

Einsatz der Mikroelektronik in Spiegelreflexkameras

Claus Kühnel, Kombinat VEB Pentacon Dresden

Durch den Einsatz der Mikroelektronik in Spiegelreflexkameras wurde der Übergang von mechanisch gesteuerten Kamerafunktionen zu deren automatischer Steuerung unter Nutzung elektronischer Bauelemente möglich. Die durch den Einsatz der Mikroelektronik bewirkten Effekte zeichnen sich in der Substitution mechanischer Baugruppen und in der Erhöhung des Automatisierungsgrades der Bedienfunktionen ab. Durch den Einsatz von Bauelementen der Mikroelektronik werden neue Lösungsprinzipien unter Einschluß vielfältiger Nebenfunktionen möglich. Durch geschickte Systemkonzeptionen wird trotz des steigenden Kompliziertheitsgrades durch die der Mikroelektronik immanenten Zuverlässigkeit eine Steigerung der Gesamtzuverlässigkeit erreicht. Ziel des Beitrags ist es, den Einfluß der Mikroelektronik auf die konzeptionelle Gestaltung moderner Spiegelreflexkameras und die Bedeutung moderner Halbleitertechnologien für die Kamertechnik darzulegen. Obgleich sich die Betrachtungen auf Spiegelreflexkameras beschränken, sind die Aussagen dennoch verallgemeinerungsfähig. Die Anforderungen von Tubus- bzw. Sofortbildkameras an die entsprechenden Elektroniksysteme sind im allgemeinen weitaus geringer.

Grundfunktionen eines Elektroniksystems für automatische Spiegelreflexkameras

Entsprechend Bild 1 können die von einem Elektroniksystem für automatische Spiegelreflexkameras zu realisierenden Funktionen abgeleitet werden. Zur Steuerung der Belichtung ist die Kenntnis der Informationen Objektivleuchtdichte B , Filmempfindlichkeit x , Blendenwert k oder Belichtungszeit t erforderlich. Konventionelle Belichtungsautomaten arbeiten entweder mit Blendenpriorität (gesteuert wird die Belichtungszeit) oder aber mit Belichtungszeitenpriorität (gesteuert wird die Objektivblende). Aus den genannten Funktionen abgeleitet wurden die

Namen Zeit- bzw. Blendenautomat gebildet. Zur automatischen Steuerung der Belichtungszeit ist deshalb die Eingabe des (vorgewählten) Blendenwerts notwendig. Bei Blendenautomaten erfolgt die Vorgabe der (gewünschten) Belichtungszeit. Von diesen konventionellen Automaten unterscheiden sich die sogenannten Programmautomatik-Kameras, bei denen die Zuordnung Blendenwert/Belichtungszeit von außen durch Aufruf eines bestimmten Zuordnungsprogramms wählbar ist. Weitere Eingabegrößen sind die Signale OV (OVERRIDE), CCS (charge completion signal), MRY (MEMORY) und ST (SELF-TIMER). Das Signal OV bewirkt eine Änderung der Belichtung zum Zweck gezielter „Fehl“-Belichtungen. Durch das Signal CCS wird die Bereitschaft eines zugeschalteten Blitzgeräts gemeldet. Das Signal MRY bewirkt die Speicherung des gemessenen Belichtungswerts. Da nach Bewegung des Spiegels in Aufnahmeichtung der Strahlengang vom Objektiv zum Prisma unterbrochen wird, würde ein in der Nähe des Prismas untergebrachter Fotoempfänger abgedunkelt. Durch das Signal MRY kann beispielsweise der Meßwert vor Beginn der Spiegelbewegung gespeichert werden. Durch das Signal ST kann der Start eines Vorlaufwerkes initiiert werden, welches nach Ablauf einer bestimmten Zeit seinerseits die Kamera auslöst. Mit dem Signal ON soll formal die Kameraauslösung angedeutet sein.

Ausgabegrößen sind Anzeigeeinformationen über die Parameter Belichtungszeit und Blendenwert, ein eingestelltes OVERRIDE sowie die Funktionen CCS oder auch ST. Unter Nutzung geeigneter elektrisch-mechanischer Wandler (Magnete, Mikromotoren) kann die Steuerung von Objektivblende und Kameraverschluß vorgenommen werden. Des weiteren steuert das Elektroniksystem Zusatzgeräte wie Blitzgerät, Motoraufzug (winder) u.a.m., welche durchaus im Kamerakörper integriert sein können.

Zusammenfassend sind durch ein derartiges Elektroniksystem die nachstehenden Funktionen zu realisieren:

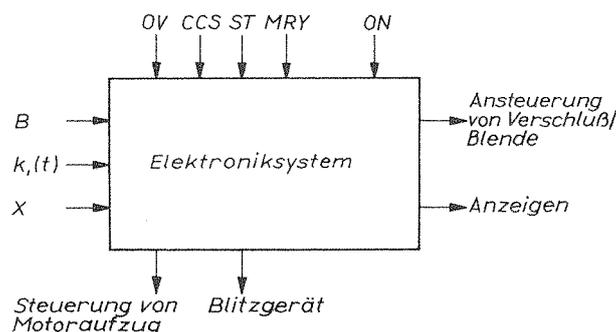
- Lichtmessung (bei Spiegelreflexkameras im allgemeinen durch das voll geöffnete Objektiv, TTL-Innenmessung)
- mechanisch-elektrische Wandlung der Informationen für Blendenwert k (Belichtungszeit t), Filmempfindlichkeit x und ggf. OVERRIDE, welche als Winkelverstellung ihrer Einstellorgane vorliegen
- Verknüpfung der Belichtungsparameter (B , x , k , $[t]$)
- Ansteuerung von Verschluß und/oder Blende
- Ansteuerung von Anzeigeorganen
- Reaktion auf Steuersignale, Koordinierung der Signalverarbeitung
- Ansteuerung peripherer Systemkomponenten.

Als allgemeine Bedingungen stehen minimale Versorgungsleistung durch beschränkte Batteriekapazität, kleine Batteriespannungen ($[1,5 V] 3 V \leq U_B \leq 6 V$) und weiter Temperaturbereich ($-10^\circ C \leq \vartheta \leq 55^\circ C$).

Wandlung von Eingabegrößen

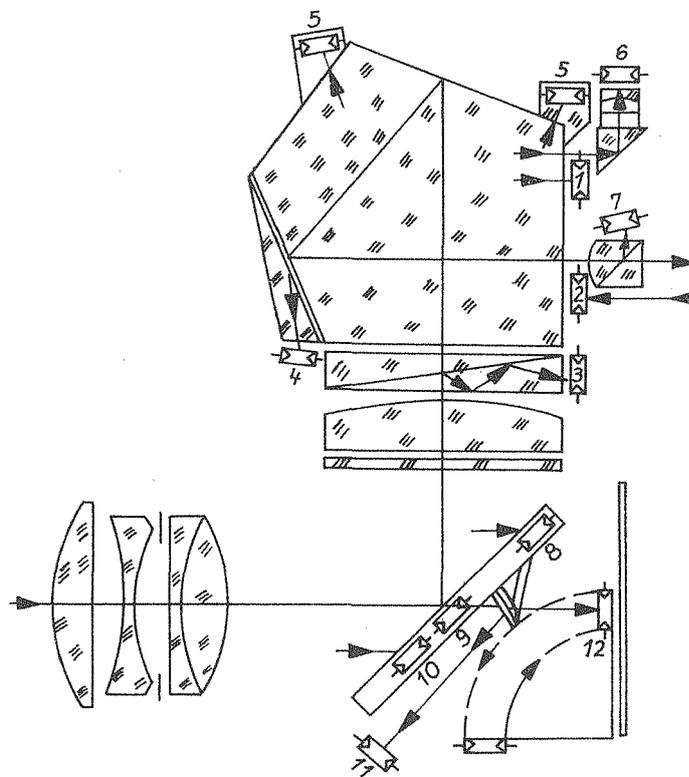
Bevor die aufwendigere optisch-elektrische Wandlung (Lichtmessung) betrachtet wird, sollen einige Bemerkungen zur mechanisch-elektrischen Wandlung der Eingabegrößen Blendenwert (Belichtungszeit), Filmempfindlichkeit und OVERRIDE gemacht werden. Belichtungszeit, Filmempfindlichkeit und OVERRIDE werden häufig über Drehknöpfe am Kamerakörper eingegeben. Die Winkelverstellung wirkt bei analoger Eingabe auf den Schleifer eines Spannungsteilers mit linearer oder exponentieller Charakteristik. Zur direkten Digitaleingabe dienen Schalter, welche ein vier oder fünf bit breites Signal zur digitalen Verarbeitung bereitstellen. Der Blendenwert (gegenüber Vollöffnung) wird entweder mechanisch auf einen in der Kamera liegenden Spannungsteiler oder als elektrisches Signal (Spannungsteiler befindet sich im Objektiv) in die Kamera übertragen. Auch hier sind lineare und exponentielle Charakteristika möglich [1].

Zur Eingabe der der Objektivleuchtdichte B entsprechenden Information dienen Lichtmeßeinrichtungen, in denen als optisch-elektrische Wandler heute CdS-Fotowiderstände und Si- bzw. GaAsP-Fotodioden verwendet werden. Die spektrale Empfindlichkeit des optisch-elektrischen Wandlers (Fotoempfängers) hat der spektralen Empfindlichkeit des menschlichen Auges (V_λ -

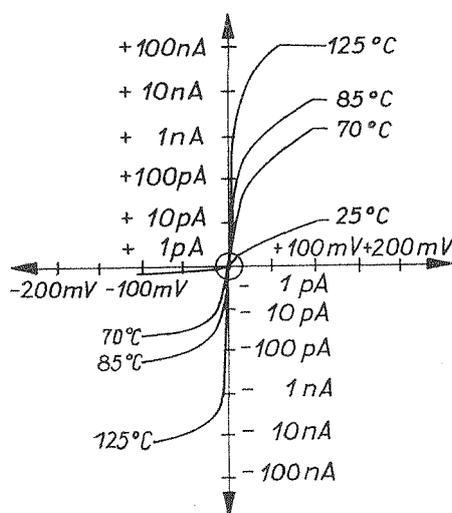


1 Elektroniksystem einer automatischen Spiegelreflexkamera mit Ein- und Ausgabegrößen

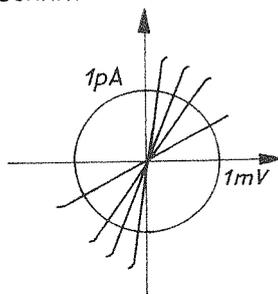
Kurve) möglichst zu entsprechen. Für die Anordnung des Fotoempfängers in der Kamera existieren mannigfaltige Möglichkeiten. In Bild 2 sind einige dieser Möglichkeiten zusammengefaßt dargestellt [2]. Durch die höhere Empfindlichkeit des CdS-Fotowiderstands hat dieser das vor etwa 50 Jahren eingeführte Se-Fotoelement gänzlich verdrängt und ist infolge seiner geringen Kosten noch heute weit verbreitet. Die Nachteile des CdS-Fotowiderstands wie schlechtes Zeitverhalten sowohl in seiner Reaktion auf Änderungen der Beleuchtungsstärke als auch im Sinn der Langzeitstabilität, „Gedächtniseffekt“, schlechtes Temperaturverhalten und eingeschränkter Arbeitsbereich stehen seinem Einsatz entgegen. Mit Si- und GaAsP-Fotodioden wird über den im allgemeinen geforderten Objektleuchtdichtebereich von $0,3 \text{ cdm}^{-2} \leq B \leq 20\,400 \text{ cdm}^{-2}$ bei Betrieb im Kurzschluß eine ausgezeichnete Linearität zwischen der Beleuchtungsstärke auf der Empfängeroberfläche und dem Fotostrom erreicht. Bedingt durch die Dämpfung des Lichtführungssystems liegt die minimal zu verarbeitende Beleuchtungsstärke auf der Empfängeroberfläche in der Größenordnung von 10 mlx . Über die flächenabhängige Empfindlichkeit $s \text{ (A/lx)}$ des Fotoempfängers wird diese Beleuchtungsstärke in Fotostrome im Bereich von 10 pA umgesetzt. Durch den Kurzschlußbetrieb der Fotodiode werden vernachlässigbarer Temperaturkoeffizient des Fotostroms und kleine Zeitkonstanten erreicht. In Bild 3 ist die Kennlinie einer unbeleuchteten Fotodiode wiedergegeben. Der Kennlinienausschnitt zeigt vergrößert den Bereich des Nullpunkts. Hier zeigen Si-Fotodioden gegenüber GaAsP-Fotodioden im allgemeinen ungünstigere Eigenschaften, d. h., der Nullpunkt-widerstand der Si-Fotodiode ist geringer. Im Zusammenwirken mit der stets vorhandenen Eingangs-Offsetspannung des nachgeschalteten Operationsverstärkers treten hier unter Umständen Fehlströme einer solchen Größe auf, daß die Kennlinienfehler am unteren Bereichsende stark ansteigen. Der Nullpunkt-widerstand und die Nullpunkt-kapazität der Fotodiode sind ebenfalls flächenabhängige Größen. Die Steigerung der Empfindlichkeit durch einfache Vergrößerung der Empfängerfläche würde eine Reduzierung des Nullpunkt-widerstands und eine Vergrößerung der Nullpunkt-kapazität bewirken. Durch eine vergrößerte Nullpunkt-kapazität wird im Zusammenwirken mit dem nachgeschalteten Operationsverstärker das Signal-Rauschverhältnis verschlechtert [3], wodurch unter Umständen der geforderte Wert der unteren Grenzleuchtdichte nicht erreicht werden kann. Bei der Wahl der Größe der lichtempfindlichen Empfängerfläche ist zwischen hoher Empfindlichkeit einerseits und hohem Nullpunkt-widerstand bzw. niedriger Nullpunkt-kapazität andererseits ein Kompromiß zu schließen. Typische Werte der Empfängerfläche liegen zwischen 2 und 4 mm^2 . Hinsichtlich des Spektralverhaltens



2 Anordnung des Fotoempfängers anhand einer fiktiven Kamera



Ausschnitt



3 Kennlinie einer Fotodiode (unbeleuchtet)

erhält man die in Bild 4 gezeigten Relationen. Die spektrale Empfindlichkeit der Se- und CdS-Fotoempfänger war „von Natur aus“ gut an die V_λ -Kurve angepaßt. Beim Si-Empfänger ergibt sich infolge des Band-

abstands von $W_g \approx 1,1 \text{ eV}$ eine starke Rotempfindlichkeit, die durch optische Filter und bestimmte Konstruktionsmerkmale der Fotodiode (Antireflexschichten, Tiefe des pn-Übergangs u. a.) entsprechend korrigiert werden kann. Die optischen Filter stellen dabei eine kostenintensive Komponente dar. Beim GaAsP-Fotoempfänger kann das Spektralverhalten durch das Mischungsverhältnis von Ga- zu As-Anteil so beeinflusst werden, daß auf optische Filter verzichtet werden kann. Von den elektrischen Kennwerten her gesehen zeigen sich beim GaAsP-Fotoempfänger einige Vorteile gegenüber dem Si-Fotoempfänger. Aus der Sicht der gemeinsamen (monolithischen) Integration von Fotoempfänger und nachfolgender Verstärkerschaltung liegen die Vorteile zwangsläufig beim Si-Empfänger [5].

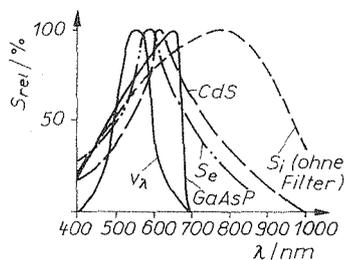
Unmittelbar im Zusammenhang mit dem Fotoempfänger ist bei der Lichtmessung der die Kurzschlußbedingung realisierende Operationsverstärker zu erwähnen. Aufgrund der geringen Betriebsspannung und des großen Dynamikbereichs des zu verarbeitenden Fotostroms macht sich eine Signalkompression erforderlich. Häufig wird diese Signalkompression durch logarithmische Strom-Spannungswandler vorgenommen. Das Prinzipschaltbild eines solchen Strom-Spannungswandlers zeigt Bild 5. Bei der Verarbeitung von Fotoströmen im Bereich von 10 pA bestehen an die Eingangsgrößen des Operationsverstärkers hohe Forderungen [4]. Hier wird man im allgemeinen mit Operationsverstärker-Eingangsstufen arbeiten müssen, die Feldeffekttransistoren besitzen. Das bedeutet, je nach Stand der Halbleitertechnologie entweder monolithische oder hybride Lösungswege

zu verfolgen. An Lichtmeßeinrichtungen, die der Lichtmengenmessung zur Steuerung von Blitzgeräten dienen, werden infolge höherer Fotoströme diese Forderungen nicht gestellt. Hier kann von einem bipolaren Schaltungskonzept ausgegangen werden, wodurch gleichzeitig die monolithische Integration der Fotodiode im Verstärkerschaltkreis ermöglicht wird [5].

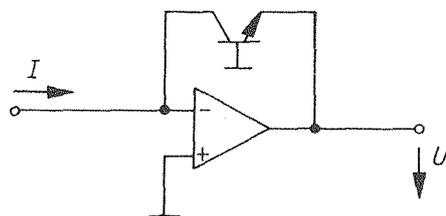
Anzeigeorgane

Die Wahl der in einer Kamera verwendeten Anzeigeorgane ist eng mit der Systemkonzeption verbunden, d. h., der Einsatz verschiedener Anzeigesysteme ist an Art und Realisierung des Elektroniksystems gebunden. In diesem Abschnitt sollen die unterschiedlichen Grundprinzipien von in der Kamera verwendeten Anzeigeorganen losgelöst von den notwendigen Ansteuerschaltungen nebeneinandergestellt werden. Ihre Einsatzmöglichkeiten werden dann im Zusammenhang mit der Betrachtung des signalverarbeitenden Teils des Elektroniksystems aufgezeigt.

Das konventionelle, schon von früheren halbautomatischen Spiegelreflexkameras bekannte Anzeigeorgan ist das Drehspülmeßwerk. Auch heute ist diese Anzeigeform noch in modernen Kameras zu finden. Ein gewisser Vorteil des Meßwerks ist dessen kontinuierliche Anzeige, wodurch auch nicht angegebene Zwischenwerte abgelesen werden können. Mit der Bereitstellung opto-elektronischer Bauelemente wurde eine gewisse Verdrängung dieser konventionellen Anzeigeform eingeleitet, ohne diese aber bis heute gänzlich abzulösen. Als Vorteile von Kameraanzeigen auf der Basis opto-elektronischer Bauelemente werden häufig Unempfindlichkeit gegen Vibration und Stoß und höhere Lebensdauer angeführt. Der Hauptgrund dafür liegt darin, daß keine mechanisch bewegten Teile für dieses Anzeigeorgan notwendig sind. Die Einführung dieser im allgemeinen auf der Basis lichtemittierender Dioden (LED) aufgebauten Anzeigen wurde durch deren Attraktivität und die Möglichkeit einer starken Verbesserung der Sichtbarkeit forciert. Vorteilhaft ist weiterhin der mögliche Angleich der Helligkeit der Leuchtelemente an die Sucherbildhelligkeit. Die Vielfalt darstellbarer Anzeigeformen wird durch den Einsatz von mehrfarbigen Anzeigesystemen sowie durch Blinken mit unterschiedlichen Frequenzen bzw. Dauerlicht kenntlich gemacht. In Bild 6 sind anhand von vereinfachten Sucherbildern mehrere Möglichkeiten von LED-Anzeigesystemen angegeben. Ausgehend von einfachen Anzeigarten für Nullabgleich bei halbautomatischen Kameras [6] erstrecken sich die Möglichkeiten über sogenannte Dot-Anzeigen mit bis etwa zwanzig in einer Reihe angeordneten LED bis zu numerischen Displays. Nachteilig an numerischen LED-Displays ist die relativ hohe Stromaufnahme der LED-Segmente (was beispielsweise der Grund für die „Kleinschreibung“ der Null in der An-



4 Spektralverhalten von Fotoempfängern für fotometrische Messungen

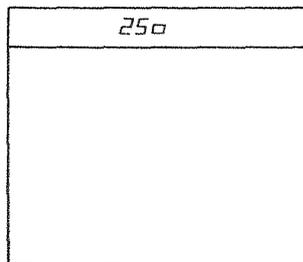
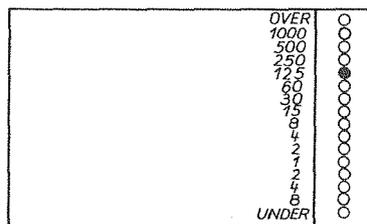
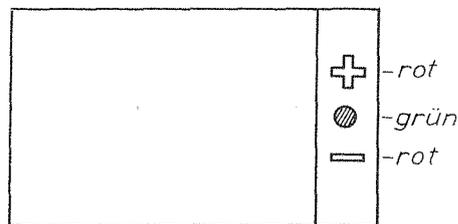


5 Logarithmischer Strom-Spannungswandler m't Transistor-Rückführung (Prinzipialschaltbild)

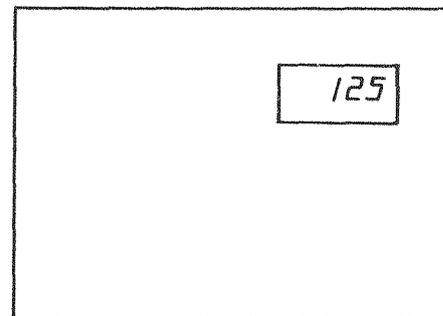
zeige ist). Die Attraktivität der Dot-Anzeigen kann durch mehrfarbige Gestaltung wesentlich erhöht werden. Sinnvoll ist die Zuordnung der Farbe Rot für Bereichsüberschreitungen (OVER, UNDER), der Farbe Grün für Belichtungszeiten kleiner als $1/60$ s und der Farbe Orange für Belichtungszeiten ab $1/30$ s aufwärts. Da für viele Fälle die Kenntnis der konkreten Belichtungszeit von untergeordnetem Interesse ist, ist auch für Automatikkameras eine dreifarbige Belichtungszeitanzeige (Ampelanzeige), bestehend aus drei LED, denkbar (economy-Modelle). Die in Bild 6 demonstrierten Anzeigemöglichkeiten sind sowohl für die angegebene Darstellung der Belichtungszeit als auch für die Darstellung von Blendenwert, Filmschritt u. a. m. nutzbar. Der Einfachheit halber wird aber häufig auch von der direkten optischen Einspiegelung, z. B. der auf dem Blendeneinstellung des Objektivs vorhandenen Zahlen, Gebrauch gemacht [7]. Die mögliche Vielfalt unterschiedlicher Anzeigarten kann nicht annähernd erschöpfend dargestellt werden. Den Abschluß der Betrachtungen soll die in Bild 7 gezeigte (und jüngst realisierte) LCD-Anzeige bilden. Der Vorteil der geringen Leistungsaufnahme der LCD-Anzeigeeinheiten macht die Realisierung numerischer Anzeigen möglich, die nicht den erwähnten Nachteil der LED-Anzeigen besitzen. In Taschenrechnern wird nicht zuletzt aus diesem Grund diese Form der Anzeige bereits umfassend genutzt. Nachteilig ist im geschilderten Einsatzfall die verwendete Durchlichtvariante, deren Erkennbarkeit durch Objektstrukturen und die Helligkeit des Sucherbildes stark beeinträchtigt wird.

Kamera-Steuerschaltung

Der noch zu behandelnde Teil des Elektroniksystems, dessen eigentlicher Kern, wurde in Bild 1 durch den für die Signalverarbei-



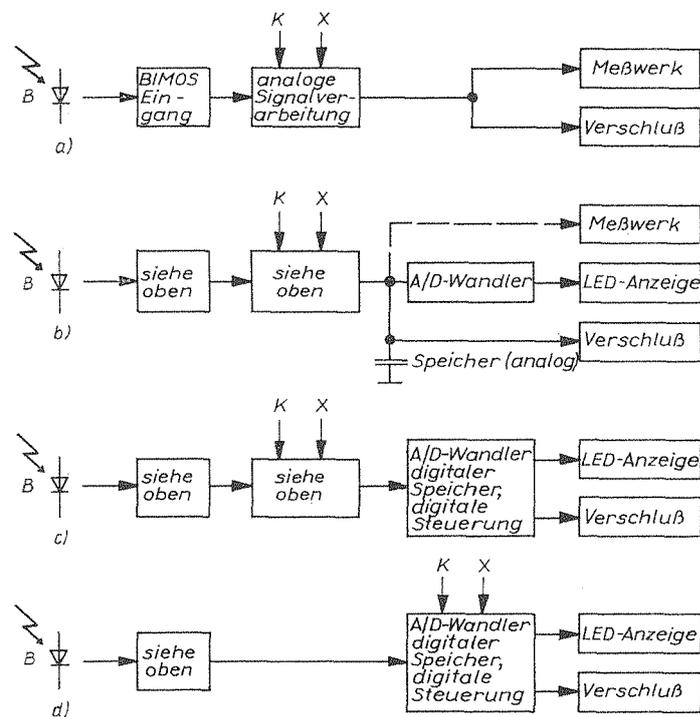
6 LED-Anzeigen im Sucher (schematische Darstellung)



7 LCD-Anzeige im Sucher (schematische Darstellung)

tung und Steuerung der Kamerafunktionen verantwortlichen Block dargestellt. Unter Kamera-Steuerschaltung soll also hier der Teil des Elektroniksystems verstanden werden, der sich funktionell zwischen den eigentlichen Eingabeorganen und den Ausgabeorganen befindet. Die Grenzen sollen dabei nicht scharf gezogen werden. Betrachtet man die unterschiedlichen Systemkonzepte automatischer Kameras, lassen sich für Zeitautomaten grundsätzlich die in Bild 8 dargestellten Varianten unterscheiden. Allen dargestellten Varianten gemeinsam soll ein aus Fotoempfänger und mit FET-Eingängen ausgerüsteter Operationsverstärker, der neben der Strom-Spannungswandlung für die Dynamikkompression des Fotostroms verantwortlich ist, bestehender Trakt zur Eingabe der Objektleuchtdichteinformation sein. Die in Bild 8a gezeigte einfache Variante einer halbautomatischen Kamera besitzt einen mechanisch oder einen mit Festzeiten elektronisch

gesteuerten Verschuß. Zur Anzeige dient ein konventionelles Meßwerk als Nullinstrument. Durch einfache schaltungstechnische Maßnahmen werden die Belichtungsparameter (B, k, x) verknüpft. Aus dieser einfachen Grundvariante läßt sich die in Bild 8b gezeigte Variante einer Automatikkamera entwickeln. Die Verknüpfung der Belichtungsparameter geschieht auf die gleiche, analoge Weise wie in Bild 8a. In einem Speicherkondensator wird zur Realisierung der MEMORY-Funktion der ermittelte Belichtungswert gespeichert. Die Belichtungszeit wird analog, d. h. über die Konstantstromladung eines Kondensators in Verbindung mit einem Schwellwertschalter gebildet. Die Ansteuerung des Verschlusses erfolgt über Magnete (elektronischer Verschuß). Wird zur Anzeige ein numerisches oder Dot-Display vorgesehen, ist eine vorherige A/D-Wandlung des Belichtungswertes notwendig. Bei Anzeige durch ein konventionelles Meßwerk kann auf diese Funktionsgruppe verzichtet werden [8]. Um die Genauigkeit der Verschußsteuerung zu erhöhen, kann dessen Ansteuerung digital erfolgen. Ein für die Verschußsteuerung und die Anzeige gemeinsam genutzter A/D-Wandler setzt den Belichtungswert in die digitale Form um. Durch den digitalen Schaltungsteil werden Verschuß und Anzeige gesteuert (Bild 8c) und Nebenfunktionen realisiert [9]. Führt man die in den Varianten Bild 8a bis Bild 8c aufgeführte Entwicklung systematisch weiter, kommt man zur Variante Bild 8d. Diese Variante wurde unter dem Gesichtspunkt einer möglichst zeitigen A/D-Wandlung entworfen. Die fehlenden Belichtungsparameter sind bei dieser Variante in digitaler Form einzugeben. Der digitale Funktionsblock übernimmt die Funktionen der A/D-Wandlung, der digitalen Speicherung, der Ansteuerung der Anzeige und der Ansteuerung des Verschlusses. Die digitale Speicherung hat gegenüber der analogen (Kondensator-)Speicherung den Vorteil einer praktisch unbeschränkten Zeitkonstanten. Da die meisten Funktionen durch den digitalen Schaltungsteil erbracht werden, ist auch eine Reduzierung der Einzelkomponenten erreicht. Bei der ständigen Volumenreduzierung bei Spiegelreflexkameras kommt zwangsläufig der Größe des Elektroniksystems, die wesentlich von der Anzahl und der Art der verwendeten Bauelemente bestimmt wird, eine entscheidende Bedeutung zu. Sicher können aus den angegebenen Schaltungsvarianten weitere abgeleitet werden. Hier soll dieser Weg nicht weiter verfolgt, sondern die Realisierbarkeit der angegebenen Konzepte betrachtet werden. Den unterschiedlichen Technologien der Halbleitertechnik wird in dem Maße Beachtung geschenkt, wie diese für den Aufbau von Elektroniksystemen für Spiegelreflexkameras bedeutungsvoll sind. Ausgangspunkt der Betrachtungen soll die letzte Variante sein, deren Steuerschaltung



8 Varianten von Elektroniksystemen zur Steuerung der Belichtungszeit

ausschließlich aus digitalen Komponenten besteht, die in einem hochintegrierten (LSI-)Schaltkreis untergebracht werden können. Für die Schaltungsrealisierung kommt vornehmlich die CMOS- bzw. I²L-Technologie in Frage, da sie gleichzeitig geringe Leistungsaufnahme bei niedrigen Betriebsspannungen erlauben. Aufgrund der zeitigen Digitalisierung wird sich hier ein sehr komplexer Schaltkreis mit einer hohen Anzahl von nach außen zu führenden Anschlüssen (pins) ergeben. Eine gemischte Analog/Digital-Variante kann hier eine gleichberechtigte Lösung sein. Wird dabei eine Vereinigung von analogen und digitalen Schaltungsfunktionen in einem Schaltkreis erwogen, muß dem die verwendete Technologie Rechnung tragen. Die bipolare I²L-Technologie erlaubt prinzipiell die gleichzeitige Integration analoger Schaltungskomplexe. Als Beispiel für ein in etwa der Variante Bild 8c entsprechendes Elektroniksystem soll das der Spiegelreflexkamera Canon AE-1 genannt werden [10]. Bei dieser Kamera handelt es sich allerdings um einen Blendenautomaten! Zur Lichtmessung dient ein Hybridbaustein, der Fotodiode und logarithmischen Strom-Spannungswandler mit FET-Eingängen beinhaltet. Die weiteren aktiven Komponenten des Elektroniksystems befinden sich in zwei 18poligen Bipolarschaltkreisen. In beiden Schaltkreisen sind analoge und digitale (I²L) Schaltungsfunktionen enthalten. An die analogen Schaltungsfunktionen gebunden sind eine nicht geringe Anzahl peripherer Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und für den Abgleich erforderliche Einstellregler. Dieser Nachteil der analogen Schaltungstechnik bereitet häufig Schwierigkeiten bei der Entwicklung der als Bauelemente- und Verdrahtungsträger dienenden flexiblen Leiterplatte. Ne-

ben der Nutzung der I²L-Technologie für die Integration analoger und digitaler Schaltungsfunktionen auf einem Chip kann zu diesem Zweck auch die CMOS-Technologie herangezogen werden [11]. Aufgrund beträchtlicher Schwierigkeiten bei der Beherrschung dieser Mischtechnologien ist deren Durchbruch in den Schaltungsrealisierungen in der geschilderten komplexen Weise noch nicht erreicht. Die Trennung analoger und digitaler Schaltungsfunktionen erlaubt die Anwendung der zu diesen Funktionen gehörenden Standardtechnologien, welche aufgrund ihrer guten Beherrschung gleichzeitig eine gute Ausbeute und damit vertretbare Kosten garantieren. Für die analogen Schaltungsfunktionen wird man die verbreitete Standard-Bipolar-technologie so anwenden, daß die Forderungen nach geringer Leistungsaufnahme und geringer Versorgungsspannung erfüllt werden können. Für den digitalen Verarbeitungsteil kann vorteilhaft die diese Bedingungen ohnehin erfüllende CMOS-Technologie angewandt werden. Wird nun die BiMOS-Technologie wenigstens soweit beherrscht, daß die Eingangs-FET des Strom-Spannungswandlers hinter der Fotodiode auf dem ansonsten bipolaren Schaltkreis untergebracht werden können, entsteht ein Minimum an aktiven Schaltungsteilen [12]. Dieser geschilderten Realisierungsvariante entspricht das bereits in [9] vorgestellte Konzept der Praktica B 200.

Ausblick

Die Entwicklung moderner Spiegelreflexkameras ist heute in starkem Maße vom Entwicklungsstand (und den Entwicklungszeiten) der Halbleitertechnik abhängig. Mit der ständigen Weiterentwicklung der Halbleitertechnik wird ein Verschmelzen analoger und digitaler Funktionen möglich. Ent-

wicklungen der Sensor- und Fernsteuer-technik, die in anderen Konsumgütern bereits zum Stand der Technik gehören, beginnen Eingang in die Kameratechnik zu finden. Durch attraktive Anzeigemittel können alle notwendigen Informationen im Sucher zur Anzeige gebracht werden, was in gewissem Sinn eine Umfunktionierung zum Terminal bedeuten dürfte. Systeme der Autofokussierung, die für den Einsatz in der Spiegelreflexkamera z.Z. noch keine befriedigende Lösung darstellen, sind entsprechend den Forderungen, die sich aus dem Spiegelreflexeinsatz ergeben, zu entwickeln und in den Konzepten moderner Kameras zu berücksichtigen.

Alle diese genannten Entwicklungsrichtungen (und sicher sind es noch einige mehr) benötigen erweiterte oder auch neue Lösungen auf dem Gebiet elektronischer Bauelemente. Erinnert sei dabei auch an solche Probleme wie die elektronische Objek-

tivblende bzw. den elektronischen Verschluss. Der heute verwendete, durch Elektromagnete angesteuerte mechanische Verschluss wird leider irrtümlicherweise ebenfalls als elektronischer Verschluss bezeichnet. Für die Entwicklungen auf dem Gebiet elektrisch-mechanischer Wandler (Magnete, Motoren) gelten dabei selbstverständlich entsprechende Forderungen.

Literatur

- [1] Reimann, H. F.: Die elektrische Blendensimulation in der Praktica LLC-Kamera. Photo-Technik und -Wirtschaft **23** (1972) 1, S. 13–16
- [2] van Mieren Loventijn, J. H.: Methoden der Innenmessung. Photo-Technik und -Wirtschaft **20** (1969) 8, S. 312–313
- [3] Hähnel, U.; Kühnel, C.: Untersuchungen zum Rauschverhalten eines logarithmischen Strom-Spannungswandlers im Bereich niedriger Eingangsströme. Nachrichtentechnik – Elektronik **31** (1981) 3, S. 113–117
- [4] Kühnel, C.: Einfluß realer Operationsverstärker-Eingangsparameter auf die statische Kenn-

- linie von Strom-Spannungswandlern. Nachrichtentechnik-Elektronik **29** (1979) 12, S. 494–495
- [5] Monticelli, D. M.: A versatile monolithic IC buildingblock for light-sensing Applications. IEEE J. SC-13, (1978) 6, S. 873–881
- [6] Reimann, H. F.: Zur Substitution mechanischer Baugruppen in der Amateur-Stehbildkamera. BILD UND TON **30** (1977) 8, S. 241–246
- [7] Hahn, W.; Jurenz, R.; Schütze, S.: Praktica B 200. BILD UND TON **33** (1980) 8, S. 237–247, 252
- [8] Schütze, S.: Praktica EE 2 – Spiegelreflexkamera mit elektronischer Belichtungszeitsteuerung. radio fernsehen elektronik **26** (1977) 15, S. 491–499
- [9] Schütze, S.; Kühnel, C.: Spiegelreflexkamera Praktica B 200. radio fernsehen elektronik **30** (1981) 8, S. 479–483
- [10] ...: Canon camera has digital controls of analog action. Electronics, 8. Juli 1976, S. 3E bis 4E
- [11] Schade, O. H. jr.: BiMOS micropower IC's. IEEE J. SC-13 (1978) 6, S. 791–798
- [12] Kühnel, C.: Bipolare und MOS-Bauelemente auf einem Chip. radio fernsehen elektronik **28** (1979) 7, S. 447–449