-Kimble-Generator“ befindet sich schon wieder auf der Flucht. Es ist wie beim „Mäusemelken“. Solche Generatoren sind eben nicht mehr Stand der Technik. Heute muß ein NF-Generator quarzstabil und z. B. in Schritten von 10 Hz von 10...99 990 Hz – also fast 100 kHz – einstellbar sein. Daß seine variierbare Ausgangsspannung über den gesamten Frequenzbereich geregelt ist und daß sich Kurvenformen wie Sinus, Dreieck und Rechteck (TTL-Pegel!) entnehmen lassen, sollten zum Standard eines guten

Generators gehören. Doch die anderen Forderungen, wie Phasenjitter, Phasen- und Spektralreinheit lassen wir einmal getrost weg. Wir wollen ja nicht der Industrie die Arbeit wegnehmen. Hier geht es schließlich um einen Generator fürs Hobbylabor.

Synthesizer mit PLL

State of art ist nun mal in der heutigen Zeit der Oszillator nach dem Prinzip der Frequenz-Synthese. Das Herzstück für die Frequenzerzeugung ist hier der VCO (engl. Voltage Controlled Oscillator), ein mit veränderbarer Gleichspannung in der Frequenz einstellbarer Schwin-

gungserzeuger. In diesem Fall ist es der bekannte Funktionsgenerator-Baustein XR 2206, IC4. Vorteil bei diesem Bauteil ist, daß intern auch eine Dreieck- und Sinusspannung schon erzeugt wird.

Die Frequenz wird durch eine Phasenregelschleife (PLL, engl. Phased Locked Loop) konstant gehalten. Dazu benötigt man zuerst einmal eine genaue Referenzfrequenz. Sie wird mit einem 3,2768-MHz-Quarz im 4060, IC1, erzeugt und intern gleich auf 200 Hz geteilt – Pin 3 – und mit dem ersten 4518, IC2, zuerst durch 10 und dann durch 2 auf 10 Hz heruntergeteilt. Das 10-Hz-Referenzsignal erhält der PLL-

ELO-PRAXIS

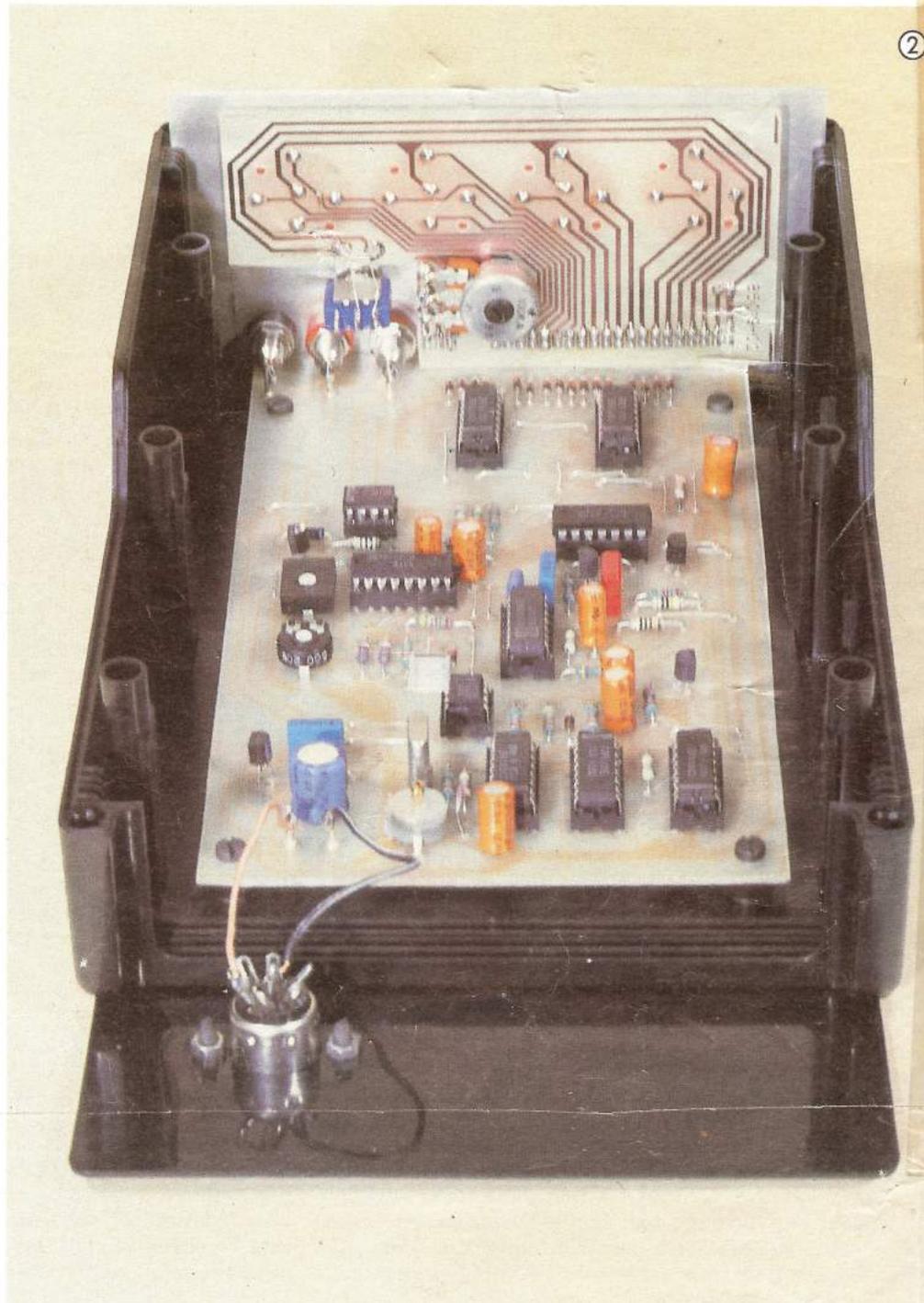
4046-(IC3-)Baustein. Aber das ist natürlich noch nicht alles. Die Ausgangsfrequenz des VCOs wird als Rechtecksignal am Pin 11 abgenommen und dem Schmitt-Trigger N2 zugeführt. Sein Ausgang speist einmal die Rechteck-Ausgangsstufe mit T4 (BC 548), dessen Ausgangssignal mit einer Zenerdioden (D20, Z5,1) auf TTL-Pegel begrenzt wird. Zugleich wird aber auch noch mit dem Ausgangssignal von N2, IC5 und IC6, je ein 4518, jedes IC enthält zwei 10er-Teiler, an Pin 10 angesteuert. Durch die Dioden und BCD-Schalter wird ein UND-Gatter realisiert und die Zähler werden durch die Rückkopplung auf die Reseteingänge damit zu programmierbaren Zählern. Wird z. B. 0248 = 2480 Hz mit den Codierschaltern eingestellt, so liegt der 10-k Ω -Widerstand R11 an den dafür zuständigen Dioden der Zähler. Zählt nun der Zähler hoch, so liegt durch die Programmierung der Schalter immer ein Ausgang auf L und somit auch R11. Wenn nun der Zählstand 0248 erreicht wird, dann liegen die jeweiligen Ausgänge auf H und die Dioden sperren. Die Spannung an R11 geht somit auf H und über die zwei Inverter werden die Zähler zurückgesetzt. Das Spiel beginnt von neuem bis wieder der eingestellte Zählstand von 0248 erreicht ist. Die Oszillatorfrequenz ist somit durch 248 geteilt.

Doch mehr noch aus der Trickkiste

Aber damit wäre noch lange nicht die Regelschleife geschlossen. Der Funktionsgenerator-Baustein XR-2206 (IC4), er wird über seinen Stromausgang (CCO, engl. Current Control Oscillator) gesteuert, bekäme noch nicht die richtige Ansteuerung. Das Resetsignal aus den programmierbaren Zählern

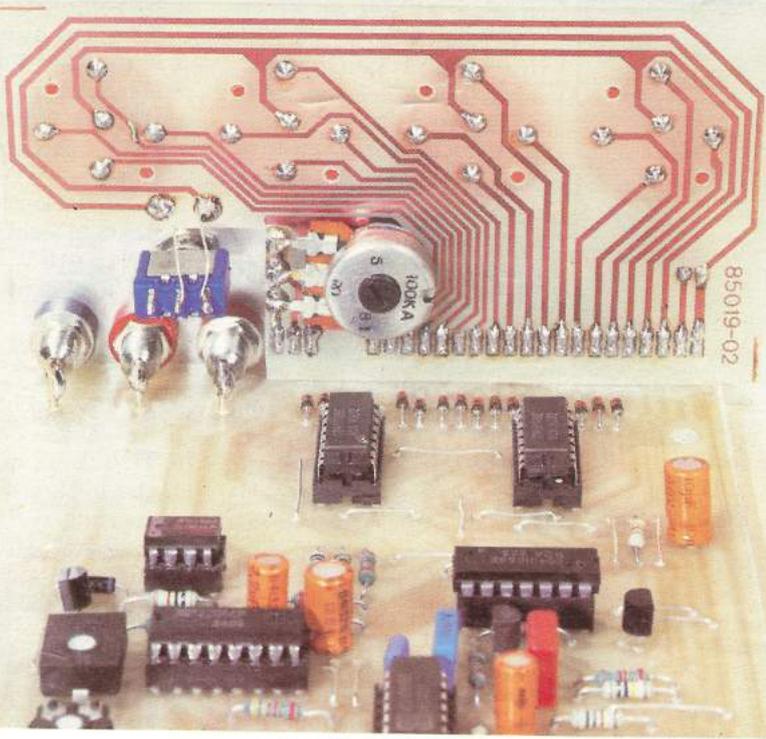
wird also noch dem 4046 an Pin 3 „verpaßt“. Er vergleicht nun Soll mit Haben und erzeugt aus der Differenz jeweils einen Wechsel in der Frequenz-Steuer gleichspannung. Ist das der Fall, dann leuchtet zugleich D1 (LED), die Unlocked-Diode. Die Steuerungsspannung wird Pin 13 des 4046 entnommen und über das Loop-Filter (R6, R7, C5) dem Impedanzwandler T2 zugeführt. T2 liefert den Basisstrom für den Strom-

regler T3, der den CCO-Ausgang, Pin 7 von IC4 steuert und somit die Oszillatorfrequenz verändert. Frequenzbestimmend ist der Strom von Pin 7 nach Masse, der zwischen 1 μ A und 3 mA betragen kann sowie der Wert des Kondensators zwischen Pin 5 und 6. Ist die eingestellte Oszillatorfrequenz von 2480 Hz erreicht, so ist die Regelschleife geschlossen. D1 erlischt. Allerdings läßt sich mit



Der Filterabgleich wird mit dem PLL-Generator zum Spaß

3



4

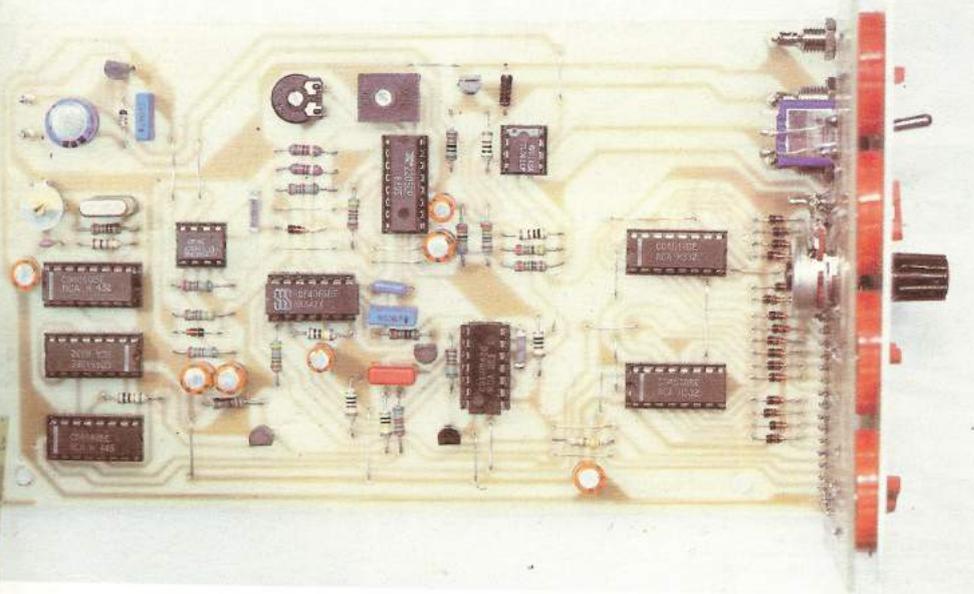


Bild 2:
So sieht der PLL-NF-Generator von innen aus.

Bild 3:
Die Stellplatine steckt in der Basis-Leiterplatte.

Bild 4:
Kontrollieren Sie nochmals alles genau, bevor Sie den IC-Verkaufs-Umsatz „drastisch“ erhöhen.

dem XR 2206 leider nur ein Frequenzverhältnis von 2000 : 1 einstellen. So ergäbe sich ein Frequenzbereich von 10...20 000 Hz. Um also den gesamten Bereich zu überstreichen, wird der Kondensator zwischen den Pins 6 und 7 umgeschaltet. Wird eine höhere Frequenz als 2 kHz eingestellt, so liegt an IC6 Pin 12 ein Rechtecksignal, das den Analogschalter 4066 (IC8) schaltet und über R12 +10 V an den

Eingang von N5 legt. R13 und C11 werden aufgeladen. N5 und N6 steuern dann jeweils die Analogschalter, die ihrerseits die frequenzbestimmenden Kondensatoren C9 und C10 umschalten. Die Amplituden von Sinus- und Dreieck-Kurvenform sind leider unterschiedlich (V_{ss}). Doch der RX 2206 ist ja auch noch in der Amplitude modulierbar. Und diesen Umstand kann man sich zunutze machen. Was

Stückliste

- Halbleiter:**
- 1 4060, IC1
 - 3 4518, IC2, 5, 6
 - 1 4046, IC3
 - 1 XR 2206, IC4
 - 1 40106, IC7/N1-N6
 - 1 4066, IC8
 - 1 TL 082, IC9/OP1, 2
 - 1 TL 071, IC10/OP3
 - 1 78L10, IC11
 - 1 LED rot, D1
 - 18 1N 4148, D2...19
 - 1 Z5, 1, D20
 - 1 Z2, 7, D21
 - 2 BC 548, T1, 4
 - 2 BC 237, T2, 3

- Widerstände**
- 1 10 M Ω , R1
 - 1 1 k Ω , R2
 - 2 18 k Ω , R3, 4
 - 1 330 Ω , R5
 - 1 100 k Ω , R6
 - 1 27 k Ω , R7
 - 2 1 M Ω , R8, 13
 - 3 1 k Ω , R9, 15
 - 1 680 Ω , R10
 - 4 10 k Ω , R11, 14, 17, 25
 - 1 4,7 k Ω , R12
 - 2 2,2 k Ω , R16, 26
 - 2 33 k Ω , R18, 19
 - 3 18 k Ω , R20, 21, 22
 - 2 39 k Ω , R23, 24
 - 1 3,3 k Ω , R27

- Kondensatoren:**
- 5 10 μ F/16 V Elko, C1, 5, 8, 12, 14
 - 1 56 pF/ker., C2
 - 1 2-45 pF, Trimmer, C3
 - 1 22 nF, C4
 - 1 1 nF, C6
 - 1 2,2 μ F/16 V, C7
 - 2 100 nF, C9, 16
 - 1 2,2 nF, C10
 - 1 1 μ F/16 V, C11
 - 1 1,5 nF, C13
 - 1 100 μ F/25 Elko, C15

- Sonstiges:**
- 1 25 k Ω lin, liegend, P1
 - 1 500 Ω lin, liegend, P2
 - 1 100 k Ω lin, Einbau, P3
 - 1 Quarz 3,2768 MHz
 - 6 IC-Fassungen, 16polig
 - 2 IC-Fassungen, 14polig
 - 2 IC-Fassungen, 8polig
 - 1 DIN-Einbaubuchse, 6polig
 - 1 DIN-Stecker, 6polig
 - 1 Schalter 1polig, EIN
 - 2 Meßbuchsen, rot
 - 1 Meßbuchse, schwarz
 - 4 BCD-Codierschalter AMP oder nach Wahl
 - 1 Gehäuse
 - 1 Platine ELO 85019-01
 - 1 Platine ELO 85019-02

ENTLÖTKOLBEN EL 220 EL 24

**Erhitzen und absaugen
mit einem Gerät,
in einem
Arbeitsgang!**



**Neu für Werkstatt
und Service**

- LötKolben und Saugpumpe in einem.
- saugt selbst bei doppelt kaschiierten Leiterplatten alles Lot einwandfrei ab
- mit Langzeitspitze
- optimale Absaugung durch gleichmäßige Wärmeausbreitung
- keine Beschädigung von Leiterplatten und Bauteilen
- mit Reinigungsset

Wir liefern über den Fachhandel. Prospekt MP 011 u. Bezugsquellen erhalten Sie direkt von uns. Postfach 1120, 6101 Reichelsheim

**KÖNIG
ELECTRONIC**

ist also leichter als einen Regelverstärker, TL 082, (IC9/OP1, 2) aufzubauen, um diesem Manko ein Ende zu bereiten. An Pin 1 des XR 2206 wird die Amplitude geregelt. An Pin 2 wird das eigentliche Ausgangssignal abgegriffen und dem Ausgangsverstärker, einem TL 071 (IC3/OP3) zugeführt. Die Ausgangsamplitude läßt sich zwischen 0,3...13 V_{SS} einstellen. Alle guten Dinge sind drei. So gibt es also noch einen dritten Trick aus der Kiste. Ein sauberes Rechtecksignal ist es nicht, was da aus Pin 11 des XR 2206 herauskommt. Deshalb wird es gleich mit C6 „verschleifen“, dem Inverter N2 zugeführt – der arbeitet wie ein Schmitt-Trigger – und dann ist es brauchbar.

Einschalten und abgleichen

Wenn alles, wir haben es ja schon öfters berichtet, sauber bestückt und verlötet ist, kann es ja losgehen mit dem „Rauchtest“, den Indianersignalen. Aber vorher vielleicht noch ein Hinweis. Sie können sich auch statt der Dreh-Codierschalter andere besorgen, wegen dem professionellen Styling. Allerdings, wie Sie schon aus dem Begriff entnehmen, liegen die dann im Preis auch höher. Außerdem muß dann eine „Open-Wire-Realisierung“ für den Aufbau der Schalter erhalten, weil's sonst nicht mehr „paßt“. Sie sollten dann aber richtige „Damenradschalter“ verwenden. Denn wenn sie Codierschalter mit zwei Betätigungsdrückern verwenden, oben mehr, unten weniger, so schieben Sie das relativ leichte Gehäuse über den Meßtisch.

Also dann fangen Sie mal an:

1. Sämtliche Einsteller in Mittenstellung, Ausgangsspannungs-Poti auf „9 Uhr“.

2. Kurvenform: Dreieck, S 5 somit offen.
3. Frequenz auf 910 Hz einstellen.
4. $U_B \geq 16 V \leq 20 V$ anlegen, Stromaufnahme 30 mA.
5. LED flackert und muß dann erlöschen (ca. 1 s).
6. TP 1: +10 V
7. TP 2: Pin 9, IC1 = 3,2768 MHz
8. TP 3: Pin 11, IC2 = 10 Hz
9. TP 4: Rechteck am Ausgang
10. TP 6: $U_B/2$ ca. +5 V
11. Oszilloskop an Sinusausgang
12. Sauberes Dreieck einstellen, P1 auf ca. 10 Uhr einstellen (Mittenstellung = 12 Uhr), bei P3 min. 0,3 V_{SS}.
13. Wenn die Ausgangsspannung plötzlich sich drastisch ändert, Stromversorgung aus- und wieder einschalten.
14. Abgleich wiederholen.
15. Ausgangssignal mit P3 auf 5 V_{SS} einstellen.
16. Auf Sinus mit S5 umschalten, S5 geschlossen.
17. Mit P2 annähernd sauberen Sinus einstellen (synthetisch, leichte Spitzen!), Stellung ca. 3 Uhr.
18. Beim Umschalten von Dreieck auf Sinus darf sich die Ausgangsspannung nicht verändern.
19. **Achtung:** Es kann passieren, daß IC10 zum Schwingen neigt. Dies entsteht, wenn P3 auf Minimum steht.
20. TP 5: Pin 10, IC7/N1...6: $H \geq 3 \text{ kHz}$, $L \leq 2 \text{ kHz}$

Damit ist der Abgleich beendet. Mit Sicherheit werden Sie feststellen, daß das Ausgangssignal „jittert“, in seiner Frequenz sich etwas verändert, somit ein Phasenmodulationsanteil vorhanden ist. Das ist bei Synthesizer-Oszillatoren jedoch nichts Außergewöhnliches und nur mit großem Aufwand zufriedenstellend zu beseitigen.

René Füllmann
Manfred Klose
EVO 11/1985

MACCOM 2000
von Böhm



Measuring And Controlling **COM**puter

MACCOM 2000

- universeller Steuercomputer
- entlastet den Homecomputer beim Messen, Steuern, Regeln
- entstanden in Zusammenarbeit mit dem WDR-Computerclub und der Fachzeitschrift ELO
- preiswerter Selbstbau

Nähere Informationen kostenlos von
Böhm Kühlenstraße 130-132
4950 Minden
Telefon (05 71) 5045-0

der
Steuercomputer
im Bausatzsystem