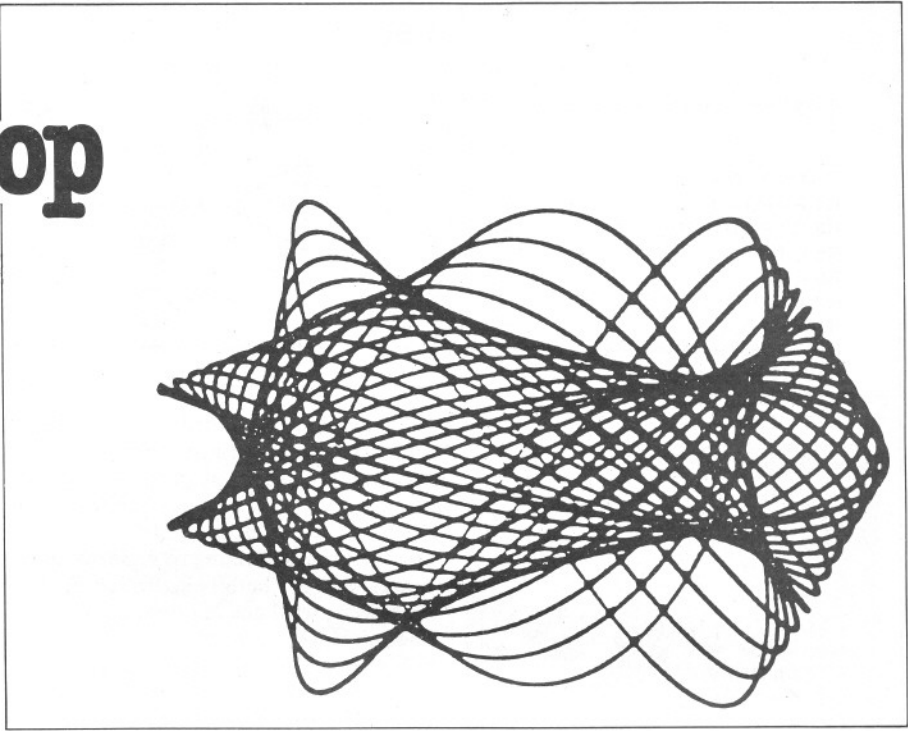


Spiraloskop



Ein Oszilloskop ist ein vielseitiges und für den Laien oft beeindruckendes Meßgerät. Leider steht ein Oszilloskop während der meisten Zeit seines Lebens untätig herum; im günstigsten Fall ist dann ein horizontaler Strich auf dem Schirm zu sehen. Das Oszilloskop kann jedoch auch eine unendliche Vielfalt grafischer Muster "zaubern", wenn es geeignete Steuersignale erhält. Mit dem nachfolgend beschriebenen Spirator wird das Oszilloskop zum Spiraloskop.

M. Zirpel

Die Fotos zu diesem Artikel vermitteln bereits einen Eindruck von der Gestalt der Bilder, die mit dem Spiraloskop "gemalt" werden können. Die Bilder erinnern an Spiralmuster, wie sie häufig im Werbefernsehen zwischen zwei Spots eingefügt werden. Auch die Verwandtschaft mit grafischen Spielgeräten, die derartige Muster auf ein Blatt Papier schreiben, ist unverkennbar. Die Gesetzmäßigkeit dieser Spiralmuster wurde bereits im 19. Jahrhundert von Jules Antoine Lissajous (1822 - 1880) beschrieben; nach ihm werden sie auch "Lissajous-Figuren" genannt. Lissajous-Figuren entstehen, wenn ein Punkt eine Bewegung ausführt, die aus zwei sinusförmigen, aufeinander senkrecht stehenden Bewegungen zusammengesetzt ist. Im vorliegenden Fall bewegt sich der vom Elektronenstrahl erzeugte Leuchtpunkt in Abhängigkeit von zwei sinusförmigen Steuerspannungen, deren Frequenzen unabhängig voneinander eingestellt werden können. Die Sinusschwingungen sind gedämpft; nach dem Anstoßen nimmt ihre Amplitude einer e-Funktion folgend stetig ab.

Blockschema

Das Blockschema in Bild 1 verdeutlicht die Arbeitsweise des Spiraloskop. Zwei Oszillatoren erzeugen die beiden gedämpften Sinusschwingungen, von denen die eine die horizontale Lage (X-Signal) und die andere die vertikale Lage (Y-Signal) des Leuchtpunkts auf dem Schirm bestimmt. Sowohl die Frequenzen als auch die Dämpfungsfaktoren der Sinusschwingungen sind unabhängig voneinander einstellbar. Ferner können beide Oszillatoren über die Eingänge M_x bzw. M_y durch externe Signale moduliert werden, so daß sich

die Spiralmuster kontinuierlich oder abrupt ändern.

Da die Sinusoszillatoren nicht frei schwingen, sondern angestoßen werden müssen, ist außerdem ein astabiler Multivibrator vorhanden. Dieser startet beide Oszillatoren gleichzeitig mit einer Folgefrequenz von ca. 30 Hz. Während der Triggerung unterdrückt das Z-Signal den Leuchtpunkt auf dem Oszilloskop-Schirm, damit störende Linien während der Anstoßphase der Oszillatoren unsichtbar bleiben.

Schaltung

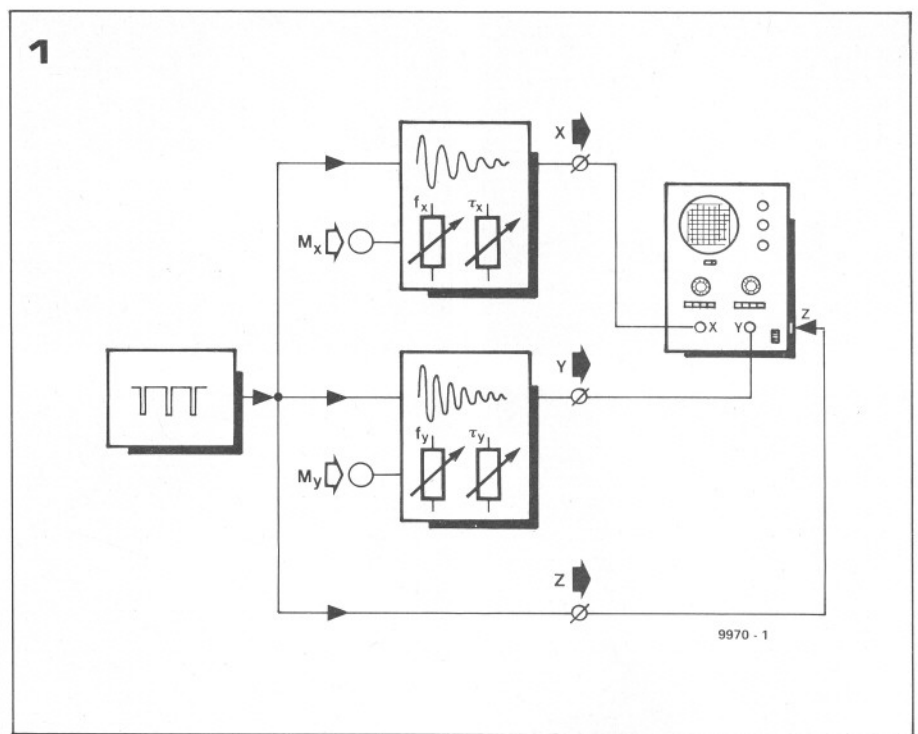
Aus Bild 2 geht die Schaltung des Spirators hervor. Der astabile Multivibrator, der die gedämpften Sinusoszillatoren periodisch anstößt, ist auf einfache Weise mit Opamp IC1 realisiert. Die Impulsfolgefrequenz liegt mit ca. 30 Hz ausreichend hoch, um auf dem Schirm ein flimmerfreies Bild zu erzeugen.

Der astabile Multivibrator liefert ein unsymmetrisches Rechtecksignal; die Ausgangsspannung von IC1 ist während des überwiegenden Teils jeder Periode hoch. Wenn jedoch der Ausgang von IC1 niedrig ist, wird der Leuchtpunkt über den Z-Eingang des Oszilloskops (sofern vorhanden) unterdrückt.

Die Sinusoszillatoren werden von den ansteigenden Flanken des Rechtecksignals getriggert. Die beiden gleichartigen Oszillatoren sind mit jeweils 3 Opamps aufgebaut; IC2, IC3 und IC4 erzeugen das X-Signal, IC5, IC6 und IC7 das Y-Signal. Die Arbeitsweise soll am Beispiel des X-Oszillators erläutert werden: Die Opamps IC2 und IC3 sind als Integratoren geschaltet; bei einer bestimmten Frequenz beträgt ihre Phasenverschiebung insgesamt 180° . Eine weitere Phasendrehung um 180° bewirkt IC4, da dieser Opamp als invertierender Verstärker arbeitet.

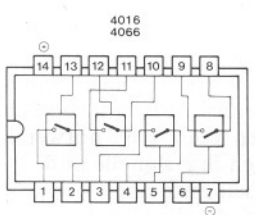
Bild 1. Das Spiraloskop besteht aus dem Spirator (Linienspielgenerator) und einem Oszilloskop. Zwei gleichzeitig angestoßene Oszillatoren erzeugen gedämpfte Sinusschwingungen, deren Frequenzen und Abklingkonstanten unabhängig voneinander einstellbar sind. Die beiden Signale werden dem X- bzw. Y-Eingang des Oszilloskops zugeführt, während ein drittes Signal (Z-Signal) den Leuchtpunkt zu bestimmten Zeiten unterdrückt.

Bild 2. Die Schaltung des Spirators ist wenig aufwendig. Werden an die Eingänge M_x und M_y geeignete Modulationssignale gelegt, so ändern sich die Spiralmuster kontinuierlich. Sinus- und Dreiecksspannungen erzeugen stetige Formverschiebungen; Schwingungen mit steilen Flanken (z.B. Rechteck, Sägezahn) bewirken dagegen abrupte Sprünge der Bildmuster.

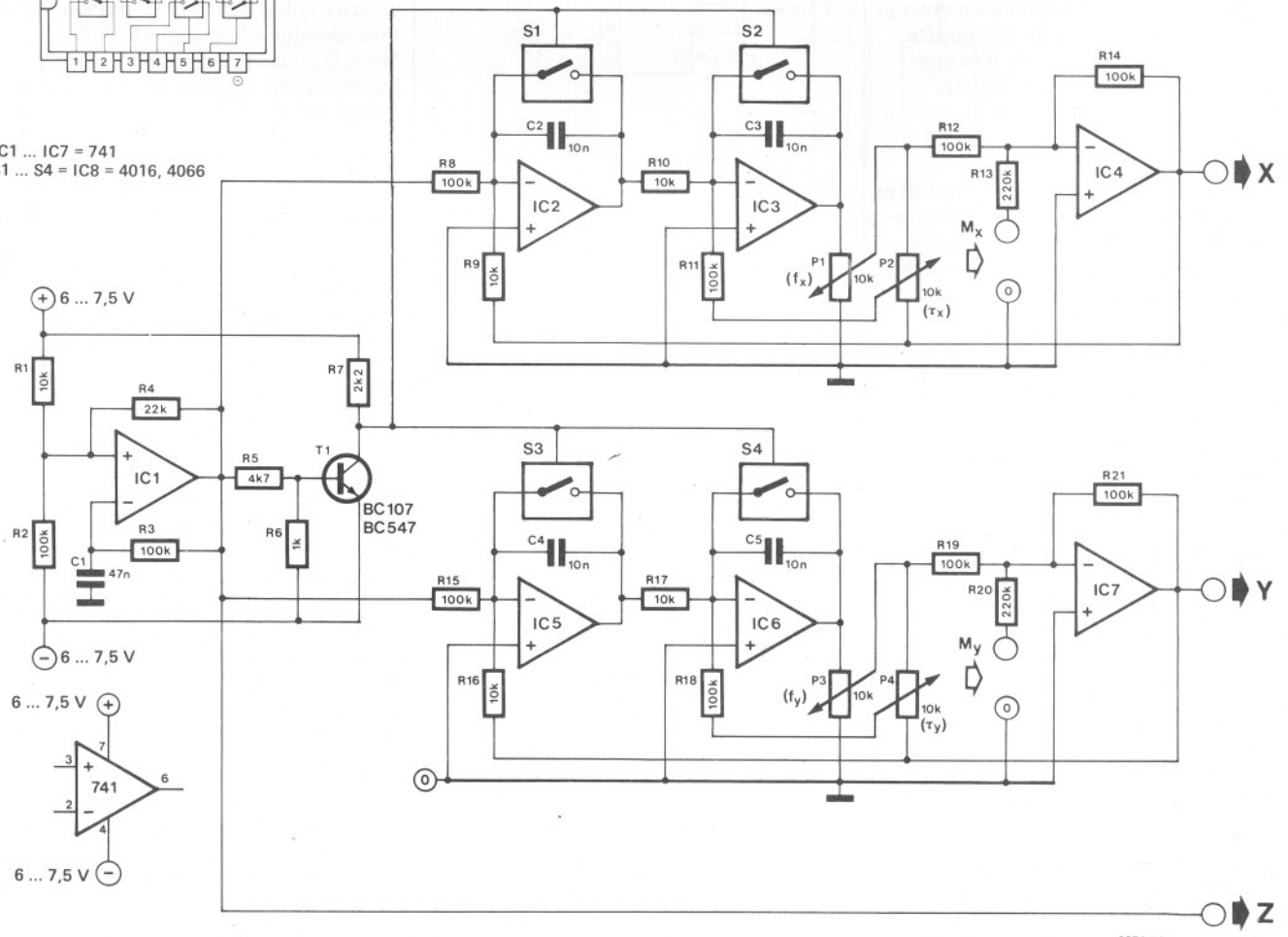


9970 - 1

2



IC1 ... IC7 = 741
S1 ... S4 = IC8 = 4016, 4066



9970 - 2

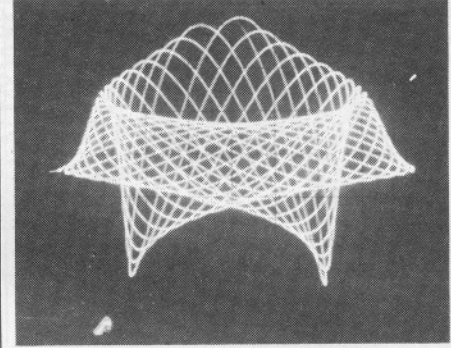
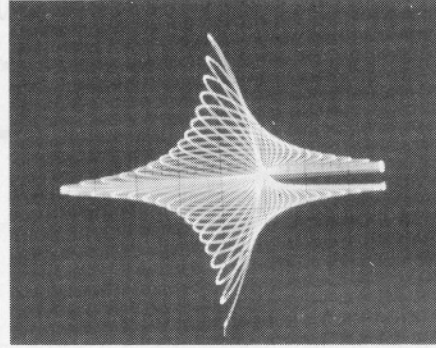
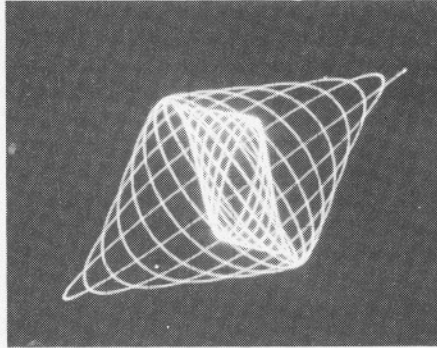
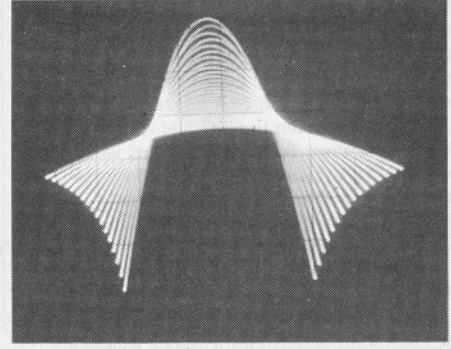
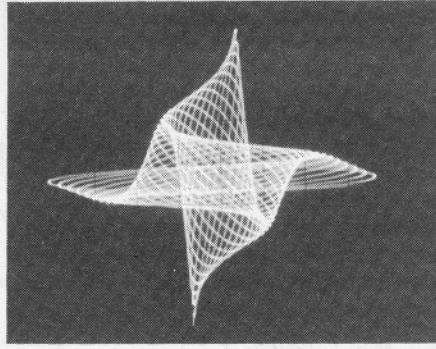
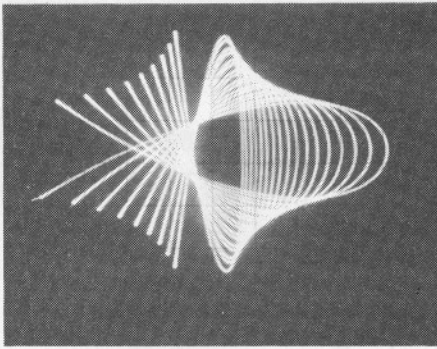


Bild 3. Diese Fotos vermitteln einen Eindruck von den kreativen Betätigungsmöglichkeiten, die das Spiraloskop eröffnet.

Daraus resultiert eine Phasendrehung von 360° zwischen dem Ausgang von IC4 und dem invertierenden Eingang von IC2, so daß eine der beiden Schwingbedingungen erfüllt ist. Die Schleifenverstärkung der drei in Serie geschalteten Opamps läßt sich mit P1 einstellen; sie kann jedoch nicht größer als 1 werden. Einmal angestoßen erzeugt der Oszillator deshalb eine gedämpfte Sinusschwingung, wobei die Abklingzeitkonstante von der Stellung des Potentiometers P1 abhängt. Die Frequenz des Sinussignals ist mit P2 einstellbar.

Ein stillstehendes Bild erscheint auf dem Schirm nur dann, wenn beide Oszillatoren stets gleichzeitig und mit gleicher Phasenrelation zueinander anschwingen. Hierfür sorgen die elektronischen Schalter S1 . . . S4. Während der Dunkeltastperiode des Elektronenstrahls (Ausgangsspannung von IC1 niedrig) werden die Integrierkondensatoren C2 und C3 bzw. C4 und C5 von den Schaltern kurzgeschlossen, so daß der Elektronenstrahl in jeder Periode an der gleichen Stelle zu schreiben beginnt. Ohne diese Maßnahme würde ein verwischtes Bild entstehen, wie es beim normalen Gebrauch des Oszilloskops ohne Triggerung oder Synchronisation der Zeitbasis sichtbar ist.

Einen noch wirkungsvolleren Effekt erhält man, wenn man dafür sorgt, daß sich das Spiralmuster langsam kontinuierlich verändert. Dies läßt sich durch eine fortlaufende Variation der Frequenz, der Dämpfung (oder beidem) vom einem oder auch beiden Oszillatoren erreichen. Eine ständige Änderung der Potentiometerstellungen von Hand ist weniger bequem; aus diesem Grund sind die beiden Steuereingänge M_x und M_y vorgesehen. An diese Eingänge können externe, niederfrequente Modulationsspannungen, zum Beispiel das Signal eines

Sinusgenerators gelegt werden. Die Signalform bestimmt hierbei den Verlauf, die Frequenz die mittlere Geschwindigkeit und die Amplitude den Grad der Bildverformung. Die Modulationssignale sollten keine Gleichspannungskomponente enthalten, da das Bild sonst zeitweise vom Schirm verschwinden kann. Falls notwendig legt man zwischen Signalquelle und Modulationseingang einen Koppelkondensator, der die Gleichspannungskomponente fernhält. Die Amplitude der Modulationssignale darf maximal $15 V_{SS}$ betragen; R13 und R20 können eventuell angepaßt werden.

Einige Oszilloskop-Typen benötigen zur Leuchtpunkt-Unterdrückung ein invertiertes Z-Signal. In diesem Fall wird das Z-Signal am Kollektor von T1 abgenommen. Sollte das Bild wider Erwarten störend flimmern, so ist die Kapazität von Kondensator C1 herabzusetzen.

Alle verwendeten Bauteile sind leicht beschaffbar und preiswert. Beim Nachbau ist auch der Einsatz von 4fach-Opamps möglich.

Wegen des geringen Strombedarfs der Schaltung (ca 20 mA) stellt die benötigte Speisung kein Problem dar. Zwei Low-Power-Positivspannungsregler (z.B. 78L06) entsprechend beschaltet (siehe Halbleiterheft 78, Nr. 56) eignen sich hervorragend zur Erzeugung der positiven und negativen Versorgungsspannung. M