

Integrierte Hall-Schaltung B 466 GA

Ing. HELMUT JAHN

Mitteilung aus dem VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder)

Die Hall-IS B 466 GA benötigt zum Schalten ein Magnetfeld mit wechselnder Polarität, durch ihr kontaktloses Schalten kann es zu keinen Fehlschaltungen, die durch Verschmutzung und Korrosion hervorgerufen werden, kommen. Sie besitzt eine hohe Betriebszuverlässigkeit durch interne Regel- und integrierte Schutzschaltungen, wobei mit der internen Hysterese ein prellfreies Schalten erreicht wird.

Neben dem Haupteinsatz als Hall-Zündgeber für Ottomotoren in Kraftfahrzeugen läßt sich die Hall-IS B 466 GA auch in der industriellen Elektronik einsetzen. Bei entsprechender Gestaltung der magnetischen Ansteuerung sind viele Anwendungen in einem großen Betriebstemperaturbereich von $-25...130\text{ }^{\circ}\text{C}$ möglich.

Schaltungsbeschreibung

Das Blockschaltbild im Bild 1 zeigt die integrierte Schaltung der B 466 GA, die als kontaktloser, statischer Schalter durch ein Magnetfeld mit wechselnder Polarität gesteuert wird. Sie ist in einem vierpoligen Kunststoff-Flachgehäuse mit den Abmessungen von $10\text{ mm} \times 6,4\text{ mm}$ mit einer Dicke von 2 mm und einem Rasterabstand der Anschlüsse von $2,5\text{ mm}$ untergebracht. Auf dem Siliziumchip sind der interne Spannungsregler, der interne Stromregler mit Strombank, der Hall-Sensor, die Verstärkerschaltung und der Schmitt-Trigger mit Transistor mit offenem Kollektor integriert.

Interner Spannungsregler

Der interne Spannungsregler stabilisiert die an Pin 4 von außen angelegte Betriebsspannung auf einen Wert von etwa 5 V für alle an der Auswertung vom Hall-Sensor beteiligten Verstärker- und Schaltstufen. Damit wird sichergestellt, daß die Arbeitspunkte des Hall-Sensors und der Auswertestufen von Betriebsspannungsänderungen weitgehend unbeeinflusst bleiben.

Interner Stromregler

Der interne Stromregler ist eine modifizierte Bandgap-Quelle, die durch entsprechende Pegelschiebung eine Strombank steuert und gleichzeitig die Referenzspannung für die verschiedenen Schaltpegel liefert. Mit den an der Strombank liegenden Stromquellen werden der Hall-Steuerstrom und auch der Strom für die Verstärker- und Schaltstufen eingestellt.

Hall-Sensor

Der Hall-Sensor besteht aus zwei um 90° versetzt zusammengeschalteten Hall-Generatoren, die eine gemeinsame Stromquelle haben, an deren vier Sondenanschlüssen zwei Differenzverstärkerstufen die durch das angelegte Magnetfeld entstehende Hall-Spannung verstärken. Diese Anordnung hat die Eigenschaft, die Offsetspannung im Temperaturbereich weitgehend selbst zu kompensieren. Die Hall-Spannung liegt nur unwesentlich über der eines einzelnen Hall-Generators auf Siliziumbasis.

Die mechanische Lage des Hall-Sensors ist Bild 2 zu entnehmen. Seine mechanischen Schaltpunkte und Hysterese werden durch die etwa $0,2\text{ mm} \times 0,5\text{ mm}$ große Fläche des Hall-Sensors und durch dessen magnetisch-elektrische Eigenschaften bestimmt.

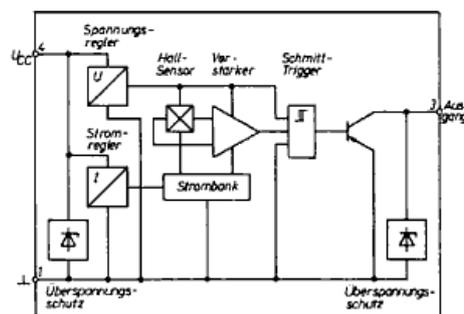


Bild 1: Blockschaltbild der Hall-IS B 466 GA

Die integrierte Hall-Schaltung B 466 GA wurde speziell für den Einsatz als Hall-Zündgeber für Ottomotoren im VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder) entwickelt.

Sie wird in diesem Beitrag beschrieben, außerdem werden einige Applikationsbeispiele angeführt.

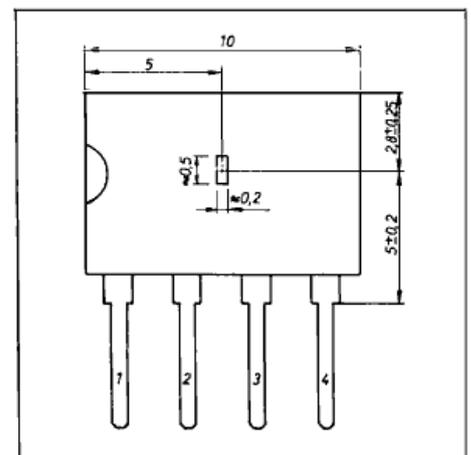


Bild 2: Abmessungen der Hall-IS und Lage und Größe des Hall-Sensors

Verstärkerschaltung

Die an den paarweisen Sondenanschlüssen der einzelnen Hall-Generatoren liegende Hall-Spannung wird von zwei Differenzverstärkerstufen verstärkt und an gemeinsamen Kollektorarbeitswiderständen summiert. Dabei ist einer der Kollektorarbeitswiderstände für die Umschaltung von der H- auf die L-Flanke und umgekehrt unterteilt.

Die Differenzverstärker werden aus Konstantstromquellen von der Strombank gespeist. Das so erhaltene Differenzsignal wird weiter verstärkt und einem Schmitt-Trigger zugeführt, dessen Pegel so dimensioniert sind, daß eine Arbeitspunktumschaltung an dem unterteilten Kollektorstromwert vorgenommen wird.

Schmitt-Trigger mit Open-Collector-Transistor

Der am Pin 3 mit seinem Kollektor liegende Ausgangstransistor wird durch einen Schmitt-Trigger geschaltet. Dessen Hysterese und damit die magnetische Hysterese

Einige technische Daten der Hall-IS B 466 GA

Grenzwerte

Betriebsspannung U_{CC} in V	
bei $R_V = 150 \Omega$	-0,5...14,5
bei $R_V = 0; t = 1 \text{ h}$	13,5
$R_V = 0; t = 2 \text{ min}$	16
$R_V = 150 \Omega; t = 1 \text{ h}$	14,5
$R_V = 150 \Omega; t = 2 \text{ min}$	18

für Pin 3
für Pin 4

Betriebsbedingungen

Betriebsspannung U_{CC} in V	
bei $R_V = 150 \Omega$	4,5...14,5
Umgebungstemperatur ϑ_a in °C	
	-25...130

elektrische Kennwerte ($U_{CC} = 12 \text{ V} \pm 48 \text{ mV}$;
 $\vartheta_a = 25 \text{ °C}$)

Stromaufnahme I_{CC} in mA	
bei $B_E \geq 30 \text{ mT}; \vartheta_a = -25...130 \text{ °C}$	14; typ. 8,1
Einschaltinduktion B_E in mT	
bei $\vartheta_a = -25...130 \text{ °C}$	30; typ. 5,5
Ausschaltinduktion B_A in mT	
bei $\vartheta_a = -25...130 \text{ °C}$	-30; typ. -8,7
magnetische Hysterese B_H in mT	
bei $\vartheta_a = -25...130 \text{ °C}$	4...20; typ. 14
Ausgangsspannung U_{OL} in V	
bei $B_E \geq 30 \text{ mT}; I_{OL} = 16 \text{ mA}$	0,4; typ. 0,12
Ausgangsstrom I_{OH} in μA	
bei $B_E < -30 \text{ mT}$	10; typ. 0,01

Neben Kenngrößen ($U_{CC} = 12 \text{ V}$)

Stromaufnahme I_{CC} in mA	
bei $\vartheta_a = -25...130 \text{ °C}; B_E < -30 \text{ mT}$	12; typ. 6,0
Änderung der	
Einschaltinduktion B_E in mT	
bei $\vartheta_a = 40...130 \text{ °C}$	10; typ. 0,09
$\vartheta_a = -25...40 \text{ °C}$	10; typ. 1,1
Flankenzeit t_{TH} in μs	
bei $B_E \geq \pm 30 \text{ mT}$; impulsförmig	2; typ. 0,6
Flankenzeit t_{TL} in μs	
bei $R_L = 800 \Omega; C_L = 15 \text{ pF}$	1; typ. 0,3
Betriebsausfallrate $\lambda_{BGO,6}$ in h^{-1}	
	$\leq 5 \cdot 10^{-7}$

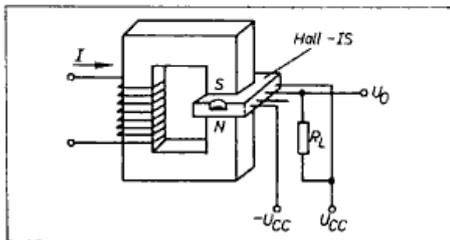


Bild 3: Magnetische Kennwerte für homogenes Magnetfeld an der Sensorposition

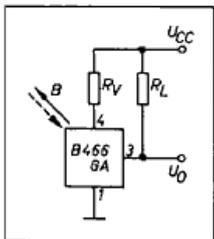


Bild 4: Typische Beschaltung der IS B 466 GA

werden durch ein bestimmtes Widerstandsverhältnis im Gegenkopplungsweig in der Emittierleitung der für den Ausgangstransistor als Treiber dienenden Transistorstufe festgelegt.

Überspannungsschutzdioden

Eine Schutzdiodenschaltung für eine Spannung von etwa 32 V liegt sowohl am Ausgang (Pin 3) als auch am Betriebsspannungsanschluß (Pin 4) gegen Masse (Pin 1). Die Schutzschaltungen werden aktiviert, wenn externe Widerstände zur Strombegrenzung an den entsprechenden Anschlüssen in Reihe geschaltet werden.

Für den Ausgang genügt schon der Kollektorarbeitswiderstand, so daß nur zwischen

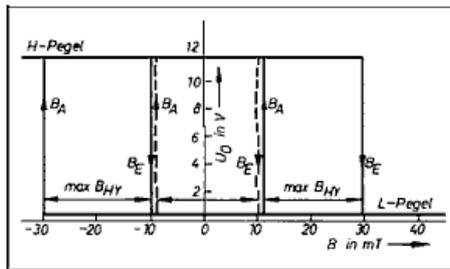


Bild 5: Lage der Umschaltunkte der IS B 466 GA

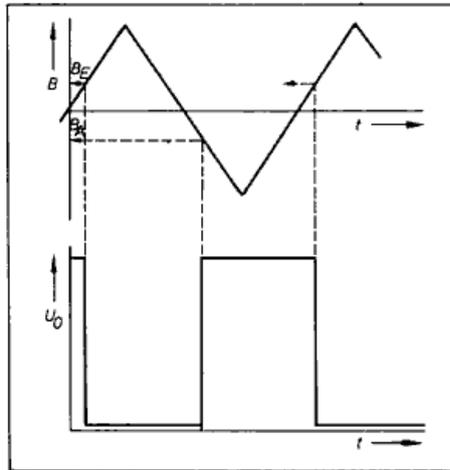


Bild 7: Impulsdiagramm der IS B 466 GA

Betriebsspannung und Betriebsspannungsanschluß ein Widerstand von 150 Ω in Reihe geschaltet werden muß. Für negative Spannungsspitzen sind entsprechende Maßnahmen erforderlich.

Kenndaten

Die Kenndaten für die IS B 466 GA sind aus der Tafel ersichtlich. Sie sind Bestandteil des Typstandard der TGL 45579. Im Bild 3 ist dargestellt, wie die magnetischen Kennwerte für die B 466 GA ermittelt werden, die typische Außenbeschaltung zeigt Bild 4.

Funktionsweise

Die IS B 466 GA hat einen Spannungsbereich von $U_{CC} = 4,5...12,5 \text{ V}$, kurzzeitig kann die Spannung bis 16 V betragen. Mit ihrem offenen Kollektorausgang können Ströme bis zu maximal 40 mA geschaltet werden. Dieser Maximalstrom muß durch externe Maßnahmen begrenzt werden. Die B 466 GA ist eine bipolarer magnetischer Wandler mit digitalem Ausgang, dessen Arbeitspunkt „Ein“ in positiver und dessen Ausschaltpunkt „Aus“ in negativer Richtung des angelegten Magnetfeldes liegen. Der Steuerbereich der magnetischen Ein- und Ausschaltunkte für die B 466 GA ist im Bild 5 dargestellt. Dabei ist das positive Magnetfeld der Südpol und das negative Manetfeld der Nordpol. Sie schaltet dabei nur von H- auf L-Pegel, wenn auf die mit der Kerbe gekennzeichnete Fläche der Südpol wirkt.

Die Schaltcharakteristik der digitalen Hall-Schaltung ist im Arbeitsbereich durch den Einschalt- und den Ausschaltpunkt gekennzeichnet. Für das sichere Schaltverhalten über den Temperatur- und Spannungsbereich sind die magnetischen Schalt-

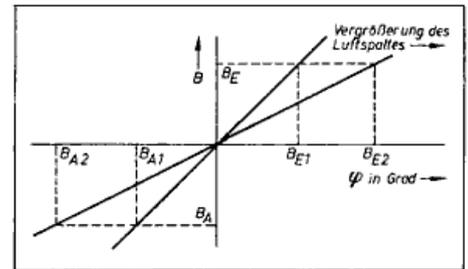


Bild 6: Verschiebung der Schaltpunkt der IS B 466 GA durch Verzögerung des Luftspaltes

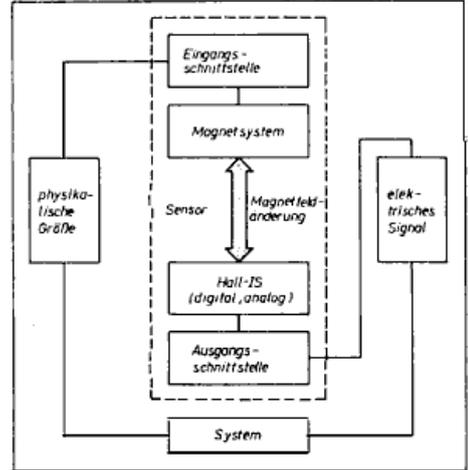


Bild 8: Ablaufplan zum Einsatz der IS B 466 GA

schwelen so zu legen, daß sie außerhalb der Standardgrenzwerte für die B 466 GA liegen. Die Bilder 6 und 7 geben darüber Auskunft.

Applikationshinweise

Folgende Hinweise sollten beim Einsatz der Hall-IS B 466 GA beachtet werden:

- Die mechanischen und klimatischen Bedingungen sind für die B 466 GA dem allgemeinen Schaltkreisstandard TGL 24951 zu entnehmen.
- Die B 466 GA benötigt einen separaten Kollektorarbeitswiderstand.
- Beim Einsatz in Kraftfahrzeugen ist in die Betriebsspannungsleitung ein Schutzwiderstand von $R_V = 150 \Omega$ in Reihe zu schalten.
- Mechanisch kann die B 466 GA mit säurefreien Klebharzen positioniert werden. Dabei sollte die Einbrennzeit von 30 min und maximal 150 °C nicht überschritten werden. Jede andere Art der mechanischen Befestigung reduziert die Zuverlässigkeit der Hall-IS.

Einsatz der Hall-IS

Vor dem Einsatz der B 466 GA als kontaktloser, über das Magnetfeld steuerbarer statischer Schalter sollte der im Bild 8 vorgestellte Ablaufplan der Reihe nach abgearbeitet werden. Am wichtigsten ist dabei, wie die physikalischen Größen Bewegung, Position, Druck und Temperatur sinnvoll an der Eingangsschnittstelle umgesetzt werden.

Die mechanischen Abmessungen und die magnetische Induktion des Magneten sind von entscheidender Bedeutung und haben Einfluß auf die physikalisch zu messende Größe. Wie weit herkömmliche Meßeinrichtungen für diese Größen hergerichtet wer-

den können, muß der Anwender selbst entscheiden. Zum Schalten der B 466 GA ist ein Magnetfeld mit wechselnder Polarität erforderlich.

Magnetsystem

Zum Aufbau eines Magnetsystems können die im folgenden genannten Werkstoffe verwendet werden:

- Metallische Dauermagnetwerkstoffe, z. B. Stahlguß, Alnico usw. Sie haben eine große magnetische Konstanz, sind aber relativ groß.
- Pulvermagnetische Dauermagnetwerkstoffe, z. B. Maniperm. Diese Werkstoffe sind sehr spröde und kantenempfindlich. Durch Inhomogenitäten dieser Pulvermagnete ist die magnetische Induktion über eine größere Polfläche gewissen Streuungen unterlegen. (Weitere Angaben sind den Informationsschriften der Hersteller zu entnehmen.)
- Elektromagnete. Sie bestehen aus einer Spule mit oder ohne magnetisch leitenden Kern, in dessen Luftspalt die Hall-IS positioniert wird. Die Spulen dienen zur Erzeugung der magnetischen Induktion.

Anordnung von Magnetfeldern

Die Anordnung und Gestaltung der Magnetfelder ist in keiner Art eingeschränkt. Die Einbaulage kann beliebig sein. Eine Kombination von ein oder mehreren Magneten mit einheitlicher oder wechselnder Polarität ist statthaft. Im Bild 9 werden Magnetpaare mit wechselnder Polarität und konstantem Luftspalt seitlich an der B 466 GA vorbeigeführt.

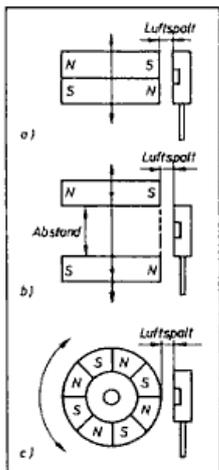


Bild 9: Mögliche Magnetfeldanordnungen für die IS B 466 GA. a) Als Positionssensor; b) als Abstandssensor; c) als Rotationssensor

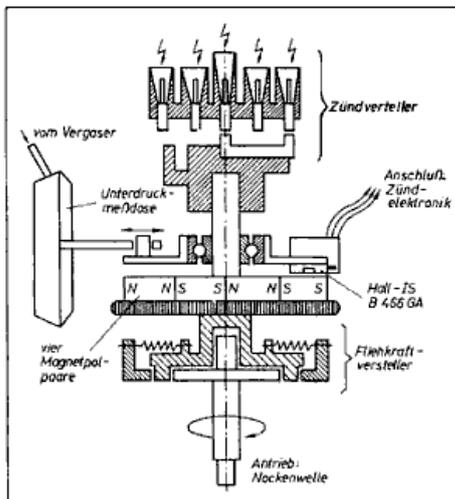


Bild 10: B 466 GA als Hall-Zündgeber

Die Achsen der Magnete bleiben ständig zur Chipoberfläche ausgerichtet. Ihre Umschaltunkte werden für die B 466 GA dann erreicht, wenn die magnetische Induktion ihren höchsten Wert besitzt, d. h., wenn Magnetachse und Hall-Sensor in einer Linie zusammenfallen.

Hall-Sensor

Der entsprechende Hall-Sensor wird je nach Art des Magnetfeldes ausgewählt, d. h., ob es sich um ein mono-, bi- oder multipolares Magnetfeld handelt.

Elektrisches Signal

Das elektrische Signal kann je nach der verwendeten Hall-IS als digitales oder analoges Signal vorliegen. Bei einem analogen Signal ist in jedem Fall eine Signalaufbereitung notwendig.

Applikationsbeispiele

Hall-Zündgeber

Die Hall-IS B 466 GA wird hauptsächlich als Hall-Zündgeber für Ottomotoren in Kraftfahrzeugen (Wartburg 1.3) eingesetzt. Schwerpunkt dabei ist die kontaktlose Zündung. Bisher fehlte immer das Bindeglied, daß die mechanische Drehbewegung des Verteilers in ein elektrisches Signal umwandelt. Um einen idealen Zündfunken zu erzeugen,

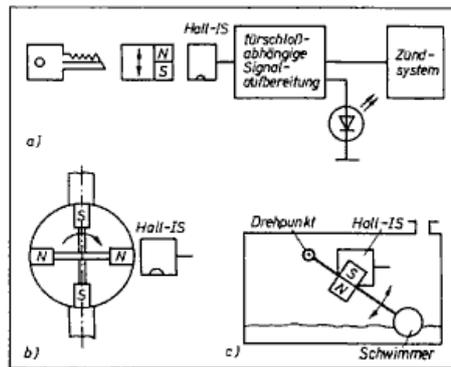


Bild 11: Mechanische Positionierung der IS B 466 GA. a) Als Türschloß; b) als Durchflußmesser; c) zur Füllstandsanzeige

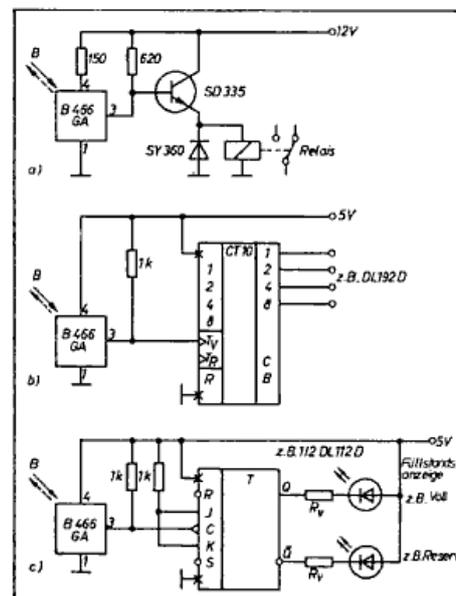


Bild 12: Elektrische Auswertung des digitalen Signals der IS B 466 GA. a) Als Relaisschalter; b) als Durchflußmengenmesser; c) zur Füllstandsanzeige

gen, muß der Verteiler einen möglichst rechteckförmigen Impuls liefern, der vor allen äußeren Einflüssen, denen ein Kraftfahrzeug ausgesetzt ist, unbeeinflusst bleibt. Hier hat gegenüber Reedschaltern und Feldplatten der mit der B 466 GA aufgebaute Hall-Zündgeber die günstigsten Ergebnisse gezeigt. Bild 10 zeigt den Hall-Zündgeber. In ihm wird die B 466 GA von einem Ringmagneten durch seine acht Polwechsel geschaltet. Die Magnetpolwechsel sind für optimale Zündzeitpunkte mechanisch an dem Ringmagnet für den Viertakt-Vierzylinder-Ottomotor programmiert. Mit dem Fliehkraftregler und der Unterdruckverstelldose wird der Zündzeitpunkt dem jeweiligen Drehverhalten des Motors angepaßt.

Türschloßschalter

Im Bild 11 wird ein Türschloßschalter mit der B 466 GA vorgestellt. Durch die nachträgliche vom Türschloß abhängende Signalaufbereitung wird gewährleistet, daß erst nach Betätigen beider Schlüssel das Zündsystem eingeschaltet wird, so daß ein unbefugtes Benutzen des Kraftfahrzeuges auf ein Minimum reduziert wird.

Durchflußmengenmesser

Bild 11b gibt einen Benzindurchfluß-Mengenmesser wieder. Das Schalten der B 466 GA wird von dem internen Magnetknoten mit wechselnder Polarität beeinflusst. Das in dem Gehäuse vom rotierenden Magnetknoten eingeschlossene Volumen ist somit ein Maß für die Durchflußmenge.

Füllstandsanzeige

Bild 11c zeigt eine digitale Füllstandsanzeige. Der Schwimmer bewegt einen Magneten mit wechselnder Polarität so, daß über den Hebelarm bei optimaler Einstellung zwei Füllstände angezeigt werden können.

Elektrische Auswertung des erzeugten Digitalsignals

Relaisschalter (Bild 12a)

Um größere Ströme zu schalten, wird der Hall-IS B 466 GA ein npn-Leistungstransistor SD 335 nachgeschaltet. Als Lastwiderstand wird ein Relais verwendet.

Durchflußmengenmesser (Bild 12b)

Bild 12b zeigt den Anschluß eines Zählers für die Durchflußmenge. Die Art und Weise, in der der Zähler die Durchflußmenge auswertet, bleibt dem Anwender überlassen.

Füllstandsanzeige (Bild 12c)

Im Bild 12c wird mit der B 466 GA die Tankfüllstandsanzeige vorgestellt. Dabei übernimmt das flankengetriggerte JK-Flip-Flop DL 112, dessen Ausgängen je eine LED mit Vorwiderstand nachgeschaltet ist, die Zustandsanzeige.

Lineare Hall-IS B 467 GE

Die lineare Hall-IS B 467 GE wurde aus den vorhandenen Strukturen der B 466 GA entwickelt. Die internen Stabilisierungsschaltungen wurden beibehalten, so auch die Hall-Generatorschaltung und die Summierung der Hall-Spannung durch die beiden Differenzverstärker. Eine weitere Differenzverstärkerstufe steuert dann zwei gleichwertige Darlington-Emitterfolgerstufen an, an deren

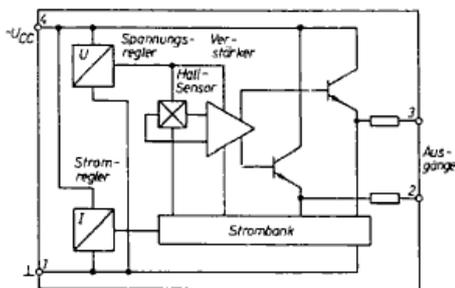


Bild 13: Blockschaltbild der IS B 467 GE

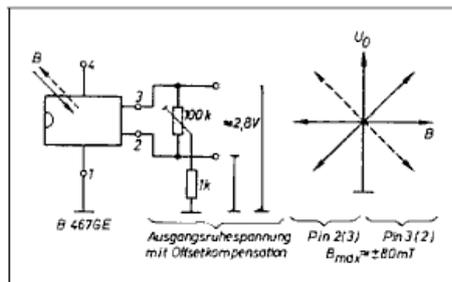


Bild 14: Applikationsschaltung der IS B 467 GE ($B_{max} \approx \pm 60 \text{ mT}$)

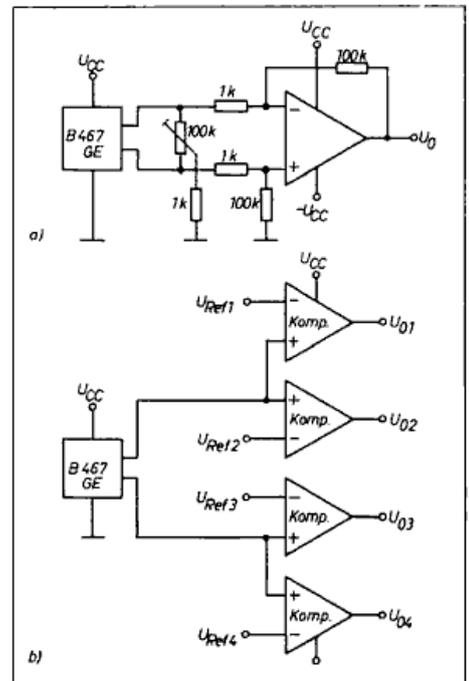


Bild 17: Mögliche elektrische Auswertung des analogen Signals der IS B 467 GE. a) Typische Verstärkerschaltung; b) typische Komparatorschaltung

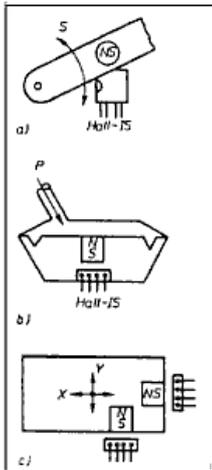


Bild 15: Mögliche mechanische Anordnung der B 467 GE

Emittiert das verstärkte Hall-Signal abgenommen werden kann. Der Ruhepegel dieser Ausgänge liegt bei etwa 2,8 V. An den beiden Emitterfolgerausgängen lassen sich auch längere Leitungen anschließen. Die 467 GE benötigt am Ort ihrer Positionierung keine äußere elektrische Beschaltung.

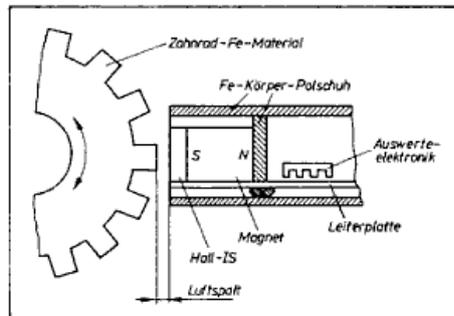


Bild 16: Zähne-Zahnrad-Sensor mit B 467 GE

Ihre Wandlungssteilheit liegt bei etwa 8 mV/mT im Bereich von etwa -60...60 mT. Neben der B 466 GA steht damit eine weitere IS mit magnetfeldproportionaler Ausgangsspannung zum Einsatz in der industriellen Elektronik zur Verfügung. Beide Schaltkreise zeichnen sich besonders durch eine hohe mechanische Auflösung, die von der Konstruktion des Magnetfeldes abhängt, wobei

es möglich ist, Änderungen bis zu 1 µm zu erfassen.

Die Bilder 11 und 12 zeigen das Blockschaltbild und die elektrische Beschaltung für die B 467 GE. In den Bildern 13 bis 15 werden Beispiele für die möglichen Anwendungen der B 467 GE gegeben.

Fortsetzung auf der 3. US

Fortsetzung von Seite 632

Die mechanische Positionierung für analoge elektrische Signale über das Magnetfeld zeigt Bild 15, wobei der Wegsensor z. B. das Gaspedal des Kraftfahrzeugs und der Drucksensor z. B. die Unterdruckverstelldose vom Vergaser sein könnten. Im Bild 16 wird ein Zähne-Zahnrad-Sensor vorgestellt. Über ein vorgespanntes Magnet-

feld an der B 467 GE wird durch ein Zahnrad aus magnetisch leitendem Material die Feldstärke der magnetischen Induktion gestört. Die sich daraus ergebende Spannungsänderung liegt an den Anschlüssen 2 und 3 an und wird mit einem Komparator (z. B. B 611 D, B 615 D) zu einem Rechtecksignal geformt. Diese Sensoranordnung könnte in Kraftfahrzeugen für das ABS-Bremssystem verwendet werden.

Bild 17 zeigt die elektrische Auswertung der

Ausgangsspannung für die B 467 GE. Im Bild 17a wird über den Differenzverstärker ein A-D-Wandler angesteuert, so daß die Auswertung von einem Mikrorechner übernommen werden kann. Im Bild 17b wird das sich beim Durchfahren der magnetischen Empfindlichkeit ergebende Ausgangssignal durch die nachgeschalteten Komparatoren ausgewertet. Die technischen Daten der IS

Grenzwerte

Betriebsspannung U_{CC} in V	4,5...28
Ausgangsstrom $I_{O2}; I_{O3}$ in mA	≤ 3
magnetische Induktion B in mT	$-\infty \dots \infty$
Umgebungstemperatur ϑ_a in °C	-10...85

Betriebsbedingungen

Betriebsspannung U_{CC} in V	7...27
--------------------------------	--------

Kenngrößen ($U_{CC} = 12 \text{ V}$)

Stromaufnahme I_{CC} in mA bei B = 0 mT	≤ 11 ; typ. 7,0
Ausgangsruhespannung U_2, U_3 in V bei B = 0 mT	2,3...3,8; typ. 2,8

Offset der Ausgangsruhespannung U_{O0} in mV

bei B = 0 mT; $R_L = 100 \text{ k}\Omega$	-150...150
---	------------

Steilheit der Hallspannungsempfindlichkeit S in mV/mT

bei $U_{O0} = 0 \text{ mT}$; $R_L = 100 \text{ k}\Omega$	$\geq 5,0$; typ. 8,0
---	-----------------------

Linearitätsfehler der Hallspannung E_L in % im Bereich

B = -50...50 mT, bezogen auf B = 10 mT; $R_L = 100 \text{ k}\Omega$	-3...3
---	--------