radio fernsehen
elektronik

VEB VERLAG TECHNIK, BERLIN · TRÄGER DES ORDENS BANNER DER ARBEIT · 30. JAHRGANG · AUGUSTHEFT

8·1981

Spiegelreflexkamera Praktica B 200

SIEGFRIED SCHÜTZE und
CLAUS KÜHNEL

Mitteilung aus dem Kombinat VEB Pentacon Dresden

Die B 200 ist das erste Modell einer neuen Praktica-Generation. Mit dieser Kamera in Kompaktbauweise mit elektronischer Steuerung der Belichtungszeit wurde im Kombinat VEB Pentacon Dresden nach ständiger Verbesserung und Erweiterung der Spiegelreflexkameras der L-Serie ein Generationswechsel vollzogen, der das künftige Produktionsprofil des Betriebes bestimmen wird. Im vorliegenden Beitrag wird hauptsächlich die Elektronik der Praktica B 200 beschrieben, wogegen in [1] der Schwerpunkt auf die Mechanik und Optik gelegt wurde.

Die Praktica B 200 weist gegenüber den bekannten Praktica-Kameras eine völlig neuartige Gestaltung auf. Sie ist in Kompaktbauweise ausgeführt, Abmessungen und Masse der Kamera konnten entscheidend verringert werden. Das B kennzeichnet eine der wichtigsten Neuerungen, den Bajonettanschluß zum Objektiv. Gleichzeitig mit der Kamera erschien ein umfangreiches Programm von „Prakticar"-Objektiven mit Bajonettanschluß. Die Kamera ermöglicht weiterhin den Anschluß eines miniaturisierten Motoraufzuges sowie aller Zusatzgeräte, die für ihren universellen Gebrauch erforderlich sind.

Dem neuen konstruktiven Aufbau entsprechend wurde auch die elektronische Steuerung des Verschlusses unter Anwendung der modernsten Technik neu konzipiert. Eine flexible Leiterplatte, die sich dem Innenraum der Kamera anpaßt, trägt alle für die Steuerung erforderlichen elektronischen Bauelemente. Dieser Modul wird über wenige Lötverbindungen mit den elektrisch-mechanischen Übergangsstellen der Kamera verbunden und gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit.

Konstruktive und funktionelle Merkmale

Der kompakte Kamerakörper ist gekennzeichnet durch einen montage- und servicefreundlichen Aufbau aus Baugruppen.

Die Hauptbaugruppen sind

- Gehäuse mit Rückwand und Aufzugsgetriebe

- Metallamellen-Schlitzverschluß
- Spiegelkasten
- Vorlaufwerk
- Elektronikmodul
- Objektivträger mit Bajonettanschluß
- Boden- und Deckkappe.

Das Äußere der Kamera besteht aus einem grob strukturierten, griffsicheren Kunststoffbelag. In Verbindung mit der Lage der Bedienelemente wird eine sichere Handhabung gewährleistet. Zur schnellen Aufnahmebereitschaft trägt auch der neue Bajonettanschluß bei. Durch die winkelgenaue Rast wird eine sichere Koordinierung der optischen, mechanischen und elektrischen Funktionen zwischen Kamera und Objektiv erzielt. Beim Einrasten des Bajonetts werden die Funktionsverbindungen der elektrischen Blendenwertübertragung und des Blendenantriebs verkoppelt, und die Lage der optischen Blendenwerteinspiegelung in den Sucher wird festgelegt.

Das Aufzugsgetriebe bewirkt den Filmtransport und die Spannung der Antriebselemente des Verschlusses. Der Aufzug kann entweder von Hand durch einen griffgünstigen Schnellspannhebel oder durch einen am Boden der Kamera angesetzten Motoraufzug erfolgen. Als Verschluß dient ein vertikal ablaufender Metallamellen-Schlitzverschluß. Neuartig ist, daß der Verschluß sofort nach der Belichtung wieder in seine Ausgangslage zurückkehrt. Hierdurch wird eine besonders raumsparende Konstruktion ermöglicht, da die Verschlußelemente während der Belichtung in den hierbei abgedunkelten Sucherstrahlengang einlaufen können. Die Steuerung des zweiten Verschlußelementes, das die Belichtungszeit beendet, erfolgt über einen Elektromagneten. Dieser ist als Haltemagnet ausgebildet und löst das zweite Verschlußelement je nach erforderlicher Belichtungszeit 0,98 ms (1/1 024 s)...40 s nach dem ersten Verschlußelement aus. Die Abschaltung des Magnetstromes erfolgt unter Berücksichtigung aller Randbedingungen durch das Elektroniksystem.

Die zu erwartende Belichtungszeit wird im Sucher der Kamera mit einer 16-Punkt-LED-Anzeige signalisiert. Zur Eingabe der für die jeweilige Belichtungszeitbildung gegebenen Randbedingungen sind in der Kamera eine Reihe von optisch-elektrischen bzw. mechanisch-elektrischen Übergangsstellen vorhanden, die in Wirkverbindung mit dem Elektroniksystem stehen:

Tafel 1: Belegung des Kodeschalters (Betriebsartenwahl)

Betriebsart	G_3	G_2	G_1	G_0
Automatik	H	H	H	H
B	H	H	H	L
Blitz	L	H	H	L
1 s	H	L	L	L
1/2 s	L	L	L	L
1/4 s	L	H	L	L
1/8 s	H	H	L	L
1/15 s	H	H	L	H
1/30 s	L	H	L	H
1/60 s	L	L	L	H
1/125 s	H	L	L	H
1/250 s	H	L	H	H
1/500 s	L	L	H	H
1/1 000 s	L	H	H	H

- GaAsP-Fotoelement zur Erfassung der Objektleuchtdichte
- Kodeschalter zur Wahl der Betriebsart der Kamera (vgl. Tafel 1)
- Schalter für die Betriebsspannung, der bei Druckpunktlage des Auslösers das Elektroniksystem einschaltet. Ein parallelliegender Selbsthaltekreis hält die Stromversorgung bis zum Ende der Belichtung aufrecht, auch, wenn der Auslöser in der Zwischenzeit losgelassen wird
- Speicherschalter zur Speicherung des Meßergebnisses der letzten Messung vor dem Wegschwenken des Spiegels bis zum Belichtungsbeginn. Parallel zu diesem Schalter liegt der „MEMORY"-Schalter, der die Speicherung des Meßwertes zu einem beliebigen Zeitpunkt ermöglicht
- Startschalter für die Belichtungszeitbildung, dessen Betätigung in Verbindung mit der Auslösung des ersten Verschlußelementes erfolgt
- linearer Spannungsteiler zur Eingabe der Filmempfindlichkeit und der manuellen Korrektur (OVERRIDE)
- im Objektiv eingebaute exponentielle Spannungsteiler zur Eingabe des vorgewählten Blendenwertes.

Funktionsablauf in den verschiedenen Betriebsarten

Betriebsart „Automatik"

Bei Betätigung des Auslösers der Kamera bis zu einem fühlbaren Druckpunkt wird das Elektroniksystem an die Versorgungsspannung geschaltet. Im Sucher erscheint neben einer Skale (Bild 1) die Anzeige der zu erwartenden Belichtungszeit durch eine LED-Anzeige. Liegt die Belichtungszeit im Bereich zwischen 1/1 024 s und 8 s, so leuchtet die dem betreffenden Skalenwert zugeordnete LED mit Dauerlicht. Müßte die Belichtungszeit kürzer sein, so blinkt die neben der Skalenbezeichnung „OVER" angeordnete LED. Liegt die zu erwartende Belichtungszeit im Bereich zwischen 8 s und 40 s, leuchtet die neben der Skalenbezeichnung „UNDER" angeordnete LED mit Dauerlicht. Erfordern die Aufnahmebedingungen Belichtungszeiten über 40 s, die von der Kamera nicht gebildet werden können, so blinkt die „UNDER"-LED.

Beim weiteren Durchdrücken des Auslösers erfolgt die Belichtung mit der erforderlichen Belichtungszeit. Die Steuerung der Belichtungszeit erfolgt dabei in Sechstelstufen, während die Anzeige nur in halben Belichtungsstufen weiterschaltet.

Beispiel: Die theoretisch erforderliche Belichtungszeit soll 20 ms betragen. Es leuchten die LED neben den Skalenwerten „30" und „60" (entsprechend einer zwischen 1/30 s und 1/60 s liegenden Belichtungszeit). Gebildet wird eine Belichtungszeit von 19,53 ms.

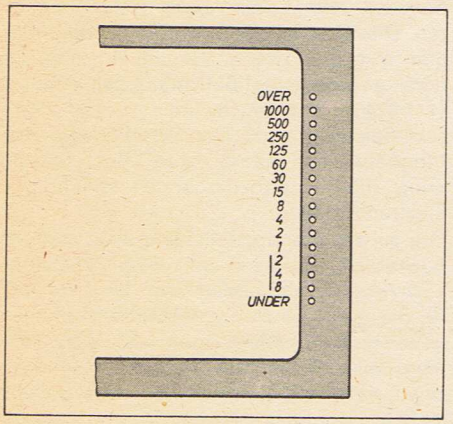

Bild 1: LED-Anzeigeeinheit im Sucher

Betriebsart „Automatik-MEMORY"

Zunächst erfolgt der Ablauf wie bei Automatik-Betrieb. Vor der Auslösung wird jedoch der Schalter „MEMORY" betätigt. Nunmehr eintretende Objektleuchtdichteänderungen werden nicht mehr berücksichtigt. Die Belichtung erfolgt entsprechend den zum Zeitpunkt der Speicherung vorhandenen Bedingungen. Diese Betriebsart ist für die sog. Objektmessung bei außergewöhnlichen Lichtbedingungen vorgesehen.

Betriebsart „Halbautomatik"

Am Betriebsartenwahlschalter (Kodeschalter) wird eine Festzeit eingestellt. Beim Drücken des Auslösers bis zum Druckpunkt erscheinen im Sucher neben der Skale zwei Anzeigen:

- die gewählte Belichtungszeit als Blinksignal
- die entsprechend den Aufnahmebedingungen erforderliche Belichtungszeit als Dauerlicht.

Bringt man durch Verändern der Blenden- oder Festzeiteneinstellung beide Anzeigen in Übereinstimmung, so ist bei der anschließenden Belichtung die richtige Belichtungszeit eingestellt. Zu beachten ist, daß in diesem Fall die feine Quantelung in Sechstelstufen entfällt. Diese Betriebsart ist dann von Vorteil, wenn nach einmaliger Feststellung der Lichtverhältnisse schnelle Serienaufnahmen hergestellt werden sollen oder zur Erzielung bestimmter Effekte Belichtungskorrekturen gewünscht werden.

Betriebsart „B"

In dieser Betriebsart können Zeitaufnahmen beliebiger Dauer hergestellt werden. Der Magnet bleibt so lange erregt, wie der Auslöser gedrückt bleibt. Der Selbsthaltekreis und das Meßsystem sind in dieser Betriebsart ausgeschaltet.

Betriebsart „Blitz"

Auch die Steuerung des zweiten Verschlußelementes erfolgt mechanisch. Es wird eine Belichtungszeit von etwa 1/90 s gebildet. In dieser Betriebsart ist durch die mechanische Zeitbildung die Benutzung der Kamera auch ohne bzw. bei erschöpfter Batterie möglich.

Lichtmessung

Im Gegensatz zu den Kameras der Praktica-L-Reihe, bei denen als Lichtempfänger ein CdS-Fotowiderstand Verwendung fand, wird hier eine Fotodiode eingesetzt, die im praktischen Kurzschluß betrieben wird. In dieser Betriebsart zeigen Si- oder GaAsP-Fotodioden einen linearen Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Fotostrom (Kurzschlußstrom) in einem Beleuchtungsstärkebereich, der von wenigen Millilux bis zu einigen Kilolux reicht. Der Temperaturkoeffizient des Kurzschlußstromes ist hierbei im Gesamtbereich vernachlässigbar klein. Die untere Meßgrenze wird neben den Eigenschaften der Fotodiode vor allem durch die Eigenschaften des nachfolgenden Verstärkers bestimmt. Die Kennempfindlichkeit der in der Praktica B 200 eingesetzten GaAsP-Fotodiode beträgt 1,6 nA/lx. Bei einer Beleuchtungsstärke von 10 mlx auf dem Empfänger entspricht das einem Fotostrom von 16 pA, der noch mit ausreichendem Störsignalabstand verarbeitet werden muß.

Die spektrale Empfindlichkeit weicht besonders bei der Si-Fotodiode stark von der für fotografische Zwecke erforderlichen Anpassung an die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges ab. Aus diesem Grund sind spezielle Filterschichten auf dem Lichteintrittsfenster des Empfängers angeordnet. Bei der GaAsP-Fotodiode wird die spektrale Empfindlichkeit durch das Verhältnis von Arsenid- zu Phosphidanteil eingestellt. Kostenintensive optische Filter können deshalb vermieden werden. Bild 2 zeigt die spektrale Empfindlichkeit des in der Praktica B 200 verwendeten GaAsP-Fotoempfängers im Vergleich zur Empfindlichkeit des menschlichen Auges.

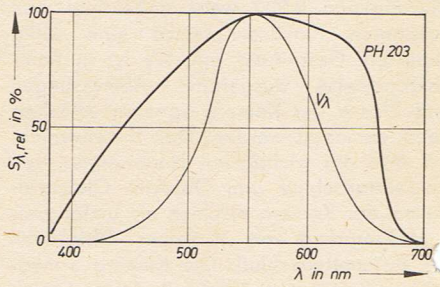

Bild 2: Spektralverhalten des verwendeten Fotoempfängers

In der Kamera ist der Fotoempfänger seitlich im Spiegelkasten angeordnet. Der Spiegel ist in einem Teilbereich halbdurchlässig ausgeführt, dahinter sind Lichtleitelemente angeordnet, die über einen Lichtkonzentrator das Meßlicht auf den Empfänger führen. Die Ausspiegelung des Meßlichtes an dieser Stelle hat den Vorteil, daß durch den Suchereinblick einfallendes Störlicht nur einen vernachlässigbar gerin-

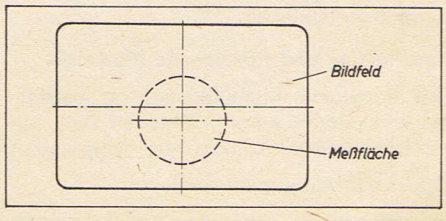

Bild 3: Lage und Größe der Meßfläche der Praktica B 200

gen Einfluß auf das Meßergebnis hat. Es hat sich als günstig erwiesen, zur Bewertung der Objektleuchtdichte nicht das gesamte Bildfeld, sondern einen Meßkreis von etwa 20 % der Gesamtfläche im Bereich der bildwichtigen Teile heranzuziehen [2]. Die Lage dieses Meßfeldes zeigt Bild 3.

Schaltungsfunktion des Elektronikmoduls

Zur Steuerung der Belichtungszeit einer Kamera ist es notwendig, alle im Prozeß wirksam werdenden Größen zu erfassen. Entsprechend der sog. „Kalibrierformel"

$$Bt = c_R\, k^2\, 10^{-x/10} \qquad (1)$$

sind die Parameter Objektleuchtdichte B, Blendenwert k und Filmempfindlichkeit x zu erfassen. c_R ist eine Kalibrierkonstante. Die Werte für Filmempfindlichkeit und Blendenwert liegen als Winkelverstellung ihrer Einstellorgane vor und werden über mechanisch-elektrische Wandler (exponentieller bzw. linearer Spannungsteiler) in eine entsprechende elektrische Eingabegröße gewandelt. Für die Erfassung der Objektleuchtdichte gilt das im vorherigen Abschnitt Gesagte. Da der Arbeitsbereich der Kamera bezüglich der Objektleuchtdichte sehr groß ist (nominell 64 000:1), macht sich eine Signalkompression erforderlich. Wird Gl. (1) logarithmiert, kann die in diesem Dynamikbereich schwer realisierbare Multiplikation durch eine Addition ersetzt werden. Die notwendigen Logarithmierungen von Licht- und Blendenwert werden schaltungstechnisch sicher beherrscht. Die Delogarithmierung der verknüpften Signale bereitet ebenfalls keine Schwierigkeiten. Ausgehend von den genannten Signalverknüpfungen und weiteren funktionellen Merkmalen, kann für den Elektronikmodul das im Bild 4 gezeigte Blockschaltbild angegeben werden.

Ausgehend von den eingesetzten integrierten Schaltkreisen, wurden hier drei Funktionsblöcke dargestellt. Durch den ersten Funktionsblock werden die Signale, die der Objektleuchtdichte und dem Blendenwert entsprechen, erfaßt und miteinander verknüpft. Zur Eingabe in den zweiten Funktionsblock stehen die Signale U_B und U_{BK} zur Verfügung. Das Signal U_{BK} ist die mit der vorgewählten Blende bewertete Objektleuchtdichteinformation. Das Signal U_B dient der Steuerung der Helligkeit der LED-Zeile, weshalb hier die Blendenbewertung fehlt. Versorgt wird der erste Funktionsblock durch die (nichtstabilisierte) Batteriespannung und zwei stabilisierte Spannungen (U_S, U_{ref}), die im zweiten Funktionsblock aus der Batteriespannung gewonnen werden.

Dem blendenbewerteten Objektleuchtdichtesignal wird im zweiten Funktionsblock die Information über die Filmempfindlichkeit hinzugesetzt. Anschließend folgt eine A-D-Wandlung. Im pulsbreitenmodulierten Signal AD liegen die verknüpften Informationen (B, k, x) zur Steuerung der Belichtungszeit und der Anzeige durch den dritten Funktionsblock vor. Das Signal U_B wird ebenfalls A-D-gewandelt und als pulsbreitenmoduliertes Signal BM weitergegeben. Zur Steuerung der zyklischen A-D-Wandlung wird vom dritten Funktionsblock das Signal ADS ausgegeben. Unterschreitet die Batteriespannung einen bestimmten Grenzwert, dann wird über das Signal PSC die

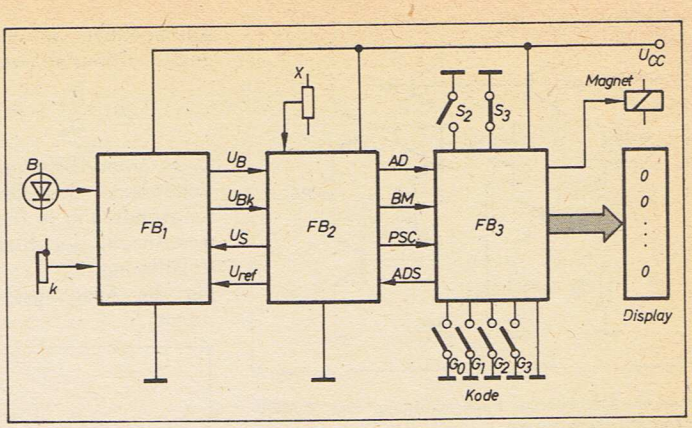

Bild 4: Blockschaltbild des Elektronikmoduls der Praktica B 200

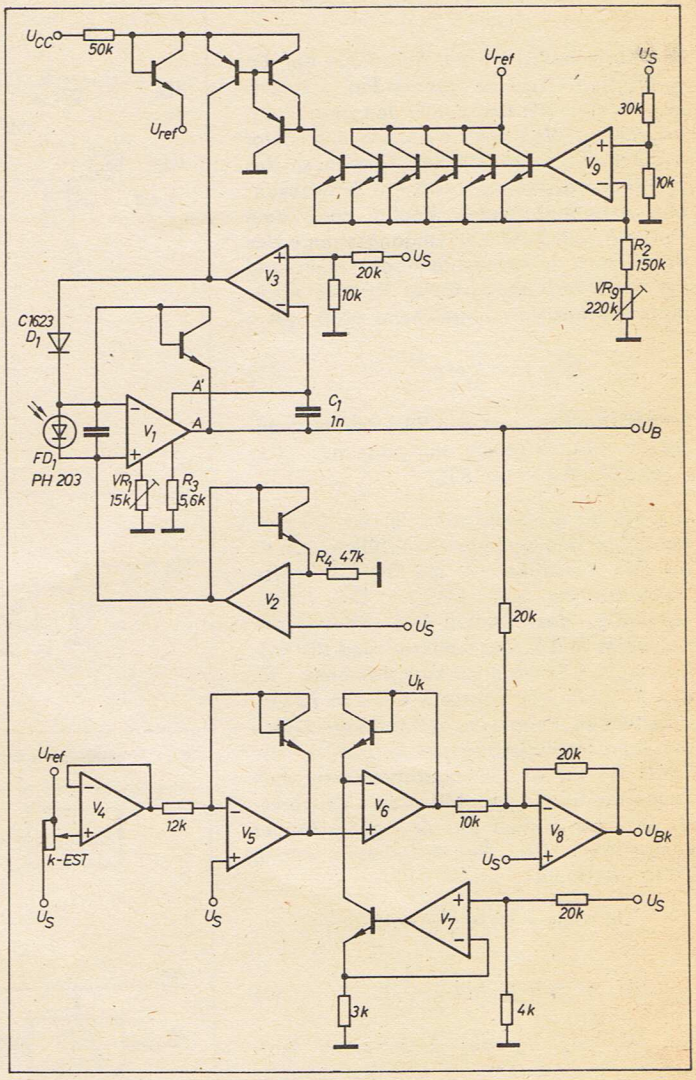

Bild 5: Stromlaufplan des ersten Funktionsblockes

Anzeige dunkelgetastet. Mit dem Kodeschalter (G_0 bis G_3) wird dem Steuerschaltkreis (Funktionsblock 3) die Betriebsart eingegeben. Der Schalter S_2 initiiert die Speicherung des letzten Meßwertes, d. h., die zyklische A-D-Wandlung wird unterbrochen. Mit Betätigung des Schalters S_3 wird die Belichtungszeitbildung eingeleitet, die dann beendet ist, wenn der Haltemagnet für das zweite Verschlußelement stromlos ist. Das 16-Punkt-LED-Display zur Anzeige der Belichtungszeit wird direkt vom Steuerschaltkreis zeitmultiplex angesteuert.

Im folgenden soll auf die Signalerfassung und -verarbeitung in den einzelnen Funktionsblöcken näher eingegangen werden. In den Schaltungen werden nur die peripheren Bauelemente mit den entsprechenden Bezeichnungen versehen. Für die Widerstände der IS sind nur Werte angegeben.

Bild 5 zeigt den Stromlaufplan des ersten Funktionsblockes. Von der im Kurzschluß betriebenen Fotodiode FD_1 wird ein Strom bereitgestellt, der der Beleuchtungsstärke auf der lichtempfindlichen Fläche der Fotodiode proportional ist. Zwischen der Beleuchtungsstärke und der Objektleuchtdichte existiert ein durch das Lichtführungssystem bestimmter Proportionalitätsfaktor p. Damit gilt für den Fotostrom

$$I_K = s\,E = s\,p\,B \qquad (2)$$

Der Parameter s kennzeichnet die Empfindlichkeit der Fotodiode (definiert für eine bestimmte Lichtart bzw. Farbtemperatur der Lichtquelle). Setzt man für die Parameter in Gl. (2) typische Werte ein, erhält man für

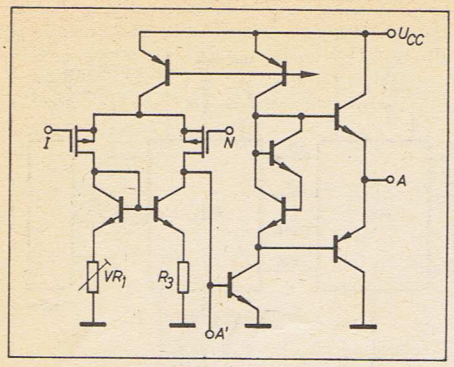

Bild 6: Äquivalente Innenschaltung des BiMOS-Operationsverstärkers

den Kurzschlußstrom der Fotodiode bei der niedrigsten zu verarbeitenden Objektleuchtdichte von 0,32 cdm^{-2} den bereits angegebenen Wert von 16 pA. Da der Faktor p durch die beträchtlichen Toleranzen des Lichtführungssystems starken Schwankungen unterliegt, treten häufig Fotoströme < 10 pA auf. Sind die Eingangsströme des Verstärkers V_1 vernachlässigbar klein und der Stromverstärkungsfaktor B_N des Rückführungstransistors hinreichend groß, gilt

$$I_K = I_C = I_0 \exp \frac{U_{BE}}{U_T} \qquad (3)$$

I_0 = Sättigungsstrom des Rückführungstransistors, U_T = Temperaturspannung ($U_T \approx 26$ mV bei T = 300 K).

Um die für die Gültigkeit der Gl. (3) notwendigen Bedingungen zu erfüllen, kommt für den Verstärker V_1 ein BiMOS-Operationsverstärker zum Einsatz. Die Innenschaltung des BiMOS-Operationsverstärkers zeigt Bild 6. Des weiteren sind die notwendigen Stromverstärkungsfaktoren für den Rückführungstransistor bei den zu verarbeitenden Pegeln zu garantieren. Durch die temperaturabhängigen Größen I_0 und U_T in Gl. (3) ist die Logarithmierung stark temperaturabhängig. Mit dem Verstärker V_2 wird der Einfluß des Sättigungsstromes kompensiert. Für die Ausgangsspannung an V_1 gilt damit

$$U_B = U_S + U_T \ln \frac{U_S}{R_4 I_0} - U_T \ln \frac{I_K}{I_0}$$

$$U_B = U_S + U_T \ln \left(\frac{U_S}{R_4} \frac{1}{I_K} \right) \qquad (4)$$

Bei Verdopplung des Fotostromes (entspricht der Änderung um eine Belichtungsstufe) erhält man nach Gl. (4) einen Ausgangsspannungshub von $\Delta U_B = U_T \ln 2 = 18$ mV.

Treten im Einschaltfall oder durch Rauschsignale am Verstärker V_1 negative Eingangsspannungen auf, wird durch die sich einstellende positive Ausgangsspannung der Rückführungstransistor gesperrt, und der Verstärker bleibt blockiert. Der durch den Verstärker V_3 gebildete Komparator überwacht den Arbeitsbereich des logarithmischen Verstärkers V_1. Wird dieser aus den genannten Gründen verlassen, sorgt ein über die Diode D_1 eingespeister Strom für die schnelle Rückkehr in den Arbeitsbereich. Der Strom wird durch den mit dem Verstärker V_9 gebildeten Stromgenerator über eine Teiler- und Stromspiegelstufe bereitgestellt.

Zur Eingabe des Blendenwertes dient der exponentielle Spannungsteiler (k-EST), für dessen Dämpfungsverlauf Gl. (5) gilt.

$$20 \lg \frac{U_E}{U_A} = D = D_0 + nD_1 \qquad (5)$$

D_0 = Grunddämpfung (von etwa 2 dB) bei Vollöffnung des Objektives, D_1 = Dämpfungsänderung je Blendenstufe Verstellung, n = Anzahl der Blendenstufen gegenüber Vollöffnung.

Für die Ausgangsspannung des EST gilt damit:

$$\frac{U_A}{U_E} = 10^{-\frac{D_0 + nD_1}{20}} \qquad (6)$$

Bei Änderung des Blendenwertes um eine Stufe wird die EST-Ausgangsspannung um den Faktor 0,707 reduziert. Nach der mit V_5 vorgenommenen Logarithmierung bedeutet das einen Signalhub von $\Delta U_k = 9$ mV. Durch V_6 und V_7 wird die durch den Sättigungsstrom bedingte Temperaturabhängigkeit wieder ausgeglichen. Durch den Summierverstärker V_8 werden die Signale

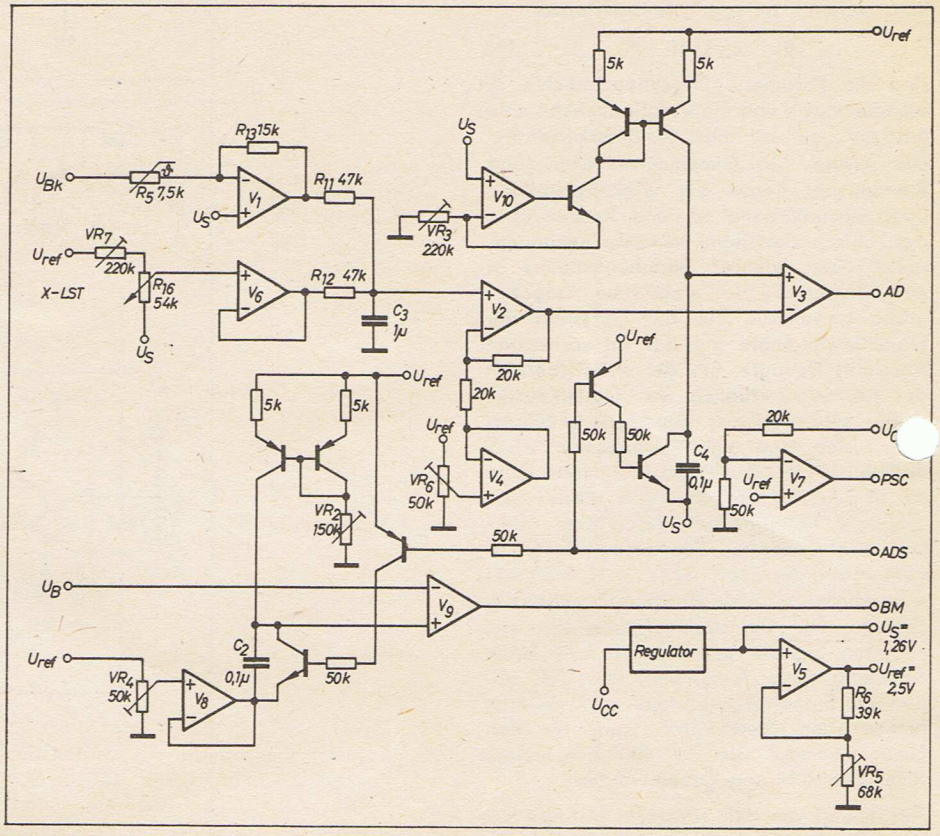

Bild 7: Stromlaufplan des zweiten Funktionsblockes

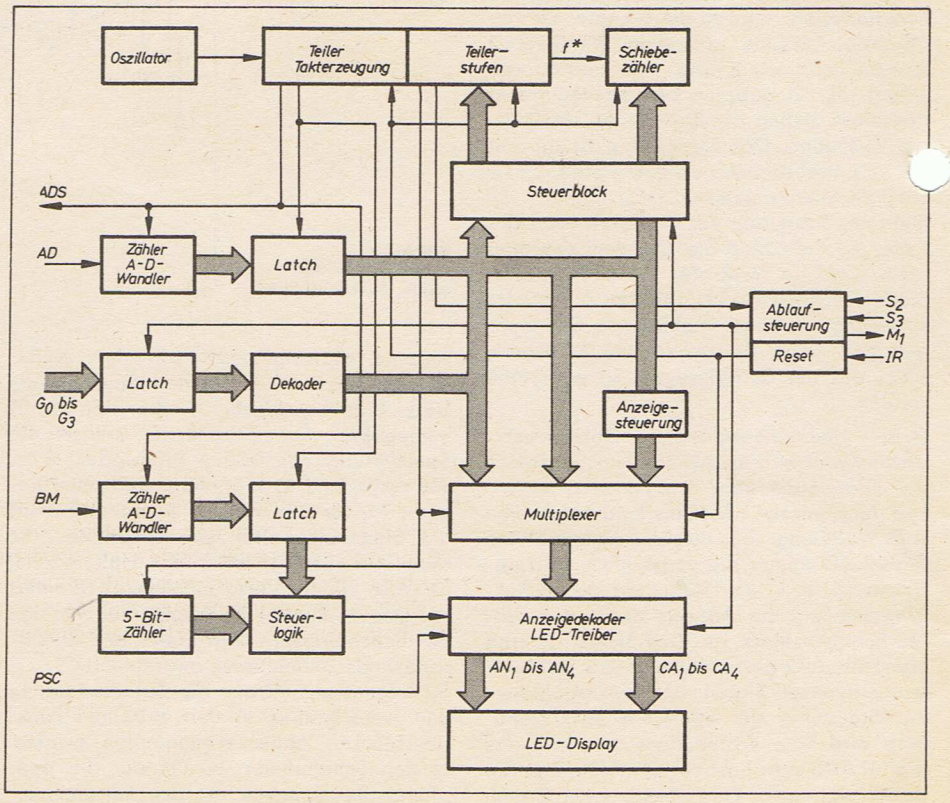

Bild 8: Blockschaltbild des dritten Funktionsblockes

U_B und U_k gewichtet addiert. Da das Signal U_k um den Faktor 2 verstärkt wird (Quadrierung!) bewirken sowohl eine Lichtänderung von einer Stufe als auch eine Blendenverstellung von einer Stufe einen Hub $\Delta U_{Bk} = 18$ mV.

Im zweiten Funktionsblock (Bild 7) wird dem temperaturabhängig verstärkten Signal U_{Bk} das Signal U_x zugesetzt. Der temperaturabhängige Verstärkungsfaktor von V_1 eliminiert den TK der Temperaturspannung. Durch die Widerstände R_{11} und R_{12} erfolgt die Verknüpfung der Signale. Die Kapazität C_3 bildet mit diesen Widerständen einen RC-Tiefpaß zur Störsignalunterdrückung. Der sich anschließende A-D-Wandler wird aus den Verstärkern V_2 bis V_4 und V_{10} gebildet. V_2 dient dem hochohmigen Abgriff des Summensignals (B, k, x). Über V_4 wird durch den Regler VR_6 eine Pegelverschiebung ermöglicht. Mit V_{10} wird eine Stromquelle zur Konstantstromladung von C_4 realisiert. Der Ladestrom wird durch VR_3 eingestellt. Der der Kapazität parallelgeschaltete Transistor wird durch das Signal ADS zyklisch angesteuert und entlädt diese. Infolge der geringen Anforderungen an die Genauigkeit bei der A-D-Wandlung des Signals U_B ist dieser A-D-Wandler einfacher aufgebaut (V_8 und V_9), das Wirkprinzip ist gleich.

Die stabilisierte Spannung U_S wird über eine relativ aufwendige Regulatorschaltung bereitgestellt. Diese Spannung wird hauptsächlich als Mittenspannung für die Operationsverstärker verwendet. Die Referenzspannung U_{ref} wird durch Verstärkung aus der Spannung U_S gewonnen. Die Batteriekontrolle erfolgt durch Vergleich der geteilten Batteriespannung mit der Spannung U_{ref}.

Vom dritten Funktionsblock, der den hochintegrierten Steuerschaltkreis beinhaltet, werden die digitalen Signale AD, BM und PSC verarbeitet. Da bei der Eingabe der Objektleuchtdichte und des Blendenwertes die Größen zur Signalkompression logarithmiert wurden, ist vor der eigentlichen Zeitensteuerung zur Erfüllung der Belichtungsgleichung eine Delogarithmierung vorzunehmen. Das pulsbreitenmodulierte Signal AD entspricht dem logarithmischen Wert der Belichtungszeit TV (time value). Die Belichtungszeit t ergibt sich nach der Beziehung

$$t = T_0\, 2^{TV} \qquad (7)$$

Bei digitaler Delogarithmierung sind zwangsläufig ganzzahlige Exponenten Bedingung, was nach Gl. (7) jeweils Verdopplung bzw. Halbierung der Belichtungszeit bedeuten würde. Führt man eine „feinere" Teilung ein, kann Gl. (7) wie folgt geändert werden:

$$t = T_0\, 2^{(I1 + I2/K)} \qquad (8)$$

Die Größen I1, I2 und K sind ganzzahlig, wobei die Größe K die Unterteilung einer Stufe darstellt. Wird nun die Größe $2^{I2/K}$ durch den Term $1 + \frac{I2}{K} = \frac{1}{K}(K + I2)$ approximiert, erhält man eine digital realisierbare Beziehung, die eine Delogarithmierung erlaubt.

$$t \approx \frac{T_0}{K} 2^{I1} \quad (K + I2) \qquad (9)$$

Mit K = 6 wird der durch die Approximation hervorgerufene Fehler gegenüber

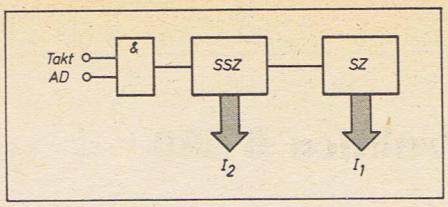

Bild 9: Erzeugung der Informationen I1 und I2 in den Zählern SSZ und SZ

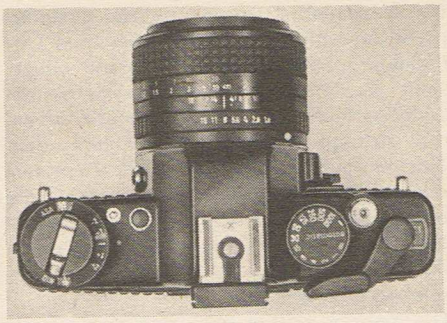

Bild 10: Praktica B 200
Fotos: W. Müller (2)

Tafel 2: Beispiel zur Zeitenbildung

I2	Belichtungszeit		
0	0,732 ms	1/1365,3 s	
1	0,854 ms	1/1170,3 s	bei I1 = 1 mit
2	0,976 ms	1/1024,0 s	f* = 8,192 kHz
3	1,099 ms	1/910,2 s	
4	1,221 ms	1/819,2 s	
5	1,343 ms	1/744,7 s	

Gl. (8) maximal 6 % und ist für die Belichtungszeitbildung vertretbar.

Den dritten Funktionsblock zeigt Bild 8. Auf Grund der großen Komplexität werden dessen Funktionen anhand des Blockschaltbildes erläutert. Das pulsbreitenmodulierte Signal AD öffnet nach Freigabe durch das Signal ADS ein Tor für eine aus der Oszillatorfrequenz abgeleitete Zählfrequenz von etwa 16 kHz. Das Einzählen der maximalen Impulsanzahl (17 × 6 = 102 Impulse ≙ der längsten Belichtungszeit) ist damit nach etwa 6 ms abgeschlossen.

Bild 9 zeigt das Prinzip des Zählers. Der Inhalt des Stufenzählers SZ entspricht der vollen Zeitstufung I1 entsprechend Gl. (8), d. h., eine Erhöhung seines Wertes um Eins bedeutet eine Verdopplung der Belichtungszeit. Der Sechstelstufenzähler SSZ gibt die Abweichung I2 innerhalb einer Stufe I1 an. Aus dem Inhalt des Zählers SSZ werden Signale gewonnen, die einmal die Mittenlage (I2 = 2) anzeigen und zum anderen an den Stufenenden (I2 = 4 bzw. 5) für eine Überlappung der Anzeige sorgen. In der Anzeige leuchten bei I1 = n und I2 = 4 oder 5 die LEDs, die den Stufen n und n + 1 entsprechen. Vorteile ergeben sich bei einer derartigen Anzeige beim Übergang von einer Stufe zur anderen erstens durch einen höheren Informationsgehalt der Anzeige und zum zweiten durch das Vermeiden von „Flackererscheinungen" an den Übergangsstellen.

Die Anzeige der Mittenlage hat für den Abgleich des A-D-Wandlers Bedeutung, da an dieser Stelle die der Festzeitenreihe entsprechenden Belichtungszeiten (1/1024 s, 1/512 s . . .) liegen. Beim Abgleich sind dann nur die Anzeige (entspricht I1) und ein separater Prüfpunkt (entspricht I2 = 2) auszuwerten.

Zu einem intern festgelegten Zeitpunkt nach der A-D-Wandlung werden die Inhalte der Zähler SZ und SSZ in einen Zwischenspeicher übernommen und stehen damit dem Multiplexer für die Anzeige zur Verfügung. Die im Gray-Kode vorliegende Information des Kodeschalters (Tafel 1) wird zum gleichen Zeitpunkt in einen Speicher übergeben und über einen Dekoder an den Multiplexer geschaltet. Durch die Anzeigensteuerung wird die Anzeige in drei Phasen betrieben. Zwei Phasen dienen zur Anzeige der Automatikzeit (zweite Phase für zweite LED bei Überlappung). Eine Phase dient zur Anzeige einer vorgewählten Festzeit.

Zur Helligkeitsmodulation der Anzeige wird der Inhalt des durch den Impuls BM gesteuerten Zählers in einen Speicher übernommen und mit dem Inhalt eines periodisch zählenden 5-bit-Zählers in der zugehörigen Steuerlogik verglichen. Entsprechend diesem Vergleich wird durch die Steuerlogik auf die Helligkeit der Anzeige Einfluß genommen.

Zur Zeitbildung wird eine vom Oszillator gesteuerte Teilerkette verwendet, die gleichzeitig zur Erzeugung von Steuersignalen (ADS, Latch-Übernahme usw.) dient. Durch den Inhalt des Zählers SZ (I1) wird die für die Zeitenbildung verwendete Taktfrequenz ausgesucht. Für diese Frequenz gilt

$$f^* = K/(T_0\, 2^{I1}) \qquad \left(\frac{K}{T_0} = 16{,}384 \text{ kHz}\right)$$

Je nach Stellung des Zählers SSZ (I2) werden zur Bildung der Belichtungszeit im Schiebezähler nach Betätigung des Startschalters S_3 sechs (I2 = 0) bis elf (I2 = 5) Impulse der Frequenz f* abgezählt. In der Tafel 2 ist ein entsprechendes Beispiel angegeben. Ist die durch die Größe I2 vorgegebene Anzahl der Taktimpulse erreicht, wird der Haltemagnet des zweiten Verschlußelementes stromlos und gibt dadurch den zweiten Vorhang zur Beendigung der Belichtungszeit frei. Der erste Vorhang betätigte den Schalter S_3. Durch die Rücksetzeinrichtung wird nach Zuschalten der Betriebsspannung für eine definierte Grundstellung der sequentiellen Schaltungsteile gesorgt.

Literatur

[1] Hahn, W.; Jurenz, R.; Schütze, S.: Praktica B 200. BILD UND TON 33 (1980) H. 8, S. 237 bis 247, 252

[2] Jehmlich, G.: Über die partielle und teilintegrale Belichtungsmessung. Technische Universität Dresden, Dissertation 1969