

# Integrierte Schaltungen für Kameras

Dr.-Ing. DIETRICH ARMGARTH

In der Arbeitsstelle für Molekularelektronik Dresden wurden die integrierten Schaltungen A 902 und A 910 für den Einsatz in elektronischen Kameras entwickelt. A 902 ist ein Schmitt-Trigger (Hysterese von  $U_S$  abhängig) mit einem Ausgangsverstärker und wird zur Steuerung der Verschlusszeiten eingesetzt, während A 910 ein sogenannter Steuerschaltkreis ist, der mehrere Transistoren und Widerstände enthält, die entsprechend den Forderungen der Kameraindustrie zusammengeschaltet wurden. Beide IS werden mit weiteren Anwendungsmöglichkeiten in diesem Beitrag, der die bearbeitete Form eines Vortrages auf dem 7. Halbleiterbauelemente-Symposium vom 13.–15. 5. 1975 in Frankfurt (Oder) ist, vorgestellt.

Mitteilung aus der  
Arbeitsstelle für Molekularelektronik Dresden

## A 902

### Funktionsweise

Das Schaltbild der IS A 902 ist im Bild 1 angegeben, Bild 2 zeigt die Anschlußbelegung.

Nach dem Anlegen der Betriebsspannung zwischen den Anschlüssen 1 und 3 werden die Transistoren  $T_3$ ,  $T_4$  und  $T_5$  leitend. Damit sind  $T_6$  gesperrt und  $T_7$  wieder leitend. Durch den äußeren Arbeitswiderstand, der zwischen den Anschlüssen 4 und 1 liegt, kann ein Strom fließen. Wird ein Strom in Pin 2 eingespeist, so sind die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  leitend,  $T_3$ ,  $T_4$  und  $T_5$  sind gesperrt,  $T_6$  wieder leitend und  $T_7$  gesperrt. Im äußeren Arbeitswiderstand kann kein Arbeitsstrom mehr fließen. Die Schaltung befindet sich im anderen Schaltzustand. Die Übertragungsfunktion weist eine Hysterese auf, wobei die obere Schwellspannung  $U_{10}$  stark und die untere Schwellspannung  $U_{11}$  schwach von der Betriebsspannung  $U_S$  abhängen. Bild 3 zeigt  $U_{10} = f(U_S)$  mit der Temperatur als Parameter. Die untere Schwellspannung ändert sich im Bereich von  $U_S = 2,5 \dots 5,6$  V nur von 1,15 ... 1,25 V. Der Schaltkreis arbeitet noch sicher mit einer minimalen Betriebsspannung von  $U_S = 2,5$  V im geforderten Temperaturbereich von  $-10 \dots 55$  °C. Begrenzt wird diese untere Betriebsspannung im wesentlichen durch die Reihenschaltung der drei Emitter-Basisdioden der Transistoren  $T_3$ ,  $T_4$  und  $T_5$ . Bei einer Flußspannung von 0,7 V im Mittel ergibt sich bei  $U_S = 2,5$  V ein Spannungsabfall von 0,4 V über  $R_2$  und  $R_5$ . Da der Spannungsabfall über  $R_3$  zu vernachlässigen ist, fällt die Spannung von 0,4 V nahezu über  $R_5$  ab. Der Strom durch  $R_5$  reicht aus, um den Transistor  $T_5$  sicher durchzusteuern. Als maximale Betriebsspannung wird für die IS A 902 ein Wert von 6 V angegeben. Begrenzt wird diese Spannung durch die

Schaltung der Transistoren  $T_3$  und  $T_4$  und durch die hohen Stromverstärkungswerte dieser Transistoren. Für  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  wird  $\beta_N > 50$  bei  $I_C \approx 0,1$  mA gefordert. Damit liegt auch die technologische Variante für diesen Schaltkreis fest. Es muß eine Technologie angewendet werden, die große Stromverstärkungswerte bei kleinen Strömen schafft. Eine Golddiffusion ist hier nicht erwünscht. Es bestehen auch keine scharfen Forderungen hinsichtlich der Schaltzeiten. Die Diode  $D_1$  wurde eingebaut, um das Verhältnis  $U_{10}/U_S$  möglichst temperatur- und spannungsunabhängig zu gestalten. Der Widerstand  $R_1$  dient zur Strombegrenzung. Ein maximaler Eingangsstrom von 10 mA ist zugelassen. Die beiden Z-Dioden am Ausgang der Schaltung dienen zur Begrenzung der Spannungsspitzen bei induktiver Last. Für den Ausgangstransistor  $T_7$  ist ein maximaler Kollektorstrom von  $I_{C7} = 80$  mA zugelassen.

Die Verlustleistung dieser IS, die sich im vierpoligen DIL-Plastgehäuse befindet, beträgt 225 mW. Die A 902 wurde durch eine geänderte Leiterbahnführung aus der bekannten D 901 gewonnen.

Beim Einsatz der A 902 zur Steuerung der Verschlusszeit in elektronischen Kameras

### Erste experimentelle Meßergebnisse

#### Statische Parameter

Stromaufnahme  $I_S$  in mA  
bei  $U_S = 5,6$  V,  $U_I = 0$   
bei  $U_S = 5,6$  V,  $I_I = 10$   $\mu$ A  
Ausgangsspannung  $U_{OL}$  in mV  
bei  $I_C = 40$  mA  
obere Schwellspannung  $U_{10}$  in V  
bei  $U_S = 2,8$  V  
bei  $U_S = 4$  V  
bei  $U_S = 5,6$  V  
untere Schwellspannung  $U_{11}$  in V  
bei  $U_S = 5,6$  V

ist die im Bild 4 angegebene Schaltung erforderlich.

Beim Drücken des Auslösers wird die Betriebsspannung an den Schaltkreis angelegt. Der Transistor  $T_7$  wird eingeschaltet, das Relais  $R_S$  zieht an. Der Kurzschluß des Kondensators C wird aufgehoben, und dieser kann sich über  $R_F$  aufladen. Der Fotowiderstand  $R_F$  ändert seinen Wert entsprechend den Lichtverhältnissen. Wird die obere Schwellspannung  $U_{10}$  der Eingangsstufe erreicht, so schalten die Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  ein, und  $T_7$  schaltet aus. Das Relais fällt ab, und der Kondensator C wird über den Umschaltkontakt entladen.

Aus diesem Aufladevorgang läßt sich die Zeit berechnen, die vergeht, bis die obere Schwellspannung  $U_{10}$  erreicht wird. Diese Zeit ist die Verschlusszeit  $t_V$ . Es gilt:

$$t_V = \tau_{auf} \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{10}}{U_S}} \quad (1)$$

mit  $\tau_{auf} = CR_F$

Soll die Verschlusszeit  $t_V$  spannungs- und temperaturunabhängig sein, so muß das Verhältnis  $U_{10}/U_S$  auch diese Forderung erfüllen.

	$\vartheta = 25$ °C	$\vartheta = -10$ °C	$\vartheta = +55$ °C
Stromaufnahme $I_S$ in mA bei $U_S = 5,6$ V, $U_I = 0$	10,5	10,7	10,4
bei $U_S = 5,6$ V, $I_I = 10$ $\mu$ A	5,1	5,2	4,9
Ausgangsspannung $U_{OL}$ in mV bei $I_C = 40$ mA	115	110	122
obere Schwellspannung $U_{10}$ in V bei $U_S = 2,8$ V	1,32	1,42	1,24
bei $U_S = 4$ V	1,86	1,95	1,79
bei $U_S = 5,6$ V	2,62	2,71	2,54
untere Schwellspannung $U_{11}$ in V bei $U_S = 5,6$ V	1,24	1,38	1,07

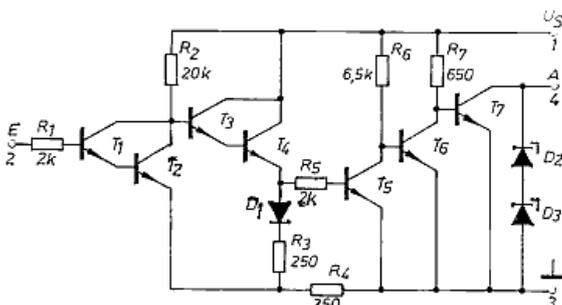
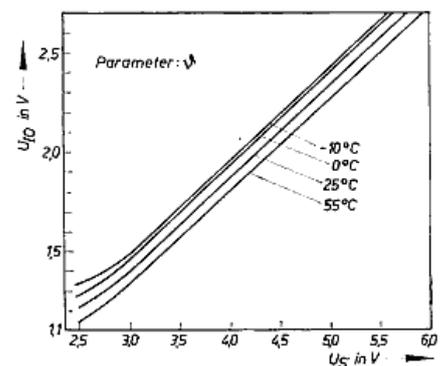


Bild 1: Innenschaltung der A 902



Bild 2: Anschlußbelegung der A 902

Bild 3: Obere Schwellspannung  $U_{10}$  in Abhängigkeit von der Speisespannung  $U_S$



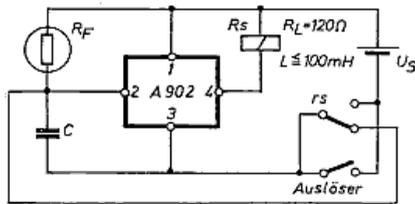


Bild 4: Steuerung der Verschlußzeit

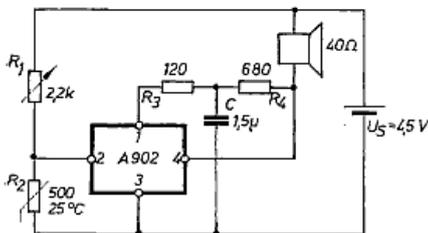


Bild 5: Temperaturwächter

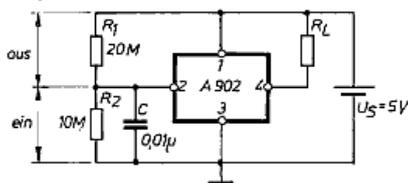


Bild 6: Sensorschaltung

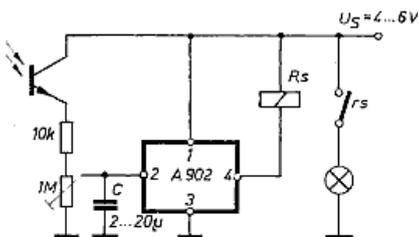


Bild 7: Dämmerungsschalter

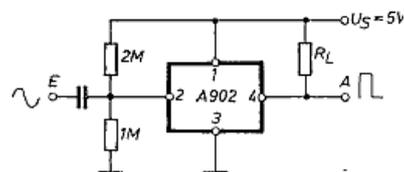


Bild 8: Rechteckwellengenerator

#### Dynamische Parameter

Nach Gl. (1) können die Verschlußzeiten berechnet werden. Bezogen auf  $U_S = 4\text{ V}$  und  $\vartheta = 25^\circ\text{C}$  ergeben sich folgende Fehler:

- $U_S = 2,8\text{ V}, \vartheta = -10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = +13\%$
- $U_S = 2,8\text{ V}, \vartheta = +25^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = +2,1\%$
- $U_S = 2,8\text{ V}, \vartheta = +55^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = -6,1\%$
- $U_S = 5,6\text{ V}, \vartheta = -10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = +4,3\%$
- $U_S = 5,6\text{ V}, \vartheta = +25^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = +0,8\%$
- $U_S = 5,6\text{ V}, \vartheta = +55^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = -3,5\%$
- $U_S = 4\text{ V}, \vartheta = -10^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = +7,0\%$
- $U_S = 4\text{ V}, \vartheta = +55^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_v/t_v = -5,3\%$

Die Anstiegs- und Abfallzeiten sind kleiner als  $5\ \mu\text{s}$ .

#### Weitere Anwendungsbeispiele

##### Temperaturwächter (Bild 5)

Der Spannungsteiler  $R_1, R_2$  ist so eingestellt, daß z. B. bei  $25^\circ\text{C}$  ein Strom in Pin 2 eingespeist wird, dadurch ist  $T_7$  gesperrt. Es fließt nur ein kleiner Dauerstrom durch den Lautsprecher. Wird durch eine Temperaturerhöhung der Widerstandswert

von  $R_2$  kleiner und dadurch die untere Schwellspannung des Schaltkreises unterschritten, so wird  $T_7$  eingeschaltet. An Pin 1 liegt die Restspannung von  $T_7$ . Der Betriebsstrom kann aber nur für eine kurze Zeit weiterfließen, da C über  $R_3$  und  $R_4$  entladen wird. Danach wird  $T_7$  gesperrt, und C kann sich über  $R_4$  wieder aufladen. Anschließend wird  $T_7$  wieder eingeschaltet, und der beschriebene Zyklus wiederholt sich. Die Schaltung beginnt zu schwingen. Die zeitbestimmenden Schaltelemente sind  $R_3, R_4$  und C.

##### Sensorschaltung (Bild 6)

Durch den Spannungsteiler  $R_1, R_2$  wird der Arbeitspunkt etwa in die Mitte der Hysteresekennlinie gelegt. Beim Anlegen der Betriebsspannung  $U_S$  wird zunächst  $T_7$  leitend, da sich über  $R_1$  und C die Spannung erst allmählich aufbaut. Der Ausgangstransistor  $T_7$  kann den Laststrom, der von einem Relais, von einer Signallampe oder von einem Leistungstransistor herührt, durchsteuern.

Liegt zu  $R_1$  der Körperwiderstand als Shunt parallel, so wird die Eingangsspannung größer, und der Ausgangstransistor  $T_7$  wird gesperrt. Im Arbeitswiderstand kann kein Strom fließen. Soll das Relais wieder eingeschaltet werden, so wird  $R_2$  geschaltet; die Eingangsspannung wird kleiner, und  $T_7$  schaltet wieder ein.

##### Dämmerungsschalter (Bild 7)

Wird die Betriebsspannung  $U_S$  angelegt, so wird  $T_7$  durchgesteuert, und das Relais  $R_s$  zieht an. Fällt Licht auf den Fototransistor, so kann ein Strom in den Eingang der Schaltung hineinfließen, und  $T_7$  wird gesperrt. Es kann kein Laststrom fließen; das Relais fällt ab. Mit Hilfe des Potentiometers kann die Empfindlichkeit eingestellt werden. Der Kondensator C dient zur Zeitverzögerung und zur Unterdrückung der Schwingneigung. Statt des Relais kann auch ein Leistungstransistor verwendet werden.

##### Rechteckwellengenerator (Bild 8)

Die Wirkungsweise ist ähnlich der der Sensorschaltung. Der Arbeitspunkt liegt wieder in der Mitte der Hysteresekennlinie. Zur Ansteuerung ist eine Sinusspannung erforderlich. Die positive Halbwelle sperrt  $T_7$ , während die negative  $T_7$  leitend macht. Das Tastverhältnis kann durch das Spannungsteilverhältnis beeinflusst werden.

#### A 910

Im Bild 9 ist die Gesamtschaltung der IS A 910 angegeben, Bild 10 zeigt die Anschlußbelegung. Dieser Schaltkreis beinhaltet

2 npn-Transistoren ( $T_1; T_4$ )

2 npn-npn-Darlington-Transistoren

( $T_2', T_2; T_3', T_3$ )

1 npn-npn-Darlington-Transistor ( $T_5, T_6$ )

Die drei Widerstände  $R_1, R_2, R_3$  wurden entsprechend der Forderung der Kamera-industrie mit den Transistoren zusammengesaltet.

#### Technische Daten

Die Bauelemente erfüllen die folgenden Forderungen. Erste experimentelle Meßergebnisse sind mit \* gekennzeichnet.

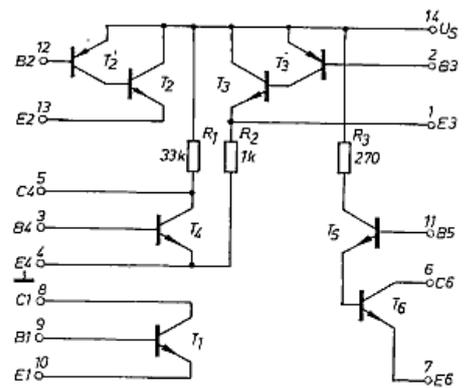


Bild 9: Innenschaltung der A 910

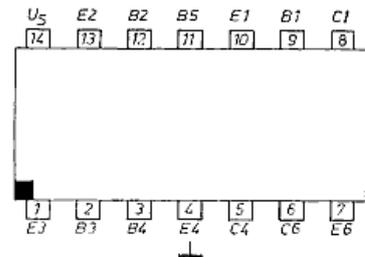


Bild 10: Anschlußbelegung der A 910

##### Transistor $T_1$

$I_C$ max	20 mA
$I_B$ max	15 mA
$B_N$ min	
(bei $I_C = 3\text{ mA}$ , $U_{CE} = 3\text{ V}$ )	50; $\approx 100^*$
$U_{CE\text{ sat}}$	
(bei $I_C = 10\text{ mA}$ , $I_B = 1\text{ mA}$ )	$< 0,5\text{ V}$ ; $\approx 0,2\text{ V}^*$
$U_{BR\text{ (CEO)}}$	
(bei $I_C = 100\ \mu\text{A}$ )	$> 6\text{ V}$ ; $\approx 11,0\text{ V}^*$

##### Transistoren $T_2', T_2$ und $T_3', T_3$

$I_C$ max	40 mA
$I_B$ max	20 mA
$B_N$ min	
(bei $I_B = 20\ \mu\text{A}$ )	50; $\approx 400^*$
$U_{CE\text{ sat}}$	
(bei $I_C = 3\text{ mA}$ , $I_B = 0,2\text{ mA}$ )	$< 1,2\text{ V}$ ; $\approx 0,8\text{ V}^*$
$U_{BR\text{ (CEO)}}$	
(bei $I_C = 100\ \mu\text{A}$ )	$> 6\text{ V}$ ; $\approx 10,0\text{ V}^*$

##### Transistor $T_4$

$I_C$ max	20 mA
$I_B$ max	15 mA
$B_N$	
(bei $U_{CE} = 0,8\text{ V}$ , $I_C = 120\ \mu\text{A}$ )	30...180; $\approx 80^*$
$U_{CE\text{ sat}}$	
(bei $I_C = 10\text{ mA}$ , $I_B = 1\text{ mA}$ )	$< 0,5\text{ V}$ ; $\approx 0,2\text{ V}^*$
$U_{BR\text{ (CEO)}}$	
(bei $I_C = 100\ \mu\text{A}$ )	$> 6\text{ V}$ ; $\approx 10,0\text{ V}^*$

##### Transistor $T_5, T_6$

$I_C$ max	200 mA
$I_B$ max	20 mA
$B_N$ min	
(bei $U_{CE} = 0,4\text{ V}$ , $U_S = 2,5\text{ V}$ , $I_C = 1\text{ mA}$ )	900; $\approx 6000^*$
$U_{CE\text{ sat}}$	
(bei $I_C = 100\text{ mA}$ , $I_{B3} = 0,5\text{ mA}$ , $U_S = 2,5\text{ V}$ )	$< 0,4\text{ V}$ ; $\approx 0,2\text{ V}^*$

$U_{BR}(CEO)$   
(bei  $I_C = 100 \mu A$ )  $> 6 V; \approx 10,0 V^*$

Widerstände

$R_1 = 33 k\Omega \pm 30 \%$   
 $R_2 = 1 k\Omega \pm 30 \%$   
 $R_3 = 270 \Omega \pm 30 \%$

} im Temperaturbereich

Die Gesamtverlustleistung der IS A 910

beträgt 300 mW. Vorgesehen ist ein 14-poliges DIL-Plast- oder DIL-Keramikgehäuse. Der Arbeitstemperaturbereich liegt zwischen  $-10^\circ C$  und  $55^\circ C$ .

#### Anwendungsbeispiele

Da dieser Schaltkreis einige Transistoren zur Verfügung stellt, lassen sich viele Schaltungen – sowohl digitale als auch

analoge – realisieren. Von den digitalen Schaltungen seien der astabile und monostabile Multivibrator und die bistabilen Kippstufen erwähnt, wobei jeweils eine Kleinleistungsstufe nachgeschaltet werden kann. Auf der analogen Seite sind es vorwiegend einfache Verstärker, die mit diesem Schaltkreis aufgebaut werden können.