

Einsatz der Mikroelektronik in Stehbildkameras

Dipl.-Ing. C. Kühnel
Kombinat VEB Pentacon Dresden

Durch den Einsatz der Mikroelektronik in der Stehbildkamera ist der Übergang von mechanischer Steuerung der Kamerafunktionen zu deren automatischer Steuerung unter Nutzung elektronischer Bauelemente möglich. In der Substitution mechanischer Baugruppen und in der Erhöhung des Automatisierungsgrades der Bedienfunktionen wird der Einsatz der Mikroelektronik deutlich. Dadurch werden neue Lösungsprinzipien unter Einschluß vieler Nebenfunktionen möglich. Für die Steuerung der Kamerafunktionen sind bei modernen Stehbildkameras deshalb Elektroniksysteme notwendig. Der Stand der mikroelektronischen Bauelemente und die Beherrschung der Schnittstellen zur Kamera sind hierbei von großer Bedeutung.

1. Funktionen des Elektroniksystems einer Stehbildkamera

Das erste, durch die Automatisierung der Kamerafunktionen berührte Gebiet war mit der Verfügbarkeit von fotoelektrischen Bauelementen die Belichtungsmessung. Ausschlaggebend für die Belichtung des in einer Kamera verwendeten Filmmaterials ist das Integral der Beleuchtungsstärke E in der Filmebene über der Zeit t . Die Empfindlichkeit x des Filmmaterials ist dabei umgekehrt proportional zur erforderlichen Belichtung H

$$H = \int_0^{t_B} E(t) dt. \quad (1)$$

Mit den Führungsgrößen für die fotografische Aufnahme erhält man unter Voraussetzung konstanter Objektleuchtdichte B (und damit auch konstanter Beleuchtungsstärke E in der Filmebene) aus Gl. (1) die Beziehung

$$Bt_B = ck^2 \cdot 10^{-x/10} \quad (2)$$

k Blendenwert
 $c = 15,9 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$ Proportionalitätskonstante.

Gl. (2) kann bei Vorgabe der Führungsgrößen B , k und x als Programm zur Ermittlung der die Bedingungen an die optimale Belichtung des Filmmaterials erfüllenden Belichtungszeit t_B angesehen werden.

Vom Elektroniksystem sind für die Steuerung der Belichtungszeit folgende Funktionen zu realisieren:

- Messung der Objektleuchtdichte
- Eingabe der Informationen über Filmeempfindlichkeit und Objektivblende
- Verknüpfung der Führungsgrößen
- Ansteuerung des Kameraverschlusses
- Ansteuerung der Anzeigeeinheiten im Sucher (zur Information werden dem Nutzer der Kamera die erforderlichen Daten im Sucher der Kamera angezeigt)
- funktionelle Verbindung von Kamera/Blitzgerät und erforderlicher Informationsaustausch. (Um das Fotografieren bei ungünstigen Beleuchtungsbedingungen zu ermöglichen, wird vorteilhaft von der Blitztechnik Gebrauch gemacht; Automatisierungsmöglichkeiten ergeben sich hier bis hin zur kameraseitigen Steuerung des Blitzgerätes (Blitzbelichtungsmessung, Computerblitztechnik); durch die Automatisierung der Blitzfunktionen wird die Gutausbeute an fotografischen Aufnahmen bei den vorliegenden, recht diffizilen Beleuchtungsbedingungen stark verbessert)
- Ansteuerung von Motoren für Antriebsfunktionen (durch den Einbau von (Mikro-)

Motoren in die Kamera lassen sich Aufzugs- und Filmtransportfunktionen automatisieren).

Durch eine entsprechende Ausgestaltung der Elektroniksysteme läßt sich eine Vielzahl von externen Zusatzgeräten mit der Kamera verbinden.

Die notwendigen Funktionen dienen der

- Ansteuerung von Datenrückwänden zur Belichtung von verschiedenen Informationen (Datum, Uhrzeit) auf das Filmmaterial
- Verknüpfung mit Fernsteuereinrichtungen (Funk-, Infrarotfernsteuerung)
- Verknüpfung mit Steuergeräten zur Realisierung vorprogrammierbarer Aufnahmeabfolgen.

Das Systemkonzept enthält nach vorgesehenem Einsatzgebiet der Kamera und/oder Anwenderzielgruppe weitere Funktionen. Hierauf soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden. Bild 1 zeigt eine Zusammenfassung der genannten Funktionen, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Eine Systematisierung wurde vorgenommen: Links befinden sich die zur Realisierung einer optimalen Belichtung erforderlichen, in den meisten Fällen als analoges Signal vorliegenden Führungsgrößen. Rechts sind die Ausgänge, deren Signale durch das Belichtungsmeßsystem gebildet werden. Am Funktionsblock (oben und unten) liegen Signale, welche die Ablaufsteuerung bei der Belichtungsmessung und -zeitbildung und auch die Steuerung peripherer Komponenten des Kamerasystems bewirken. Wird die Trennung nicht scharf aufgefaßt, können bei einem Kamera-Elektroniksystem Belichtungsmeßsysteme und Ablaufsteuerung unterschieden werden.

2. Wandlung der Eingabegrößen

Alle auf die Ablaufsteuerung wirkenden Signale liegen in digitaler Form (durch mechanische Schalter gebildet) vor und können direkt durch das Elektroniksystem verarbeitet werden. Bei den Eingabegrößen für die Belichtungszeitbildung ist das im allgemeinen nicht der Fall. Die Informationen für Blendenwert und Filmeempfindlichkeit liegen als Winkelverstellung ihrer Eingabeorgane vor und sind deshalb einer mechanisch-elektrischen Wandlung zu unterziehen. Neben Kodier-

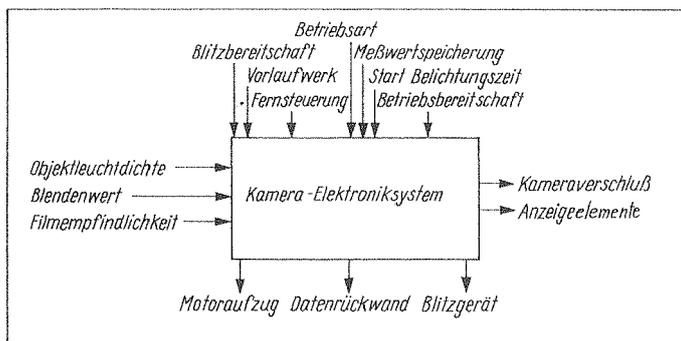


Bild 1. Kamera-Elektroniksystem mit Ein- und Ausgabegrößen

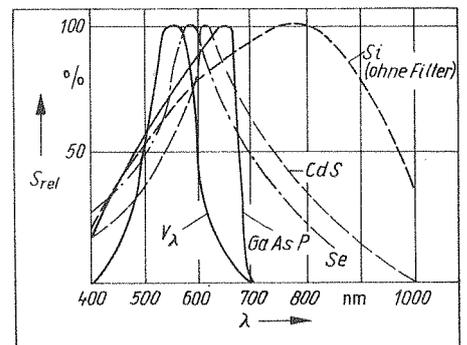


Bild 2. Spektralverhalten von Fotoempfängern für fotometrische Messungen

schaltern, welche ein digitales Ausgangssignal liefern, werden lineare und exponentielle Spannungsteiler für die erforderliche Wandlung verwendet. Die Signale für Blendenwert und Filmempfindlichkeit liegen dann in analoger Form für die weitere Verarbeitung vor. Die Objektleuchtdichte wird durch eine Lichtmessung (Fotowiderstände oder Fotodioden) bestimmt. Durch die günstigeren elektrischen Eigenschaften setzen sich in modernen Kameras Fotodioden für die Lichtmessung verstärkt durch. Da die Lichtmessung spektral auf die Empfindlichkeit des menschlichen Auges abgestimmt sein muß, sind gesonderte Maßnahmen zur spektralen Anpassung erforderlich. Die konventionelle und kostenintensivste Methode des Einsatzes optischer Filtergläser wird durch gezielte Beeinflussung der Fotodiodenkonstruktion und bestimmter Halbleitermaterialien verdrängt. Bild 2 zeigt die normierte, spektrale Empfindlichkeit verschiedener Fotoempfänger für fotometrische Messungen.

Bild 3. Varianten von im Sucher einer Kamera angeordneten Anzeigeelementen

- a) Meßwerk
- b) „Nullinstrument“ mit LED
- c) LED-Zeile
- d) numerisches LED-Display
- e) numerisches LCD-Display

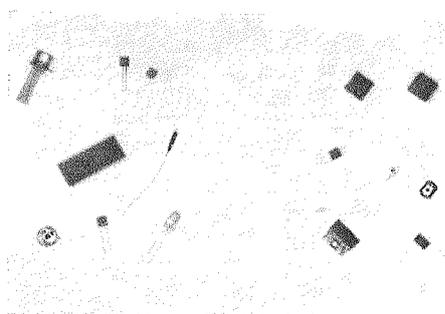
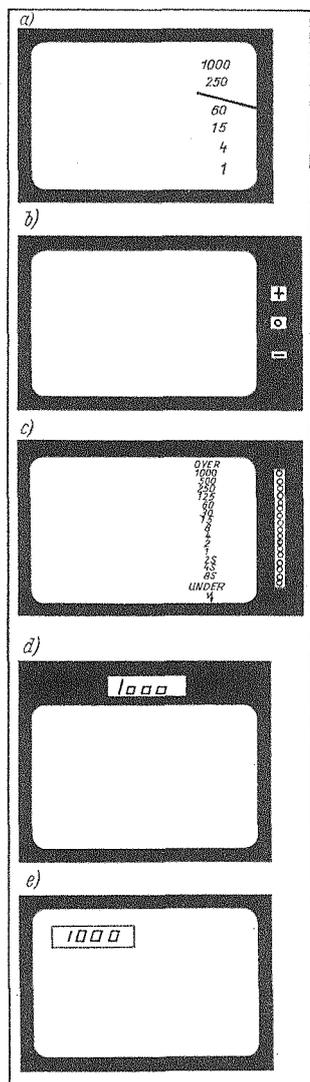


Bild 4. Gegenüberstellung von aktiven elektronischen Bauelementen konventioneller und für den Kameraeinsatz geeigneter Bauform

3. Ausgabebaugruppen

Betrachtet man Bild 1, kann die Art der Ausgabesignale und -baugruppen abgeleitet werden. Die peripheren Geräte werden über digitale Signale gesteuert bzw. deren Funktionsablauf mit dem der Kamera synchronisiert. Die Verschlusssteuerung wird durch spezielle Elektromagnete vorgenommen. Nach dem Freiwerden des ersten Verschlüsselementes wird der Abfall des zweiten Verschlüsselementes um den Betrag der Belichtungszeit verzögert. Die Öffnungszeit des Kamaverschlusses entspricht damit der durch die Belichtungsmeßschaltung ermittelten optimalen Belichtungszeit.

Die Anzeigebaugruppen der Kameras weisen eine große Typenvielfalt auf. Neben dem heute noch eingesetzten konventionellen Drehspulmeßwerk finden verstärkt Anzeigeelemente auf der Grundlage von Lichtemitterdioden (LED) und Flüssigkristalldisplays (LCD) Einsatz. Einfache Kameraanzeigen werden durch einige wenige LED gebildet. Ist die Anzeige von mehreren Betriebszuständen und/oder einem großen Belichtungszeitumfang ($1/1000$ bis 8 s) mit großer Auflösung gewünscht, werden LED-Punkt-Anzeigen mit bis zu zwanzig Leuchtpunkten durch das Elektroniksystem angesteuert. Durch mehrfarbige Displays kann eine gute Wirkung erzielt werden. Der Hauptnachteil der geschilderten LED-Anzeigen ist der hohe Energiebedarf, der vor allem bei numerischen (Sieben-Segment-) Anzeigen kritische Werte annimmt. Durch den Einsatz von numerischen LCD-Displays wird dieser Nachteil umgangen. Bild 3 zeigt schematisch einige im Sucher einer Kamera angeordnete Anzeigeelemente.

4. Bauelemente- und Verdrahtungsträger

Dem Bauelemente- und Verdrahtungsträger eines Kamera-Elektroniksystems kommt eine große Bedeutung zu. Trotz Zunahme der Funktionen, die durch das Elektroniksystem realisiert werden, muß die Volumenreduzierung bei Kameras Beachtung finden. Es ist erforderlich, jeden nur möglichen Freiraum der Kamera zur Unterbringung des Elektroniksystems zu nutzen. Flexible Leiterplatten, welche weitgehend an die lokalen Bedingungen der Kamera angepaßt werden können, finden hier ihren Einsatz. Als Leiterplattenmaterial für den Einsatz in Kameras hat sich Poly-

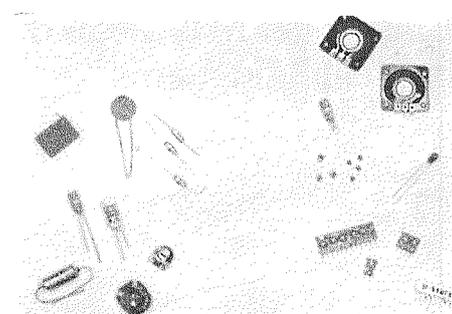


Bild 5. Gegenüberstellung von passiven elektronischen Bauelementen konventioneller und für den Kameraeinsatz geeigneter Bauform

imid durch günstige mechanische und technologische Eigenschaften weitgehend durchgesetzt. Es sind Lösungen entstanden, welche (durch ungünstige Kosten beim Einsatz von Polyimid) dieses flexible Leiterplattenmaterial nur an den unbedingt erforderlichen Stellen im Kamerakörper benötigen. Durch Verwendung eines flexiblen Verdrahtungsträgers werden die Anzahl der erforderlichen Drähte und Lötstellen reduziert.

5. Bauelemente des Elektroniksystems

Elektroniksysteme von Kameras werden in zunehmendem Maße durch den Einsatz von integrierten Schaltkreisen gekennzeichnet. In Abhängigkeit von der Anzahl der durch das Elektroniksystem oder durch die Kamera zu realisierenden Funktionen wird der Umfang (Anzahl der eingesetzten Schaltkreise und diskreten Bauelemente) der auf der flexiblen Leiterplatte unterzubringenden Bauelemente bestimmt. Die zur Verfügung stehenden Schaltkreistechnologien ergeben die Anzahl der Funktionen, welche je Schaltkreis ermöglicht werden. Auf die Schaltungstechnik soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden [1] [2].

Die konstruktiv-technologischen Bedingungen der zum Einsatz kommenden Bauelemente stehen im Mittelpunkt der Betrachtung. Durch den geringen Freiraum, der für das Elektroniksystem zur Verfügung steht, kommt den Fragen des Flächen- und Volumenbedarfs und der Verarbeitbarkeit der Bauelemente große Bedeutung bei. In den Bildern 4 und 5 sind Bauelemente konventioneller Bauform denen gegenübergestellt, die für den Einsatz unter den gegebenen Bedingungen geeignet sind. Bei den im Bild 4 gezeigten integrierten Schaltkreisen ist die Unbrauchbarkeit der konventionellen Bauformen für komplexere Elektroniksysteme unmittelbar ersichtlich. Flat-pack-Schaltkreise zeigen für den genannten Einsatzfall wesentlich günstigere Eigenschaften. Auch für die anderen im Bild 4 gezeigten aktiven Bauelemente wird die Volumenreduzierung deutlich. Bild 5 zeigt die passiven Bauelemente, welche durch analoge Schaltungsfunktionen erforderlich sind. Die für die Eingabe der Filmempfindlichkeit dienenden exponentiellen bzw. linearen Spannungsteiler sind an die Bedingungen des Einstellelements gebunden und damit einer Miniaturisierung nur bedingt

Strategie zur mikrorechnergestützten Prüfung und Diagnose elektronischer Baugruppen

Dipl.-Ing. H. Wackwitz
TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Informationstechnik

zugänglich. Anders liegt der Sachverhalt bei Einstellwiderständen, die für den Kameraein-satz, vereinigt mit Festwiderständen in Dick-schichtschaltungen, realisiert werden. Netz-werke mit Festwiderständen auf der Basis der Dünnschichttechnologie lassen sich ebenfalls vorteilhaft nutzen. Mit der Bereitstellung von Kondensatoren in Chip-Bauform für einen weiten Kapazitätsbereich sowie Tropfen-Tantal- bzw. Niedervolt-Elektrolytkondensa-toren sind diese Bauelemente ebenfalls für die Bestückung flexibler Leiterplatten nutzbar.

Beim konventionellen Entwurf wird eine Lei-terplatte entsprechend den durch die Bau-elemente vorgegebenen Anschlußbedingungen konstruiert, die Freiraumbedingungen und die daraus resultierende Leiterzugdichte auf der flexiblen Leiterplatte lassen einen solchen Entwurf im allgemeinen nicht zu. Erforderlich ist eine solche Anschlußbelegung der Schalt-kreise, die einen günstigen Leiterplattenent-wurf erlaubt. Durch Zusammenarbeit von Bauelementehersteller und Bauelementeanwen-der müssen eine neue Qualität der Zusammen-arbeit entwickelt und geeignete Kompromisse erarbeitet werden.

6. Zusammenfassung

Elektroniksysteme moderner Kameras ermög-lichen eine Vielzahl von Funktionen, welche ohne den Einsatz der Mikroelektronik bis-her kaum denkbar waren. Es wurden die zu erfüllenden Funktionen herausgearbeitet und auf die Schnittstellen Kamera - Elektronik-system eingegangen. Die aus den räumlichen Bedingungen der Kamera resultierenden For-derungen und deren Erfüllung durch den Ein-satz flexibler Leiterplatten als Bauelemente- und Verdrahtungsträger sowie miniaturisierter bzw. hybridgerechter Bauelemente in der elektronischen Schaltung werden betrachtet.

Literatur

- [1] Kühnel, C.: Einsatz der Mikroelektronik in Spiegelreflexkameras. BILD UND TON 34 (1981) 11, S. 343-347.
[2] Hütze, S.; Kühnel, C.: Spiegelreflexkamera raktica B 200. radio · fernsehen · elektronik 30 (1981) 8, S. 479-483. Fg 8174

1. Anwendungsbereich und Diagnoseobjekte

In Service und Fertigung elektronischer Bau-gruppen haben möglichst kleine, modular aufgebaute Geräte mit einfacher Bedienung den Vorrang. Selbst mit angelerntem Personal muß eine leichte und schnelle Fehlerortung möglich sein und die Vorbereitung der Dia-gnose darf nur geringe Anforderungen an das Bedienpersonal stellen. Besonderer Wert ist auf eine leichte Handhabung des Diagnose-systems zu legen, auch wenn dies auf Kosten der Diagnosezeit geht.

Wie in der Fertigung, so kann auch im Service davon ausgegangen werden, daß die Geräte und deren Baugruppen prinzipiell funktionsfähig sind und nur durch Bauele-menteausfall u. ä. funktionsuntüchtig wurden. Die in der Fertigung auftretenden Fehler sind grundsätzlich denen des Service gleich. Aus diesem Grund ist die Diagnose in Fertigung und Service auch mit gleichen Geräten durch-führbar.

Die zu prüfenden Baugruppen, die Diagnose-objekte, sind im vorliegenden Fall Steckein-heiten von Geräten der mittleren Datentechnik. Das Bauelementespektrum reicht dabei von Schaltkreisen der SSI-, MSI-, LSI-Technik bis zu diskreten Bauelementen. Dadurch wird eine maschinelle Diagnose erschwert. Durch die entwickelte Software können Bau-gruppen mit max. 256 Diagnoseelementen und mit max. 128, dem Informationsfluß dienenden Steckkontakten bearbeitet werden. Ein Dia-gnoseelement ist eine, nach technischen und ökonomischen Aspekten festzulegende, klein-ste reparierbare oder austauschbare Struktur-einheit eines Diagnoseobjektes, die in dem Fall, daß sie Fehler aufweist, zu lokalisieren ist. Je nach Anwendungsfall kann also ein Diagnoseelement beispielsweise ein Gatter, ein Zähler, eine CPU oder ein Pegelwandler sein [1].

2. Struktur des mikrorechnergesteuerten Diagnoseplatzes

Bei dem Diagnoseplatz (Bild 1) handelt es sich im wesentlichen um das Mikrorechner-system K 1520 mit der entsprechenden Peri-pherie, Software und geeigneten Hardware-zusätzen.

Um über einen Dialogverkehr eine Bediener-führung durchführen zu können, werden die

Tastatur und der Bildschirm benötigt. Für die Speicherung der Prüferunterlagen und der Informationen über die Struktur des Diagnose-objektes verwendet man einen externen Massen-speicher.

Die Testerelektronik besteht aus den Bau-gruppen Anpaßelektronik, schneller Puffer-speicher, Testmuster-generator, Koppelfeld mit Ansteuerung, Prüflingsaufnahme und Auf-nahme des Referenznormals. Die Anpaß-elektronik realisiert die Ankopplung der Tester-elektronik an den Rechner und steuert die Baugruppen der Testerelektronik. Der schnelle Pufferspeicher dient der Aufnahme eines Teiltestsatzes und bei dessen Abarbeitung der Speicherung der Werte der Ausgangsklemmen. Durch den Testmuster-generator kann eine Testfolge erzeugt werden, bei deren Abarbei-tung der Prüfling durch Vergleich mit einem Referenznormal diagnostiziert wird. Da dies über die primären Kontakte der Baugruppe in den seltensten Fällen möglich ist, benötigt man noch Antastsonden, um innere Punkte der Schaltung des Diagnoseobjektes und des Referenznormals antasten zu können.

Über das Koppelfeld wird die Zuordnung der Ein- und Ausgänge der Baugruppe zu ihren Steckkontakten getroffen. Außerdem kann es noch Pegelwandlungen realisieren. Die Auf-nahme des Diagnoseobjektes und die Auf-nahme des Referenznormals dienen der Adap-tierung von Baugruppen mit verschiedenen Steckverbindern.

3. Grundlage der Diagnose

Für die Diagnose wurde eine Strategie zur Fehlererkennung und Fehlerlokalisierung konzipiert, die in wichtigen Abschnitten auf der Diagnostizierbarkeitsanalyse basiert [2]. Diese Analyse ist ein graphentheoretisches Verfahren zur Behandlung von Schaltungen mit dem Ziel, selbständig prüfbar Unter-systeme, Antastpunkte, Schnittstellen zur opti-malen Schleifenauffrennung in rückgekoppel-ten Systemen und Prüfreihenfolgen zu bestim-men. Grundlage für diese Analyse ist die Verbindungsmatrix, in der alle Verbindungen zwischen den Elementen der Schaltung abge-speichert sind, und die Erreichbarkeitsmatrix, in der alle Wege durch die Schaltung abge-speichert sind (Bild 2).

Als Ergebnis der Diagnostizierbarkeitsanalyse kommt unter anderem die Prüfreihenfolge mit