

Eine Doppelquad-Antenne für UHF-Empfang

G. SCHIEDUNG

„Eine gute Antenne ist der beste Hochfrequenzverstärker.“ Diesen Wahlspruch mußte der Autor bei der Einführung des II. Programms in unserer Republik aus folgenden Gründen als oberstes Leitmotiv bei der Projektierung einer UHF-Empfangeinrichtung in den Vordergrund stellen:

- Der dem Empfangsort nächstliegende Sender war der Sender „Inselberg“ mit einer Entfernung von etwa 80 km Luftlinie.
- Die Empfangslage des Autors wird als äußerst ungünstig zu diesem Sender eingeschätzt. (Unterstadt des Wohnorts)
- Eine Antennenmontage über Dach konnte nicht vorgenommen werden, da vom Vermieter zu einem späteren Zeitpunkt Antennenverstärker geplant waren.
- Da nur ein AF 139 zur Verfügung stand, konnte aus diesem Grunde nur ein Konverter ohne Vorstufe gebaut werden.

Der Konverter selbst wurde nach seiner Fertigstellung an einer bereits im Betrieb befindlichen Antennenanlage auf den genannten Sender abgeglichen.

Da der Giebel des Hauses, in dem der Autor wohnt, quer zur Empfangsrichtung zum Sender liegt, mußten von vornherein Antennensysteme mit geringen räumlichen Abmessungen eingeplant werden. Da der Autor bei der Empfangspraxis des Bandes III mit der „Schweizer Antenne“ und dem „Cubical-Quad“ bisher ausgezeichnete Ergebnisse erzielt hatte, wurden diese beiden Antennensysteme von Anfang an in die ganz enge Wahl einbezogen.

Die jedoch auf Band IV umdimensionierten und gebauten Antennen beider Systeme brachten ungenügende, eine gestockte „Schweizer-Antenne“ gerade genügende Ergebnisse. Zumindest konnte jedoch mit dem letztgenannten Antennensystem ein günstiger Empfangspunkt im Dachgiebel fixiert werden.

Bei einer nochmaligen Betrachtung der Fachliteratur wird unter [1] die Feststellung getroffen, daß es sich bei der sagenumwobenen „Skelettschlitz-Antenne“ nicht um eine eigentliche Schlitzantenne, sondern um zwei übereinanderstehende, falsch dimensionierte Quad-Elemente handeln müsse. Es wird die Erwartung ausgesprochen, daß bei einer richtigen Dimensionierung, d. h. Erweiterung der waagerechten Schenkel eine wesentliche Steigerung des Antennengewinns zu erwarten sei. Die Leistungsfähigkeit könnte noch eine weitere Steigerung erfahren, wenn dieses Doppelquad-Element vor eine ent-

sprechende Reflektorwand gesetzt würde. Die in [2] beschriebene „Zickzack-Antenne“ dürfte die in der Praxis zur Anwendung gekommene „Doppelquad vor Reflektorwand“ sein. Bei dieser Antennenform stehen lediglich die Spitzen des Quads zueinander. Der Fußpunkt-widerstand des Systems wird mit 60Ω symmetrisch angegeben und dürfte in dieser Größenordnung günstig liegen. Ungünstig bei dieser Anordnung erscheint die mechanische Befestigung der Quads in den Spannungsmaxima, was eine hohe Isolation erfordert. Der angegebene Antennengewinn von 12 dB für ein derartiges Antennensystem mit geringen räumlichen Abmessungen ist vielversprechend. Zieht man im Zusammenhang nochmals die Abhandlungen über das Cubical-Quad [3] zu Rate, so liegt das Maximum beim Quad bei einem Abstand Strahler-Reflektor von $0,2 \lambda$.

Angegeben wird der Antennengewinn bei diesem Abstand beim Normalquad mit etwa 8 dB. Ein Doppelquad, mit im Abstand von $0,2 \lambda$ angeordneten abgestimmten Reflektoren, dürfte rein theoretisch bei etwas höherem Fußpunkt-widerstand einen noch höheren Antennengewinn, als die von den sowjetischen Amateuren zum Einsatz gebrachte „Zickzack-Antenne“, deren Abstand Strahler-Reflektor ja bei $0,1 \lambda$ liegt, haben. Bei diesem angegebenen Abstand wird das Normalquad mit etwa 6 dB angegeben. Völlig unwichtig dabei ist, ob die Quadrate auf der Spitze oder auf einer Breitseite stehen. Zu beachten ist lediglich die Lage des Speisepunktes für die horizontale oder vertikale Polarisation von Sender bzw. Antenne.

Als äußerst wichtig ist beim nicht mit der Spitze zueinanderstehendem Doppelquad anzusehen, daß die mechanische Befestigung im Spannungsminimum erfolgen kann. Da wir an diesem Punkt, wie gesagt, ein Spannungsminimum haben, kann dort eine Erdung erfolgen, bzw. es kann, wie später noch beschrieben, in Ganzmetallbauweise gefertigt werden. Der Vorteil dieser Bauweise liegt auf Grund der mechanischen Festigkeit auf der Hand.

Diese theoretisch herausgearbeiteten Vorteile wie:

- räumlich kleine Abmessungen
- günstig zu erwartender Fußpunkt-widerstand des Systems
- zu erwartender hoher Antennengewinn von etwa 12 bis 13 dB
- materialsparende Ganzmetallbauweise

gaben Veranlassung, dieses Antennen-

system zu erarbeiten und zu erproben. Als Material stand Kupfer mit einem Durchmesser von 3 mm und 5 mm zur Verfügung. Vorerst fiel die Entscheidung auf das 3-mm-Material, da dieses für Versuchsaufbauten reichhaltiger vorhanden war und sich auch leichter zu „fliegenden Montagen“ zusammenbauen ließ.

Bei der Berechnung wurde die grundlegenden Unterlagen herangezogen. Nach diesen ergibt sich für den Strahler ein Faktor von 1λ , für den Reflektor ein Faktor von $1,12 \lambda$ und für den Abstand ein Faktor von $0,2 \lambda$. Daraus ergeben sich für das zu bauende Doppelquad:

Strahler:

13,5 cm \times 27 cm, die Anschlußelemente in der Mitte der Längsseite eingelötet. Die Öffnung beträgt 1 cm.

Reflektor:

17 cm \times 27 cm, Reflektorelemente in der Mitte der Längsseite eingelötet. Die Normallänge des Reflektors beträgt zwar 15,5 cm, das Hochmaß wurde jedoch dem Querast zugegeben, woraus sich die 17 cm Breite des Reflektors ergibt.

Abstand

11 cm von Strahler zu Reflektor, realisiert durch oben und unten im Spannungsminima eingelötete Distanzdrähte.

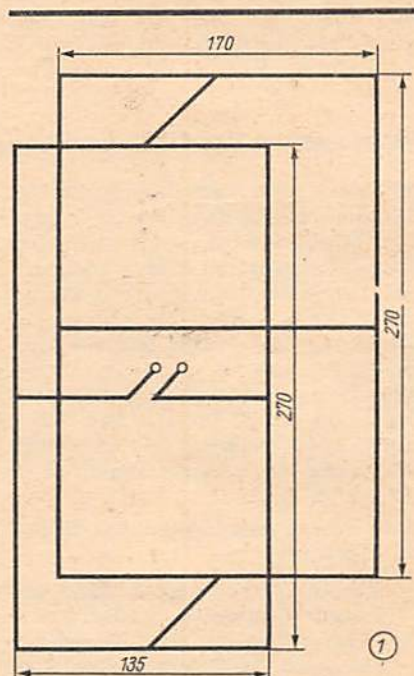


Bild 1: Aufbauzeichnung der beschriebenen Doppelquad-Antenne

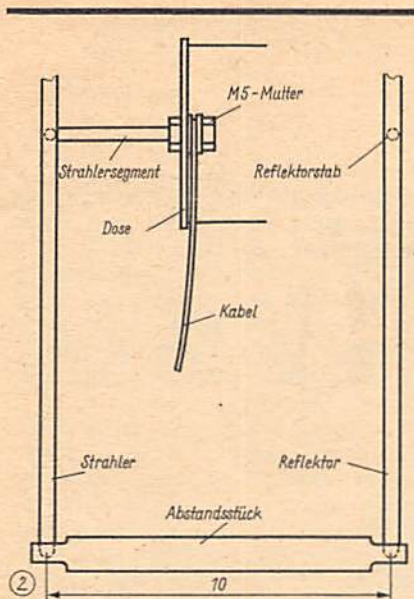


Bild 2: Skizze für den Zusammenbau von Strahler und Reflektor sowie des Anpaßgliedes. Abstandsstück aus Stahlrohr. Enden gepreßt und innig mit Strahler- und Reflektorrahmen verlötet

Die Probeantenne wurde am fixierten Punkt an $60\ \Omega$ -Koaxialkabel angeschlossen und brachte ein kontrastreiches Bild als die vordem gestockte „Schweizer-Antenne“. Da das Bild jedoch noch sehr vergrißt war, wurde ein Symmetrieglied eingebaut, was eine Verbesserung der Bildqualität erbrachte. Eine wesentliche Verbesserung der Bildqualität ergab sich jedoch bei Anschluß an $240\ \Omega$ -Bandkabel, das die Antennenenergie über eine $\lambda/2$ Umwagschleife auf das Koaxialkabel übertrug. Die Schlußfolgerung konnte daraus resultierend nur die sein, den günstigsten Anschlußpunkt durch eine

offene „Viertelwellen-Anpaßleitung“ zu erzielen und auf dieser genau den Punkt für $240\ \Omega$ -Bandkabel zu ermitteln. Rechnerisch ergab sich eine 12 cm lange Anpaßleitung, Abstand von Leiter zu Leiter 1 cm. Der Anschlußpunkt lag bei 4 cm von Strahleranschluß. Nach Einbau der „Viertelwellen-Anpaßleitung“ erbrachte die Probeantenne ein klares, kontrastreiches Bild. Bei weiteren Versuchen stellte sich heraus, daß von der Anpaßleitung nur die 4 cm ab Strahlerfußpunkt benötigt wurden, um die Güte des Bildes zu erhalten.

Für die fest zu installierende Antenne wurde Cu-Draht von 5 mm Durchmesser vorgesehen. Als Trägermaterial kam 10 mm Fe-Rohr (Pendelrohr) zum Einsatz. In die auf 12 cm Länge geschnittenen Rohre wurden 5 mm von den Rohrenden je ein 5-mm-Loch gebohrt, durch das der Cu-Draht gesteckt und dann entsprechend den Maßen gebogen wurde. Dabei stießen die beiden Drahtenden jeweils im Rohr zusammen. Die Rohrenden wurden fest um den Draht zusammengedrückt und danach wurden Rohr und Draht innig verlötet. In den Reflektorrahmen wurde in der Mitte der Reflektorstab eingelötet. Strahlersegmente und Anpaßglied wurden aus einem Stück gebogen. Das Anpaßglied wurde dabei 5 cm lang, wobei das Ende mit einem 1,5 cm langen Gewinde M 5 versehen wurde. Diese Segmente wurden fixiert und so in den Strahlerrahmen eingelötet, daß das Anpaßglied im Winkel von 90° mit seinen Enden in Richtung Reflektorstab zeigte. Der Anschluß des Bandkabels erfolgte mittels M5-Muttern. Die Abdeckung des Anschlusses erfolgte mit einer flachen, runden Salbendose, deren Deckel nach Anschluß des Kabels verklebt wurde.

Diese aus 5-mm-Cu-Draht gebaute Antenne erbrachte ein noch besseres Bild. Durch die gedrungene, kompakte Bauweise ist dieses System äußerst stabil und eine Montage über oder unter Dach ist ohne weiteres möglich. Verständlich ist, daß dieses System einer genauen Erprobung unterzogen wurde. Da keine meßtechnischen Mittel zur Verfügung standen, konnten nur direkte Vergleiche verschiedener Systeme unter gleichen Bedingungen mit Hilfe von Kontrast- und Bildqualität des „Fernsehempfängers“ erfolgen. Das Doppelquad-System wurde an verschiedenen Empfangsorten mit folgenden Antennensystemen im direkten Vergleich getestet:

„Cubical-Quad“, „Schweizer Antenne“, gestockte „Schweizer Antenne“, „Breitband-Antenne vor Reflektorwand“ [4], 6 – Ele., 10 – Ele., 16 – Ele. und 22 – Ele. – Yagi-Antenne. Dabei stellte sich heraus, daß das Doppelquad gegenüber der 22 – Ele.-Antenne zwar etwas mehr Kontrast brachte, das Bild selbst jedoch eine geringe Unschärfe aufwies.

Die Beschreibung dieser Antenne erhebt keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit. Sicher ist sie noch erweiterungs- oder ausbaufähig, z. B. als 3-Elemente-Doppelquad. Es gibt auch noch weitaus leistungsfähigere Gebilde. Der Vorteil der Kleinheit bei gleichzeitiger Robustheit und guter Leistung liegt aber auf der Hand. Auf einem entsprechend passenden Fuß montiert, erhält man eine leistungsfähige UHF-Zimmerantenne.

Literatur:

- [1] „Antennenbuch“, Karl Rothammel, Deutscher Militärverlag Berlin 1966, 6. erweiterte Auflage, S. 297, „Skelettschlitz-Antenne“
- [2] Ebenda, S. 308, „Zickzack-Antenne“
- [3] Ebenda, S. 303, „Das Cubical-Quad“ für UKW
- [4] Ebenda, S. 380, „Breitband-Antenne vor Reflektorwand“

Verbesserung des UKW-Empfangs beim Stern „Dynamic“ (R 200)

Mit dem Einbau einer zusätzlichen FM-ZF-Stufe im R200 kann der UKW-Empfang erheblich verbessert werden. Der Stromlaufplan ist im Bild wiedergegeben. Die Stufe ist mit einem SF 225 bestückt und unkritisch im Aufbau. Die Befestigung der Platine mit den Bauelementen erfolgte durch eine M3-Schraube an der Oberseite der Abschirmung des UKW-Tuners. Das Filter wurde selbst gewickelt und nach Inbetriebnahme auf Rauschmaximum abgeglichen (o. Sender).

Nach dem Einbau ergaben sich folgende Ergebnisse:

- erheblich verbesserter Empfang, insbesondere schwacher Sender;
- früherer Einsatz der Begrenzung und damit gleichbleibende Lautstärke bei Feldstärkeschwankungen;

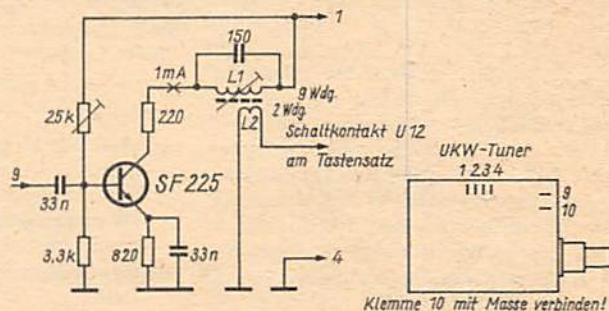
Der Einbau wird in folgender Reihenfolge vorgenommen:

Aufbau der Stufe auf einer Leiterplatte von $20\ \text{mm} \times 40\ \text{mm}$, sie kann auf Grund der Einfachheit geritzt werden. An die fertige Schaltung wird die Betriebsspannung angelegt (vom UKW-Tuner Anschluß 1 und 4) und mit dem Einstellregler eine Stromaufnahme von 1 mA eingestellt.

Danach wird die Leiterplatte am Tuner befestigt, die Bauelemente zeigen dabei nach unten und es werden die Anschlüsse entsprechend dem Bild hergestellt.

Sind die Arbeiten beendet, ist das Gerät spielbereit.
R. Scheibner

Stromlaufplan der zusätzlichen FM-ZF-Stufe und Anschlußbelegung des UKW-Tuners



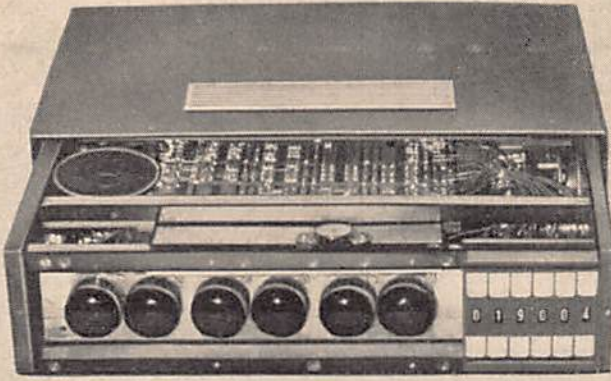


Bild 8: Vorderansicht der Uhr ohne Frontplatte

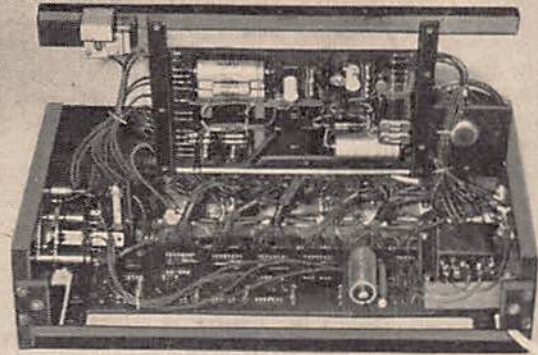


Bild 9: Rückansicht der Uhr, Platine 2 hochgeklappt

Die Schaltelektronik ist auf der speziell für IS im DIL-Gehäuse entwickelten Platine EXP. 20 (Elektro-Physikalische Werke Neurruppin) mit den Abmessungen 160 mm mal 85 mm untergebracht, außerdem befindet sich darauf der niederspannungsseitige Teil des Netzteils (Bild 7a und b). Auf der Seite der direkten Steckverbinder müssen einige Bohrungen zusätzlich erfolgen, die durch Vergleich der Platinenzeichnung mit einer neuen Platine leicht ersichtlich sind. Die dicker gezeichneten Bohrungen haben 1,5 mm Durchmesser, damit die dort hindurchragenden Relaisstifte nicht mit den Leiterzügen in Berührung kommen. Gestrichelt gezeichnete Verbindungen befinden sich wiederum auf der Leiterseite der Platinen. Punkte mit gleichen Buchstaben sind untereinander zu verbinden; auf der Platine 2 sind dies die internen Verbindungen 1 bis z. Alle Anschlüsse für externe Verbindungen befinden sich rechts und links außen. Die Bezeichnungen der Dioden und Transistoren sind den Bildern 4 bzw. 5 zu entnehmen.

Wird eine 6-V-Batterie verwendet, so sind auf der Platine 2 die entsprechenden Änderungen selbständig vorzunehmen. Gleichzeitig wird die Betriebsspannung der BCD-Dekoder auf Platine 1 statt über die erste Drahtbrücke direkt am Sekunden-Dekoder eingespeist.

Die gesamte Digitaluhr ist so konzipiert, daß sie in ein Stern-Elite-Gehäuse paßt (Bild 8). Neben den Ziffernanzeigeröhren befinden sich S_3 bis S_8 , für die im Muster unkodierte Vorwahldrehschalter (VEB Elektronische Bauelemente Ruhla) verwendet wurden. Die Leitungen zu ihnen werden in einem Kabelbaum geführt. Alle anderen Verbindungen wurden durch eine Zweckverdrahtung realisiert, die im aufgeklappten Zustand (Bild 9) vorgenommen und dann zu Bündeln zusammengefaßt wird.

Die Autoantennenbuchse dient als Bu_1 , auf der anderen Seite sind Bu_2 bis Bu_7 (Telefonbuchsen) und Bu_8 (75- Ω -Antennenbuchse) angeordnet. Für S_1 wird unterhalb Bu_1 eine Bohrung durch das Holzgehäuse angebracht, durch die dieser mit Hilfe eines Schraubenziehers betätigt werden kann. Der Taster S_2 befindet sich hinter einer Öffnung der Bodenplatte, um ungewollte Bedienungen zu vermeiden. Als Trafo wurde ein handelsüblicher Typ M 55 (ELTRA) für 250 V/20 mA und 6,3 V/0,7 A

entsprechend Tafel 3 umgewickelt. Er wird im Dauerbetrieb warm, so daß im Gehäuse einige Luftlöcher nötig sind. An diesem Trafo ist auch eine kleine Platine mit den Bauelementen der Anodenspannungserzeugung befestigt. Die Befestigungspunkte der Platinen sind in den Bestückungsplänen gekennzeichnet. Dadurch sind gleichzeitig die Abstände der Befestigungsstreben vorgegeben.

Inbetriebnahme

Zuerst erfolgt der Anschluß an die Netzspannung, dann an die 9-V-Batterie. Danach wird mit dem 100- Ω -Einsteller die 5-V-Betriebsspannung eingestellt. Reicht der Regelbereich nicht aus, so müssen die Reihenwiderstände geringfügig geändert werden. Als nächstes werden die Betriebsströme gemessen: I_1 zur Uhrenplatine soll etwa 350 mA betragen, I_2 zur Intervallsirene 20 mA, I_3 zum auf 10 V liegenden Teil der Schaltelektronik 25 mA und der Anodenstrom etwa 10 mA. Die Leitungen, die zur Messung von I_2 und I_3 aufgetrennt werden müssen, sind auf dem Bestückungsplan für Platine 2 gekennzeichnet.

Nun werden mit S_1 nacheinander alle Frequenzen eingeschaltet und beobachtet, ob die Teilerstufen richtig arbeiten. Während jeder Betätigung von S_1 sollte die Uhr mit S_2 angehalten werden, weil das Kontaktprellen sonst Zeitsprünge hervorruft. Danach kann die Arbeitsweise der Schaltelektronik überprüft werden, indem mit S_3 bis S_5 eine beliebige Zeit und mit S_6 bis S_8 eine 10 Minuten spätere Zeit eingestellt wird. Bei Erreichen der ersten Zeit schaltet Rs_1 ein, und der Strom I_1 steigt auf 70 mA. Wenn die zweite eingestellte Zeit erreicht ist, schalten Rs_2 ein und Rs_1 wieder aus. Gleichzeitig tritt die Intervallsirene in Tätigkeit, so daß der Strom I_2 auf etwa 65 mA steigt.

Nach diesen Überprüfungen kann der Oszillatorabgleich erfolgen. Steht ein Frequenzzähler zur Verfügung, so wird dieser an Bu_1 angeschlossen, S_1 auf die höchste Frequenz geschaltet und der Quarz auf Nennfrequenz abgeglichen. Ist diese Möglichkeit nicht vorhanden, so kann der Abgleich auch mit dem Zeitzeichen erfolgen. Dazu wird der mit S_1 eingeschaltete schnelle Vorlauf kurz nach Erreichen der tatsächlichen Zeit gestoppt. Beim letzten Ton des Zeitzeichens wird die Stopptaste

Tafel 3: Wickeldata und Spannungen des Netztrafos

Wicklung	Windung	Durchmesser in mm	Leerlaufspannung in V	Betriebsspannung in V	Gleichspannung am Ladekondensator in V
w_1	—	—	—	220	—
w_2	*)	—	215	190	245
w_3	88	0,3	8	7,2	7,6
w_4	116	0,5	10,5	9,2	9,4

*) etwa 900 Windungen, auf volle Lage auf- oder abgerundet, abwickeln.

S_2 losgelassen und die Uhr eine Weile im Gehäuse betrieben. Beim Grobabgleich (Wahl des Zusatzkondensators) kann die Kontrolle der Anzeige nach einer kürzeren Zeit erfolgen als beim Feinabgleich (Einstellen des Trimmers). Für eine möglichst große Genauigkeit sollte sich der Abgleich über mehrere Tage erstrecken.

Literatur

- [1] Rauh, P.: Digitaluhr mit Ziffernanzeige. Funktechnik 27 (1972) H. 4, S. 125-130
- [2] Jakubaschk, H.: Zweitton-Intervall-Sirene in TTL-Technik. radio fernsehen elektronik 25 (1976) H. 1, S. 32
- [3] Jungnickel, H.: Stromversorgung elektronischer Geräte. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 167. Berlin: VEB Verlag Technik 1974

Hundert Jahre Schallaufzeichnung

Es gibt so manches, worüber man streitet, und mitunter stehen auch die historischen Quellen miteinander im Widerstreit, wie sich zeigte. In unserem Falle handelte es sich um die Frage: Wann erfand Edison seinen Phonographen? 1877? 1878? Wir recherchierten eifrig und fanden die unterschiedlichsten Angaben. Schließlich erlangten wir die Gewißheit, daß Edison den ersten Phonographen im August 1877 im Labor erprobte. Damit war die Technik der authentischen Schallaufzeichnung geboren. Das Patent wurde ihm im Jahre 1878 erteilt, woraus denn auch die unterschiedlichen Jahreszahlen in der einschlägigen Fachliteratur resultieren.

Vor hundert Jahren also gelang es Thomas Alva Edison, eine „Sprechmaschine“ zu erfinden. Er nannte sie Phonograph. Es handelte sich nicht etwa um eine Schallplatte, sein Apparat bestand aus einer Walze, die mit einem Blatt Stanniol bespannt war. Diese Walze wurde mit einer Handkurbel gedreht. Eine Membrane übertrug die von ihr aufgenommenen Schallschwingungen auf eine Nadel, die mehr oder weniger tief

das Stanniol ritzte (Tiefenschrift). Der Frequenzumfang der Aufzeichnung betrug immerhin etwa eine Oktave (!), die Wiedergabe wurde von Zeitgenossen als „blechern und nselnd“ bezeichnet. Aber dieser Phonograph funktionierte und gestattete es zum ersten Male, ein Schallereignis aufzubewahren und zu einem späteren Zeitpunkt wiederzugeben.

Dieses epochemachende kleine Wunderwerk beeindruckte zunächst wohl nicht jedermann: Die Leipziger Illustrierte Zeitung schrieb im August 1878, daß der Phonograph Edisons nur als äußerst interessanter Versuch anzusehen ist, aber vorläufig praktisch nicht zu verwenden wäre. Zur Ehrenrettung der Publizistik sei erwähnt, daß die gleiche Zeitung am 4. Juli 1891 dieses vorschnelle Urteil widerrief und Edisons Phonographen überschwänglich lobte.

Die Entwicklung verlief nun unaufhaltsam. 1887 überzog Edison die Walze des Phonographen mit Wachs, was die Wiedergabe entschieden verbesserte. Im gleichen Jahr erfand Emil Berliner das Grammophon mit der vervielfältigbaren Schallplatte und der

Seitenschrift bei der Aufzeichnung. Bereits im Jahre 1900 wurden über 2,5 Millionen Schallplatten verkauft!

In den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts ging man dann dazu über, die Schallplatten „elektrisch“ aufzunehmen, d. h. mit einem Mikrofon und den nun möglichen röhrenbestückten NF-Verstärkern. Diese Anfänge waren noch recht bescheiden. Poulsen erfand den „sprechenden Draht“, aus dem etwa 1935 das Tonbandgerät hervorging, usw. usw. . . .

Vor kurzem hörte ich ein wirklich echtes altes Tondokument. Die Tonqualität wirkte ein wenig komisch, es handelte sich aber noch um eine Edisonsche Walze für einen Phonographen.

Da waren die Platten, die einst Enrico Caruso besang, doch schon ein erheblicher technischer Fortschritt! Er war übrigens einer der ersten Sänger, die überhaupt Schallplattenaufnahmen machten. Dies trug wahrscheinlich sehr zur Verbreitung der Schallplatte bei, die auch wertvolle geschichtliche Dokumente lieferte: Zum Beispiel ist uns die Stimme von Lenin auf einer Schallplatte erhalten geblieben.

Doch erst mußte eben ein Genie wie Edison – das war er zweifellos – kommen. Und natürlich mußte die Zeit reif sein, denn Erfindungen werden erst dann gemacht, wenn die notwendigen Produktionsmittel vorhanden sind und wenn gesellschaftliche Notwendigkeiten vorliegen.

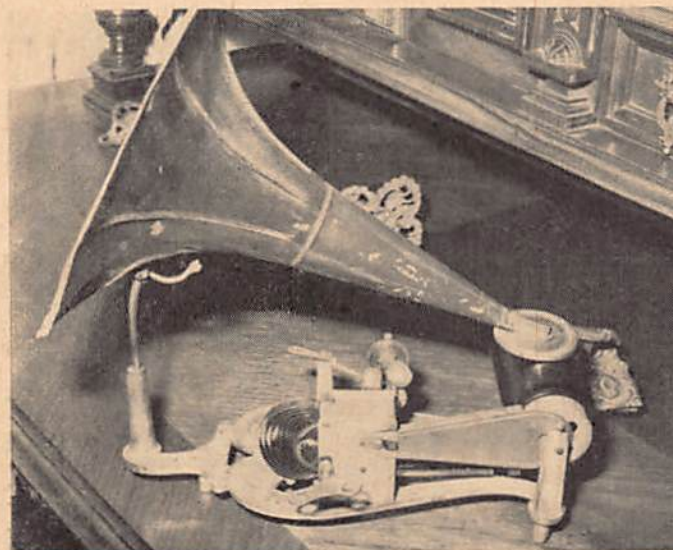
Nein, es ist wahrhaftig nicht belanglos, dieses Jubiläum der Schallaufzeichnung! Schall zu konservieren, davon träumten so lange Zeit nur die Allerkühnsten! Heute ist das alles selbstverständlich. Denken Sie einmal nach. Da ist ja nicht nur die Schallplatte, die heute praktisch auf der ganzen Welt zu Hause ist. Denken Sie an das Tonband, auf dem Sie Schallereignisse aller Art für die Zukunft aufheben können. Und da ist der Tonfilm – ja, auch er wäre ohne Schallaufzeichnung unmöglich.

Und am Anfang stand Edisons Phonograph.

-by



Edisons Standard-Phonograph aus den Edison-Laboratories Orange bei New York, Baujahr 1898. Die Trichter können nach Bedarf gewechselt werden



Lyra-Phonograph für geringe Ansprüche von der Firma Adler-Phonographen-Comp., Berlin, Baujahr 1902



Ein Repräsentant der Vorläufer unserer Plattenspieler: Lindstroem Parlophon, Baujahr etwa 1905
Fotos: K. Schwarzer (3)

Stand und Tendenzen der Technik bei Gebrauchsquarzuhr

Dr.-Ing. HANS-JÜRGEN WEISS

Mitteilung aus dem VEB Uhrenwerk Glashütte

Eine wesentliche Verbesserung der Genauigkeit mechanischer Uhren ist nicht mehr zu erreichen. Der internationale Trend geht dahin, daß zur Erhöhung der Genauigkeit die mechanischen Uhren von elektronischen abgelöst werden. Der folgende Übersichtsbeitrag zeigt die Notwendigkeiten, die den Übergang von der mechanischen zur elektronischen Uhr zur Folge haben. Einzelne Baugruppen werden dabei vor allem aus technologischer Sicht vorgestellt.

Das Moment der Aufzugsfeder einer Uhr ist während des Ablaufens nicht konstant. Nach einer gewissen Anzahl Betriebsstunden steigt der Fehler der Anzeige an. Bei Armbanduhren konnte die Genauigkeit dadurch gesteigert werden, daß die Uhr durch die Armbewegung automatisch aufgezogen wird, wodurch das Moment der Aufzugsfeder annähernd konstant und der Fehler dadurch kleiner ist.

Neben einer bequemen Bedienung und Wartung werden durch den elektromechanischen Aufzug von Großuhren auch bessere Gangleistungen erreicht. Das Nachspannen der Feder erfolgt periodisch mit Hilfe eines Klappankers oder eines Kleinmotors.

In einer weiteren Entwicklungsstufe wurde das Federhaus durch eine Batterie ersetzt, und die Steuerung der Unruh erfolgt nicht mehr mechanisch durch die Hemmung, sondern elektromagnetisch mit einem Kontakt.

Die Fehlerquellen, die bei elektrisch sehr gering belasteten Kontakten immer bestehen, lassen sich nur durch kontaktlose elektronische Steuerung vermeiden.

Mit der Entwicklung des Transistors als leistungsfähiges elektronisches Bauelement erfuhr die kontaktlose elektronische Steuerung von Uhren einen großen Aufschwung. Infolge des Einflusses von Isochronismus- und Positionsfehlern und durch die Lagerung der Unruhachse ist eine Verbesserung der Güte bei den üblichen 2,5-Hz-Schwingern nicht möglich. Zur Genauigkeitserhöhung von Uhren mit Unruh-Spirale-System geht man zu sogenannten Schnellschwingern mit einer Schwingfrequenz von z. B. $f = 4$ Hz über. Dadurch werden Lage- und Isochronismusfehler geringer, und die Uhr wird auch unempfindlicher gegenüber Fremdeinflüssen (Bild 1).

Einer weiteren Erhöhung der Unruh-schwingfrequenz stehen die unzulässig hohe Lagerbeanspruchung und eine schwierige Fortschaltung entgegen. Nur durch die Befreiung des Schwingers von direkter mechanischer Reibung kann eine Vergrößerung der Güte erfolgen, was wie-

derum eine lagerlose Ausführung voraussetzt. Damit verliert der Schwinger den Vorteil der Ausbalanciertheit, wodurch die Genauigkeit eines Unruhschwingers wesentlich beeinflusst wird. Eine Erhöhung der Schwingfrequenz gleicht diesen Nachteil jedoch aus. Es bieten sich zwei Schwinger mit hohen Gütefaktoren und hoher Schwingfrequenz an:

- Stimmgabelschwinger
- Quarzschwinger.

Der Gütefaktor von Schwingquarzen übertrifft den von Stimmgabeln um mehrere Zehnerpotenzen.

Aus diesem Grunde sind Schwingquarze als Frequenz- und Zeitnormale in der modernen Zeitmeßtechnik nicht mehr wegzudenken, und sie haben ihren festen Platz als Zeitnormale in Gebrauchsquarzuhrn gefunden.

Die Quarzuhrn der sechziger Jahre zeichnen sich noch durch Bestückung mit diskreten Bauelementen aus (Bild 2), heute werden ausschließlich spezielle IS verwendet. Die Quarzfrequenzen liegen vorzugsweise zwischen 4 kHz und 12 kHz, vereinzelt werden auch Quarze im Megahertz-Bereich verwendet. Sollen größere Genauigkeiten als die durch die Frequenz-Temperatur-Charakteristik des Quarzes vorgegebenen erreicht werden, muß die Abhängigkeit der Quarzfrequenz von der Temperatur kompensiert werden. Als Kompensationsmethoden kommen mechanische, elektromechanische und elektronische Methoden zur Anwendung.

- Als Beispiel für mechanische Kompensation sei die Methode genannt, nach der Bimetallstreifen direkt auf das Quarzelement temperaturabhängig Druck ausüben und dadurch die Frequenz-Temperatur-Charakteristik des Quarzes verändern.
- Als Beispiel für elektromechanische Kompensationsmethoden gilt ein Plattenkondensator, dessen Kapazität durch eine Bimetallspirale temperaturabhängig verändert wird.

- Elektronische Methoden benutzen die Temperaturkoeffizienten von Kapazitäten, Induktivitäten und vor allem Widerständen (NTC, PTC) zur Verringerung des Frequenz-Temperaturganges eines Oszillators.

Durch unkontrollierte Alterungserscheinungen traten allerdings im Laufe der Zeit Veränderungen an der Kompensation auf, die deren Wirksamkeit empfindlich verringerten, so daß durch Fehlkompensation teilweise schlechtere Gangleistungen als ohne Kompensation erreicht wurden.

Die Frequenzteilerstufen sind meist mit Zeitgliedern aufgebaut, und ihre Teilverhältnisse je Stufe liegen zwischen $n = 2:1$ und $n = 6:1$. Man wählt Teilverhältnisse > 2 je Stufe und relativ niedrige Quarzfrequenzen, um mit wenigen Bauelementen und einem Batteriesatz eine möglichst einjährige Gangzeit zu gewährleisten. Praktisch ausgeführte Quarzuhrn haben Gangreserven von 6...15 Monaten. Die Betriebsspannungen liegen zwischen 1,5 und 6 V. Einige Ausführungen arbeiten mit Netzbetrieb.

Zur Zeitanzeige kommen als elektromechanische Wandler Schrittmotoren, Synchronmotoren und synchronisierte Stimmgabel- bzw. Blattfederschwinger zum Einsatz.

Die Quarzuhrn der letzten acht Jahre zeichnen sich durch eine binäre Quarzfrequenz und den Einsatz von integrierten Schaltungen aus. Die Quarzfrequenzen liegen zwischen 8 192 Hz und 32 768 Hz und neuerdings in den Größenordnungen $f = 2...4$ MHz, was besonders für Großuhren vorteilhaft ist.

Der Übergang zu höheren Frequenzen bringt Vorteile bezüglich des Preises und Temperaturganges der Quarze. Allerdings steht z. Z. noch die höhere Stromaufnahme des nachfolgenden Teilers dagegen.

Als Quarzfrequenz für Armbanduhren (s. Bild 3) hat sich z. Z. international die Frequenz $f = 32,768$ kHz durchgesetzt, während bei Großuhren bereits der 4,19-MHz-Quarz dominiert und Quarzgroßuhren mit MHz-Quarzen schon in großen Stückzah-



Bild 1: Mechanisches Marine-Chronometer aus Glashütte

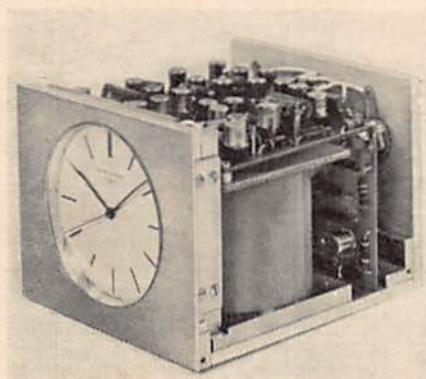


Bild 2: Elektronisches Quarzchronometer mit diskreten Bauelementen (Longines)



Bild 3: Innenansicht einer Quarzarmbanduhr mit analoger Zeitanzeige



Bild 4: Vollelektronische Quarzarmbanduhr mit digitaler LCD-Anzeige (Longines)

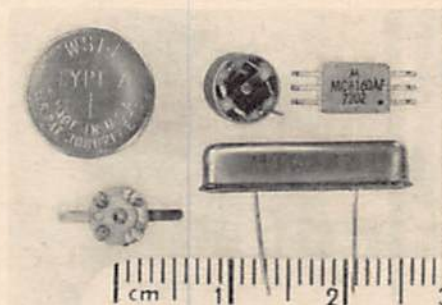


Bild 5: Bauteile für Quarzarmbanduhr. Oben: Batterie, Schrittmotor, Uhrenschaltkreis; unten: Trimmer, Quarz

noch nach dem Frequenzteiler eine Zähl-, Dekodier- und Treiberschaltung erforderlich.

Quarzgroßuhren und Quarzarmbanduhren

Gerade in den letzten zwei Jahren wurden sowohl Quarzarmbanduhren als auch Quarzgroßuhren bis zur Serienreife entwickelt. Entscheidenden Anteil daran haben die Vervollkommnung der integrierten Schaltungen, die Verbesserung der Zuverlässigkeit der Quarze und Anzeigeelemente. Während sich auf dem Großuhrensektor die Situation zu stabilisieren beginnt, ist die Entwicklung auf dem Gebiet der Quarzarmbanduhren noch längst nicht abgeschlossen. Der steigende Anteil der Quarzuhr an der Uhrenweltproduktion (wenn auch zögernd) ist nicht zu übersehen, obwohl speziell die Quarzarmbanduhr in absehbarer Zeit die mechanische Uhr kaum ganz verdrängen wird. Die ausschlaggebenden Bewertungskriterien wie Preis, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Schockfestigkeit und Reparierbarkeit fallen nicht immer zu Gunsten der Quarzuhr aus. Es werden spektakuläre Gangabweichungen von weniger als 1 Minute im Jahr angegeben.

Auch stößt die vollelektronische, also digitale, Anzeige beim Kunden oft noch auf Ablehnung, obwohl sie sich durch Vervollkommnung der Anzeigeelemente sicherlich durchsetzen wird.

Funktionselemente einer Quarzuhr

Die fünf wichtigsten Funktionselemente einer Quarzuhr sind (s. auch Bild 5):

- Quarz mit Abgleichtrimmer
- integrierte Schaltung
- elektromechanischer Wandler bzw. Dekodierschaltkreis

len produziert werden. Die Betriebsspannungen liegen zwischen 1,2 und 3 V. Die Funktionsdauer ist größer als ein Jahr. Die elektromechanischen Wandler sind Schrittmotoren mit $f=1...2$ Hz (Sekunden- bzw. Halbsekundensprung), Vibrationsmotoren (Stimmgabelschwinger) oder synchronisierte Unruherschwinger. Bei vollelektronischen Uhren wird die Zeit digital durch Leuchtdiodentableaus (LED) oder Flüssigkristallelemente (LCD) (Bild 4) angezeigt. Dem relativ hohen Strom der LED-Anzeige bei niedriger Spannung steht bei sehr kleinem Strom und Spannungen über 3 V die z. Z. noch unsichere Lebensdauer der LCD-Einheiten entgegen. Zur Ansteuerung dieser Zeitanzeigeeinheit ist

- Anzeigeeinheit
- Energiequelle.

Wird die Zeit analog durch Zeiger im klassischen Sinn angezeigt, übernimmt ein elektromechanischer Wandler den Antrieb des Zeigerwerkes. Bei vollelektronischen Uhren erfolgt die Zeitanzeige digital durch Leuchtdioden- oder Flüssigkristalltableaus, der elektromechanische Wandler entfällt, dafür wird ein Dekodierschaltkreis erforderlich.

Quarz

Der die Genauigkeit einer Quarzuhr bestimmende Teil ist der Quarz, der in einer elektronischen Schaltung zum Schwingen angeregt wird.

Aus technologischen Gründen muß dem Hersteller von Schwingquarzen eine sogenannte Abgleichtoleranz als zulässige Abweichung von der Nennfrequenz eingeräumt werden. Der Abgleich auf Nennfrequenz erfolgt durch einen Trimmer. Wie bekannt, wird die Frequenz eines Quarzes durch einen mehrstufigen Frequenzteiler z. B. auf $f=1$ Hz herabgesetzt. Hierbei stellt sich das Energieproblem, da man bestrebt ist, mit einer Zelle von $U=1,5$ V bzw. $U=1,35$ V die Uhr mindestens ein Jahr zu betreiben. Da bisher diese Forderung nicht ohne Schwierigkeiten von der Halbleiterindustrie bei Frequenzteilern mit einer sehr großen Anzahl von Teilerstufen realisiert werden konnte, liegt die Quarzfrequenz z. Z. bei Armbanduhrer international bei $f=32,768$ kHz. Das Festlegen auf 32,768 kHz stellt einen Kompromiß zwischen Quarztechnologie, Baugröße, Stromaufnahme des Teilers und Preis dar.

In diesem Frequenzbereich sind die Quarze Biegeschwinger in Stab- oder Stimmgabelform und werden in einem vakuumdicht kaltpreßgeschweißten Metallgehäuse untergebracht, z. B. in einem TO-5-Gehäuse mit 1 Zoll Kappenlänge für Großuhren (Bilder 6 und 7). Zur Schwingungsanregung dampft man mit Hilfe von Masken Elektroden auf den Quarzstab auf, der durch Röntgenstrahlkontrolle unter einem bestimmten Schnittwinkel aus einem Quarzblock herausgeschnitten wird. An diesen Elektroden wird in den Schwingungsknoten der Quarz dämpfungsarm gehalten. Die Halterung erfolgt an dünnen Drähten, die durch Mikrolöten, Kleben, Klemmen oder Kittan an den Elektroden befestigt werden. Die Forderungen an einen solchen Quarz sind aus technischer und technologischer Sicht hoch, vor allem in Hinsicht größtmöglicher Konstanz, wie

Quarzalterung, Temperaturverhalten und Schockfestigkeit. Gegenwärtig werden bei Armbanduhrquarzen schon Schockfestigkeiten bis 1 800 g garantiert. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß eine Armbanduhr bei einem Fall aus 1 m Höhe auf Hartholzfußboden eine Beschleunigung von etwa 4 000...5 000 g erfährt. Der Betriebstemperaturbereich einer mechanischen Uhr liegt bei $\vartheta=4...36$ °C, der einer Gebrauchsquarzuhr bei $\vartheta=0...40$ °C und der eines Marine-Chronometers bei $\vartheta=-10...50$ °C.

Megahertz-Quarze (Bild 8) haben ein günstigeres Temperaturverhalten, eine größere Schockfestigkeit und sind billiger. Bei diesen Dickenscherschwingern in TA-Schnitt

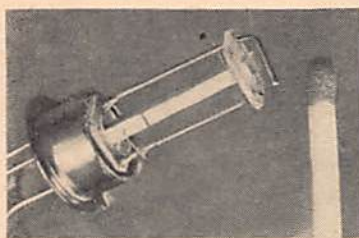


Bild 6: Großuhr-Biegeschwingerquarz $f = 32\,768\text{ Hz}$, Gehäuse aufgeschnitten

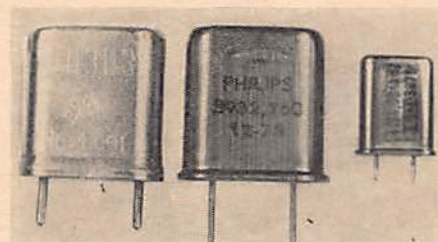


Bild 8: MHz-Quarze im Miniatur- und Subminiaturgehäuse

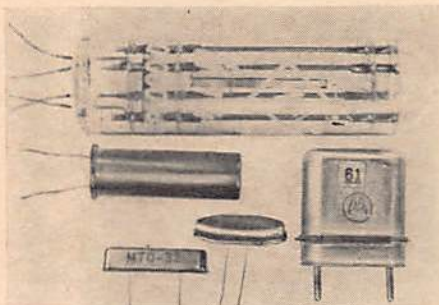


Bild 7: NF-Quarze für Quarzuhren

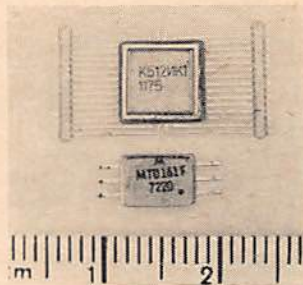


Bild 9: Schaltkreise für Quarz-Armbanduhren. Oben: für digitale LCD-Anzeige; unten: für analoge Anzeige durch Motor

kann durch geeignete Maßnahmen auch der Einfluß der Halterung vernachlässigbar klein gemacht werden. Aus bereits erwähnten Energieproblemen beim Schaltkreis finden derartige Quarze z. Z. Anwendung in Großuhren und in Autouhren. Versuchsmuster von MHz-Armbanduhren sind ebenfalls bereits bekanntgeworden.

Uhrenschaltkreise

Bei den integrierten Schaltkreisen für Quarzuhren muß man grundsätzlich in Schaltkreise für Armbanduhren und in solche für Großuhren unterscheiden. Schaltkreise für Armbanduhren werden im Flatpack-Gehäuse (Bild 9) und die für Großuhren im DIL- oder TO-99-Gehäuse hergestellt. Weiterhin unterteilen sich beide IS-Gruppen in Schaltkreise zum Betrieb mit elektromechanischen Wandlern (analoge Anzeige mit Zeigern) und in Schaltkreise für digitale Anzeigen, die entweder Flüssigkristall- oder LED-Anzeigen ansteuern können.

Die klassische Uhren-IS enthält einen Eingangsinverter, der als Oszillator mit entsprechenden Zusatzkapazitäten eines π -Gliedes verwendet werden kann, einen vielstufigen Frequenzteiler, mitunter eine Impulsformerstufe und eine Endstufe für unipolare oder bipolare Ausgangsimpulse. Bei vollelektronischen Uhren folgt auf den Frequenzteiler noch eine Dekodierschaltung für die Siebensegmentdarstellung der Zahlen. LED-Displays oder, für Großuhren, auch Gasentladungsröhren und Hochvakuumröhren (Digitron) werden zeitmultiplex angesteuert, während bei Flüssigkristallen die Ansteuerung parallel erfolgt. Integrierte Uhrenschaltungen in Bipolar-technik enthalten als aktive Elemente npn- und pnp-Transistoren mit der typischen Schwellspannung von 0,5...0,6 V. Da elektronische Uhren mit Betriebsspannungen zwischen 1,2 V und 1,6 V einwandfrei arbeiten müssen, wenn nicht zwei Batterien zum Einsatz kommen sollen, erscheinen bipolare integrierte Schaltungen wegen ihrer kleinen Schwellspannungen besonders für Quarzuhrenschaltkreise für nur eine Batterie geeignet. Ein weiterer Vorteil sind

kleine Sättigungsspannungen und geringer Platzbedarf für Transistoren höherer Leistung (z. B. für Motortreiberstufe). Besondere Bedeutung kommt dabei der PL-Technik zu, die sich durch hohe Packungsdichte, geringes Geschwindigkeits-Leistungsprodukt, geringe Betriebsspannung (0,5...0,85 V), gute Kombinierbarkeit mit anderen bipolaren Schaltungstechniken und eine relativ unkomplizierte Technologie auszeichnet.

Integrierte Uhrenschaltungen in MOS-Technik enthalten als aktive Elemente n- und p-Kanal-MOS-Transistoren. Durch kleine Abmessungen der Transistoren sind die Kapazitäten und damit die Umladeströme beim Schalten sehr klein. Es sind spezielle Technologien erforderlich, um Schwellspannungen von nur 0,5 V zu erreichen. In der CMOS-Technik hat der Grundbaustein eines digitalen Systems, der Inverter, eine sehr einfache Struktur. Er besteht aus der Reihenschaltung eines n- und eines p-Kanal-MOS-Transistors. Dadurch ist im statischen Betrieb immer ein Transistor gesperrt, und die Leistungsaufnahme im Nanowatt-Bereich ist praktisch vernachlässigbar. Es wird nur Strom für die Umladung der Gate-Kapazität benötigt.

Der internationale Trend geht dahin, daß integrierte Schaltungen für Armbanduhren und im verstärkten Maße auch für Großuhren ausschließlich mit der CMOS-Technik realisiert werden, da aus Energiegründen bei Armbanduhren der Oszillator, der Frequenzteiler und die Impulsformerstufe für analoge Anzeige nur einen Strombedarf von etwa 4...5 μA haben dürfen, wenn die Uhr mit einer Zelle (z. B. Silberoxid WS 14, 165 mAh bei einer Nennspannung $U = 1,5\text{ V}$) länger als ein Jahr betrieben werden soll. Derart kleine Ströme bei kleinen Spannungen sind mit bipolaren IS schwer zu erreichen. Für integrierte Schaltungen, die in Großuhren eingesetzt werden, kann ein Strom bis etwa 100 μA zugelassen werden, da bei Großuhren Monozellen R 20 oder R 14 zum Einsatz kommen können.

Unter den CMOS-Teilern sind schnelle dy-

namische Frequenzteiler entwickelt worden, die sich für Eingangsfrequenzen bis $f = 10\text{ MHz}$ bei niedrigem Stromverbrauch eignen. Dadurch lassen sich Megahertz-Quarze im AT-Schnitt auch für Armbanduhren verwenden. Solche Teiler funktionieren jedoch nur bei höheren Frequenzen, z. B. bei 32 kHz, unterhalb dieser Frequenz schließen sich dann statische CMOS-Teiler an. Im allgemeinen steigt der Strombedarf von Teilern linear mit der Ansteuerfrequenz an, so daß es dadurch zu Problemen speziell bei Armbanduhren kommt.

Es sind Schaltkreise bekannt, bei denen der übliche Trimmer zur Frequenzkorrektur entfällt und ein einstellbarer Frequenzteiler den Abgleich auf die korrekte Ausgangsfrequenz übernimmt. Diese Lösung ist interessant und zukunftsfruchtig, weil dadurch die Forderungen an die Quarzhersteller hinsichtlich Toleranzen bei der Herstellung nicht mehr so eng gestellt sind. Außerdem entfällt der mechanische Trimmer, der sich häufig als sehr unsicheres Bauelement erwiesen hat.

Je mehr Teilerstufen des einstellbaren Teilers zum Abgleich vorhanden und zugänglich sind, desto genauer läßt sich die Ausgangsfrequenz abgleichen. Probleme gibt es allerdings, wenn die Uhr, z. B. durch Quarzalterung, neu abgeglichen werden muß und dadurch Anschlüsse des Teilers von der Platine gelöst und anders mit der Platine verschaltet werden müssen.

Eine zukünftige Entwicklungsrichtung wird die Anordnung von Quarz, Schaltkreis und Abgleichmittel in einem Gehäuse sein. Neue bzw. verbesserte Technologien werden es ermöglichen, die Parameter von integrierten Schaltkreisen für MHz-Quarzuhr noch zu verbessern, wobei sich die digitale Anzeige aus technologischen Gründen durchsetzen wird.

Elektromechanischer Wandler

Das kritische Bauelement einer Quarzuhr mit Analoganzeige durch Zeiger ist der elektromechanische Wandler. Der klassische Vertreter, mit dessen Hilfe die Umwandlung erfolgen kann, ist der Synchronmotor, der in bekannten Quarzuhren bei Betriebsfrequenzen von 50...60 Hz arbeitet.

Rotierende Schrittmotoren sind Synchronmotoren, deren Polanordnung und Spulenzahl so gewählt sind, daß der Rotor nach Anlauf in eine konstruktiv vorbestimmte Richtung nach jedem Schritt gebremst und wieder neu beschleunigt wird. Bekannte Schrittmotoren in Quarzuhren arbeiten bei 1...2 Hz. Die Schrittzahl je Umdrehung des Motors liegt zwischen 2 und 8.

Mehrere Ausführungen gibt es von elektromechanischen Wandlern, die als Schrittmotoren nach dem Drehspulprinzip arbeiten. Der bewegliche Teil des Wandlers wird um einen bestimmten Winkel ausgeleitet und anschließend durch eine Feder in die Ausgangsstellung zurückgeführt. Der Antrieb des Zeigerwerkes erfolgt über Klinke und Klinkenrad.

Stimmgabel- und Blattfederschwinger sind Vibrationsmotoren und finden als Sekundäroszillatoren in Quarzuhren Anwendung. Die Fortschaltung erfolgt über Klinke und Klinkenrad.

Nach dem Prinzip der elektromagnetisch angetriebenen Unruherschwinger arbeitet eine Gruppe von elektromechanischen



Bild 10: Quarz-Tischuhr „piezochron“ aus Glashütte



Bild 11: Quarz-Chronometer aus Glashütte

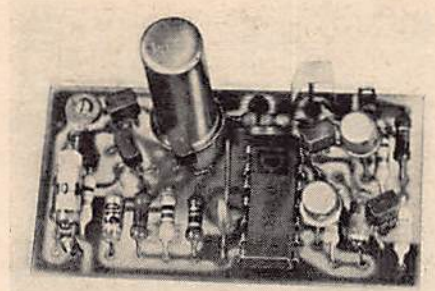


Bild 12: Elektronik-Platine der Quarzgroßuhr „piezochron“ mit der IS D 921 D

Wandlern, die entweder impulserregt oder synchronisiert betrieben werden. Die Entwicklung der Wandler geht in Richtung 1-Hz-Schrittmotor, wobei rotierende Schrittmotoren mit Dauermagnetläufer an erster Stelle liegen.

Die derzeit bekannten Schrittmotoren benötigen zur Ausführung von exakten Schritten Impulsbreiten zwischen 8 ms und 32 ms. Eine größere Impulsbreite bedeutet keine Verbesserung der Motoreigenschaften, sondern vergrößert nur die Stromaufnahme. Aus diesem Grund stellt ein Impulsformer durch logische Verknüpfung die für den Motor erforderliche Impulsbreite zur Verfügung.

Die Leistung des Motors hängt in sehr großem Maße von den Eigenschaften des Magnetmaterials ab. Neben Magnetkeramik kommen vor allem Platin-Kobalt und Kobalt-Samarium als Rotorwerkstoffe zum Einsatz.

Zeitanzeige

Bei einer analogen Anzeige wird die Zeit

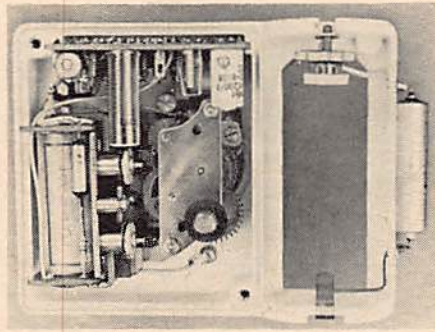


Bild 13: Geöffnete Werkkapsel der Wohnraumquartzuhr „piezochron“



Bild 14: Quarz-Herrenarmbanduhr Kal. 28 aus Ruhla



Bild 15: Quarz-Kleinwecker Kal. 28-39 aus Ruhla

in üblicher Weise durch Zeiger angezeigt, deren Antrieb mit dem Zahnradgetriebe erfolgt. Die Anzeige mit einem LED-Display läßt niedrige Spannungen zu, der Strom ist allerdings hoch. Aus diesem Grunde werden z.B. Armbanduhren mit LED-Anzeige gebaut, die nur auf Knopfdruck für wenige Sekunden die Zeit anzeigen.

Demgegenüber ist der Strom bei Flüssigkristallen äußerst klein, jedoch sind Spannungen $\geq 3V$ erforderlich. Noch nicht endgültig ist die Lebensdauer der Flüssigkristalle geklärt, die in starkem Maße von Verunreinigungen und Dissoziationsvorgängen abhängt. Verbesserungen sind durch Wechselspannungsbetrieb und durch verbesserte Technologien zu erreichen.

Energiequelle

Bei Armbanduhren kommen je nach Spannungslage sowohl Quecksilber- oder Silber-Oxid-Zellen als auch Leclanché-Zellen zum Einsatz. Die Kapazität muß etwa 160 mAh betragen, und der integrale



Bild 16: Elektronische Stoppuhr Kal. 87 aus Ruhla

Dauerstrom darf für einjährigen Betrieb nicht größer als etwa $16 \mu A$ sein. Bei Großuhren werden sowohl Monozellen R 20 als auch Baby-Zellen R 14 verwendet. Um mit einer Monozelle R 20 mindestens einjährigen Betrieb in einer Quarzgroßuhr zu erreichen, ist der integrale Dauerstrom $< 300 \mu A$ zu wählen, für eine Babyzelle R 14 gilt $I < 200 \mu A$.

Quarzuhren aus der DDR-Produktion

Seit 1976 werden im VEB Uhrenwerk Glashütte die quartzgesteuerte elektronische Tischuhr „piezochron“ Kal. 1-48 (Bild 10) und ein Marine-Quarz-Chronometer Kal. 1-71 (Bild 11) gefertigt. Die Wohnraumuhr „piezochron“ aus Glashütte zeichnet sich durch ihre hohen Gebrauchseigenschaften aus. Mit einer Monozelle R 20 ist die Gangdauer größer als 1 Jahr, wobei die Gangabweichung bei konstanter Temperatur ± 1 min je Jahr beträgt. Die Zeitbasis ist ein 32-kHz-Quarz. Der integrierte Frequenzteiler D 921 D teilt die Oszillatorfrequenz bis auf 2 Hz. Über eine Treiberstufe wird der bewährte elektromechanische Wandler der Wanduhr „elektrochron“ angesteuert, so daß der Sekundenzeiger zwei Schritte je Sekunde macht. Bild 12 zeigt die Platine und Bild 13 die geöffnete Werkkapsel der Tischuhr „piezochron“. Das Glashütter Marine-Quarz-Chronometer Kaliber 1-71 löst das Glashütter mechanische Chronometer Kaliber 100 ab, das durch ausgezeichnete Gangergebnisse über viele Jahre hinweg seinen ausgezeichneten Ruf erhalten hat.

Der für die Genauigkeit des Chronometers verantwortliche Oszillator ist mit einem speziell ausgemessenen 32-kHz-Quarz bestückt. Ein integrierter Schaltkreis setzt die Nennfrequenz des Oszillators $f = 32768$ Hz in einem Teilverhältnis $n = 2^{16}:1$ herab. Der nach dem Prinzip eines polarisierten Relais arbeitende elektromechanische Wandler arbeitet im Halbs Sekundenrhythmus. Das Batteriefach enthält zwei Sätze mit je zwei Monozellen R 20, die über Dioden entkoppelt sind. Die Spannung wird elektronisch stabilisiert.

Eine weitere Quarz-Wohnraumuhr trägt die Bezeichnung Kal. 45. Sie arbeitet mit einem 4,19-MHz-Quarz und wird im VEB Uhrenwerk Weimar gefertigt.

Die Quarz-Herrenarmbanduhr Kal. 28 aus dem VEB Uhrenwerke Ruhla, die im Bild 14 dargestellt ist, arbeitet mit einem 32-kHz-Biegeschwingerquarz. Sie besitzt analoge