

VHF-UHF Frequency Multiplication with Differential Amplifiers

by DL 7HG

The generating of oscillator frequencies in the UHF and SHF range is usually done by multiplying the frequencies of crystal oscillators, by filtering the wanted harmonics. This method has the wellknown disadvantages of poor efficiency and selectivity. Additional amplifier stages and filters are required, when a clean signal is wanted (the lack of this is mostly the reason of the unsatisfying performance of many 23 and 70 cm receivers).

A more convenient method of multiplying is the use of "real doubler" circuits: The input terminals of two symmetric amplifier elements are fed in "push-pull" configuration, while their output terminals are connected in parallel. (This is similar to a full wave rectifier). Such doubler circuits are wellknown, but realized rarely at VHF, because of the difficulty to get good symmetry with conventional transistors or tubes. Nowadays there are ICs available, which combine high symmetry with high transit frequencies at moderate prices. So it is worth to look, if the "real doubler" is more suited for our purpose, because it provides higher gain and suppression of the odd harmonics and the basic frequency as well.

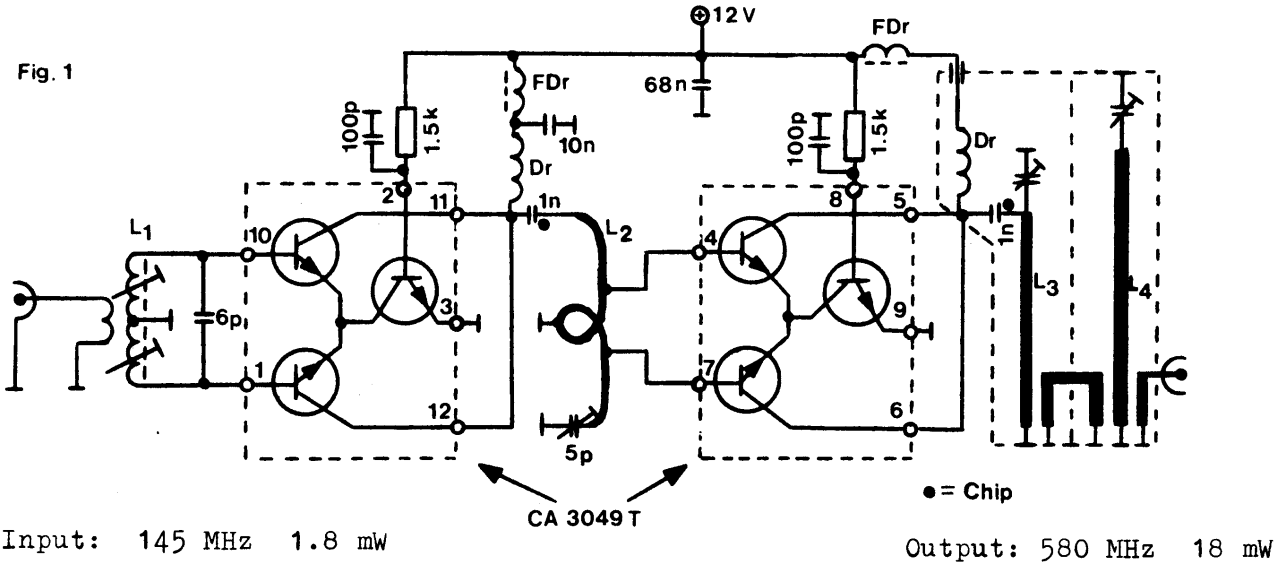
A test circuit, multiplying from 145 to 580 MHz, was made as shown in Fig. 1. The IC is of the type CA 3049T (RCA). It contains two differential amplifiers made up with transistors, which have transit frequencies of abt. 1.3 GHz. Two doubler stages, one following the other, are realized. The problem was to arrange three resonant circuits with minimum distances and low interference around the IC. Figs. 2a and 2b show, how it can be done: The IC is soldered to the copper clad side of an epoxy board, just beneath the shielding of the 580 MHz strip line circuit (L3), to achieve minimum length from the collectors (pins 5 and 6) to the inner inductor. The series tuned 290 MHz LC-circuit (L2) is arranged in a plane just above the T0 5 can, providing short and equal lengths of the base connections (pins 4 and 7) and of the prestage collector connections as well (pins 11 and 12). The 145 MHz LC-circuit (L1) is located at the other side of the epoxy board. Symmetry of L2 is achieved by soldering the grounding wire of the center tap to its best place on the inductor (maximum output). Data of L2, a "hybrid" of a strip line and a coil inductor, are: (ref. to fig. 2) $a = 40 \text{ mm}^+$, $b = 17 \text{ mm}$, $c = 12 \text{ mm}$ (center turn diam.); wire diam. is 1.5 mm. The dimensions are not critical. L1 is adjusted by two ferrite cores, tuning both halves of the coil separately. Data are: 5 turns 7 mm diam., center tapped; (coil for coupling test generator has 1 turn). The inductor of L3 is shortened to 35 mm, considering the two collector capacities.

Various biasing circuits for the IC were tested. Best gain and output power were achieved with the simple circuit of fig. 1: The (originally constant current) transistor between the emitters and ground is driven into saturation by a high base current. The resistor of 1.5 kOhm limits the current to a value somewhat below the maximum rating of 10 mA. The supply voltage should not exceed 13 V (maximum rating is 15 V).

The circuit provides an output power of 18 mW at 580 MHz, when fed with 1.6 mW at 145 MHz. This means an overall gain of 11 dB, including the loss of the filter at the output, which increases the selectivity. The output power decreases, when the input is overloaded.

⁺) All dimensions are given in millimeter. For converting to inches divide by 25.4

Fig. 1



sketch of arrangement

Fig. 2a

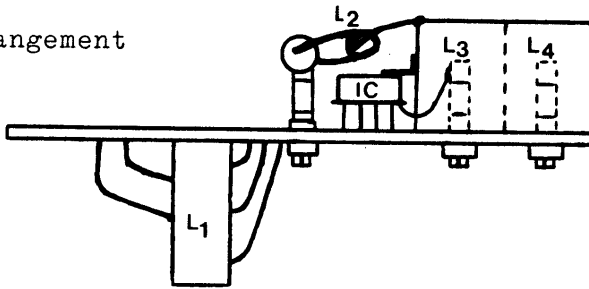
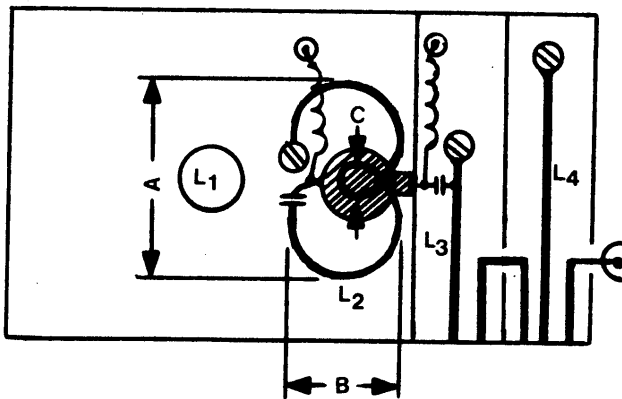


Fig. 2b



CA 3049 T
 Connection scheme
 (view from below)

FREQUENZVERVIELFACHUNG MIT DIFFERENTIALVERSTÄRKERN

von DL 7 HG

Die Erzeugung von Frequenzen im UHF- und SHF-Gebiet wird meistens mit Frequenzvervielfachung von Quarz-Frequenzen, wobei die gewünschte Oberwelle herausgefiltert wird. Dieses Verfahren hat bei einfachen Verstärkerelementen den Nachteil, daß der Wirkungsgrad sehr gering ist, sodaß weitere Stufen zur Verstärkung erforderlich sind. Eine einfachere Methode ist es, echte Verdopplerstufen mit je zwei Verstärkerelementen zu verwenden, die eingangsseitig im Gegentakt angesteuert werden, während ihre Ausgänge parallel geschaltet sind (entsprechend einem Vollwellengleichrichter). Solche, längst bekannten Verdoppler wurden bisher im UKW-Bereich kaum angewendet, weil es schwierig war, die erforderliche Symmetrie der Verstärkerelemente zu erreichen. Nunmehr sind integrierte Schaltkreise verfügbar, die symmetrisch aufgebaute Transistoren mit hoher Transitfrequenz enthalten. Deshalb wurde eine Versuchsschaltung entwickelt, um die Brauchbarkeit solcher IS für Amateurzwecke zu prüfen, weil ein höherer Gewinn pro Stufe und eine erheblich bessere Unterdrückung der ungeradzahligen Harmonischen und der Grundfrequenz zu erwarten ist.

Die Versuchsschaltung zeigt Fig. 1. Sie besteht aus zwei hintereinander geschalteten Verdopplern, die zusammen von 145 auf 580 MHz vervierfachen und mit der IS CA 3049T (RCA) aufgebaut wurden. Diese IS hat eine Transitfrequenz von 1,3 GHz. Sie enthält zwei Differential-Verstärker. Das Hauptproblem war, drei Resonanzkreise um die IS mit kurzen Zuleitungen, aber geringen wechselseitigen Verkoppelungen anzuordnen. Fig. 2a und 2b zeigt, wie das geschehen kann: Die IS wird auf der kupferbeschichteten Seite einer Platine angeordnet, direkt neben der Seitenwand des 580 MHz-Streifenleitungs-Kreises (L3), um minimale Abstände von den Collectoren (Pin 5 und Pin 6) zum Innenleiter zu erhalten. Der serienabgestimmte Kreis für 290 MHz (L2) wird oberhalb des TO 5-Gehäuses angeordnet mit einer Mittelanzapfung, die an der Seitenwand des Streifenleitungs-Kreises geerdet ist. Der LC-Kreis für 145 MHz ist auf der anderen Seite der Platine angeordnet. Der Anschluß der Mittelanzapfung von L2 kann zur Einstellung der besten Symmetrie verschoben werden. L2 ist ein "Hybrid" zwischen LC- und Streifenleitungs-Kreis. Seine Maße sind: Drahtstärke 1,5 mm \varnothing , A = 40 mm, B = 17 mm, C = 12 mm (s. Fig. 2b). Die Maße sind nicht kritisch. L1 wird mit zwei Ferritkernen abgeglichen, die auf je eine Spulenhälfte wirken und wechselseitig auf beste Symmetrie eingestellt werden. Die Maße sind: 5 Windungen bei 7 mm \varnothing mit Mittelanzapfung. Die Eingangskoppelpule hat eine Windung. Der Innenleiter von L3 ist auf 35 mm gekürzt, um die kapazitive Belastung durch die zwei Kollektoren zu berücksichtigen.

Die Einstellung des Gleichstrom-Arbeitspunktes wurde vielfältig variiert. Als günstigste Anordnung stellte sich die in Fig. 1 gezeigte Schaltung heraus, bei der -ursprünglich als V_{CC} -konstant-Strom-Quelle vorgesehene Längstransistor- durch einen hohen Basisstrom fast 10 mA in die Sättigung getrieben wird. Die Versorgungsspannung soll 13 V nicht überschreiten.

Die Schaltung liefert 18 mW bei 580 MHz mit einer Ansteuerung von 1,6 mW bei 145 MHz. Das entspricht einer Gesamtverstärkung von 11 dB, wobei die Verluste des Ausgangsfilters schon darin enthalten sind. Die Ausgangsleistung sinkt, wenn die Eingangsleistung über den angegebenen optimalen Wert hinaus erhöht wird.