

Elektronik im Auto

Von Wolfgang Zeiller

Elektronik durch eigene Aufbauten funktional begreifen

Viele Schüler und Schülerinnen machen einmal einen Pkw-Führerschein. Da ist es von Vorteil, schon ein Grundwissen über moderne Fahrzeugelektronik zu haben. Doch der wesentliche Grund für die Stoffauswahl war, interessante aktuelle Technik nicht nur theoretisch, sondern praxisnäher in den Unterricht zu bringen. Auch Grundlagen, wie der Spannungsteiler oder die Drehzahlmessung, finden sich hier.

Bei i. d. R. 16 Schüler/-innen je Technikklasse können 8 Kleingruppen gebildet werden, die zu Aufgaben mit unterschiedlichem Niveauanspruch aufgefördert werden. Danach berichten die einzelnen Gruppen in Kurzreferaten den anderen über ihre Aufgaben und deren Lösungen. Dies fördert zudem das freie Sprechen, was im Hinblick auf mündliche Prüfungen von Vorteil ist.

Kfz-Elektronik geht auch nicht wesentlich über 12 V hinaus (Ausnahme: die Zündkerzenspannung. Daher lassen wir die hier auch aus). Es sind somit auch keine Sicherheitsprobleme bezüglich der Spannung zu erwarten. 12-V-Geräte, wie Motoren, Lampen, Heizfolien, Lötkolben, Geräteakkus, Wasserpumpen u.a., gibt es in großer Zahl. 12 V ist eine Art Standard-Spannung.

Der Niveauanspruch oder Aufwand wird anfangs hier durch eine Anzahl von Sternen (1–3) gekennzeichnet, wobei 1 Stern (*) einfach bedeutet. Die möglichen Antworten zu den Aufgaben sind kursiv gesetzt und in einigen Fällen Maximalantworten zur Info für die Lehrkräfte.



einem langen dünnen Hebel aus starkem Draht, an dessen Ende ein Schwimmkörper sitzt (Hebelarmtyp). Dieser Hohlkörper „wandert“ mit der Kraftstoff-Füllhöhe und verstellt die Schleiferstellung des Poti. Die zwischen dem Schleifer und der Nullleitung (Minus) abgegriffene Spannung ist ein Maß für die Füllhöhe. Da ganz überwiegend Benzin- bzw. Dieseldämpfe im Tank sind, bildet sich kein zündfähiges Gemisch, das durch einen elektrischen Funken am Schleiferabgriff explodieren könnte.

Wir machen im Nachbau nun keine „Nassübung“ mit Schwimmkörper und Wasser (als Kraftstoffersatz), sondern bewegen den Hebelarm an seinem freien Ende mit der Hand langsam (s. dazu die Grafik *Tankanzeige von vorn*) von der etwa 2-Uhr-Stellung nach unten bis etwa 5 Uhr. Kurz vor der untersten Stellung klickt der Taster T des Mikroschalters ein und lässt somit die rote LED als Reservewarnung aufleuchten. Im Auto ist dann meist noch etwa 10 % der Maximalmenge im Tank, was meist für 50–70 km Fahrstrecke reicht. Der Hebelarm ist bei uns kein Drahtbügel, sondern ein Streifen aus Sperrholz oder Hartfaser (ca. 20 cm x 1,5 cm; 3–6 mm dick), der über ein 6-mm-Loch auf die Potiachse mit Schmelzkleber fixiert wurde.

Info:

Ein Kraftstofftank ist ein unregelmäßig geformter Flachtank, da er konstruktiv z. B. über der Hinterachse unter dem Kofferraum eingepasst wurde. Im Tank befindet sich um den Schwimmkörper

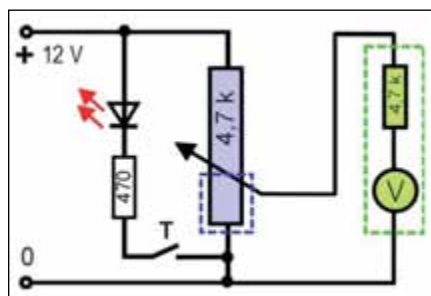


Bauteile Tankanzeige : Neben diesen Teilen (Poti mit 6-mm-Achse, Mikroschalter mit langem Bügel und Drehspulinstrument mit Farbskala) werden lediglich noch zwei Festwiderstände und eine rote LED benötigt. Zum Instrument: Einbaumessgerät **VOLTCRAFT**, s. Conrad.de Nr. 103550 (R_i 1,66 kΩ, Vollauschlag bei 0,27 mA; 6,95 €).

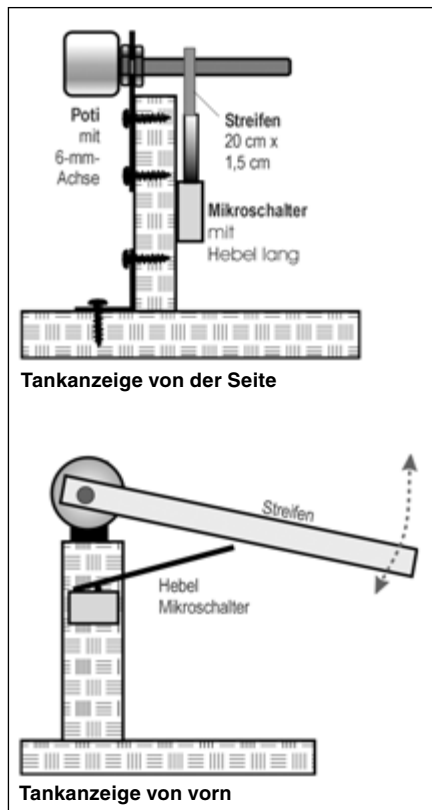
1. Den Kraftstoffvorrat ermitteln (Tankanzeige) **

Der Tankgeber

Als Sensor im Tank fungiert im Auto meist ein Drahtpotenziometer mit



Schaltplan Tankanzeige



Es werden ein paar Holzteile und Holzschrauben, ein Metallwinkel und etwas Blech für die Befestigung des Poti verwendet. Der Mikroschalter wird mit Schmelzkleber an der „Holzsäule“ fixiert, sodass bei evtl. nicht ganz korrekter Lage seine Position leicht mit Heißluft verändert werden kann.

meist ein größeres Rohr, wodurch der Kraftstoffstand sich während der Fahrt beruhigt und ein irritierendes Schwanken des Zeigers der Tankuhr vermieden wird. Die Anzeige ist nicht sehr genau, doch will der Fahrer Zwischenstände auch gar nicht so genau wissen, erst der Reststand ist von Interesse, wobei die rote Warnleuchte zusammen (mit dem hier im Modell nicht mit eingebauten akustischen Warner) den Fahrer mahnt, alsbald eine Tankstelle aufzusuchen. Die digitale Anzeige nimmt ihre Werte vom Poti und errechnet die mögliche Reichweite aus vorigen Fahrkilometern und dem letzten Tankvorgang. Die Tankuhr schwindelt also immer etwas, besonders wenn das Fahrzeug am Berganstieg mit wenig Kraftstoff steht, da er im Tank nach hinten fließt. Der genaue Kraftstoffverbrauch kann über die getankte Literzahl nach einer Vollbetankung und über die angezeigten gefahrenen km am Tageskilometerzähler errechnet werden.

Aufgabe

- Baut eine Tankanzeige nach dem Schaltplan und den Grafiken im Modell nach. Beschriftet nach der Funktionsprüfung in eurem Technikheft die farbigen Felder der Anzeige. Beispiel: *gelb* voll bis $\frac{3}{4}$ voll (entsprechend etwa $\frac{1}{4}$ des Maximalwinkels von ca. 40° der Hebelbewegung).
- Warum handelt es sich im unteren Bereich des Hebels ($\frac{1}{5}$ des unteren Schleiferbereichs) um einen relativ unbelasteten **Spannungsteiler**?

Bei $\frac{1}{5}$ Kraftstoffstand (im Schaltplan blau gestrichelt) liegt etwa $1\text{ k}\Omega$ am Poti unten an. Dieser Teil wird im Anzeigebereich (grün umrandet) mit deutlich über $5\text{ k}\Omega$ belastet (das Messgerät hat ja auch noch ca. $1,7\text{ k}\Omega$). Bei mindestens 5-fach höherer paralleler Widerstandsbelastung kann man in erster Näherung von einem relativ unbelasteten Spannungsteiler ausgehen, d. h. die Anzeige wird bei tiefem Flüssigkeitsstand genauer als anfangs (wenn das Auto einigermaßen eben steht).

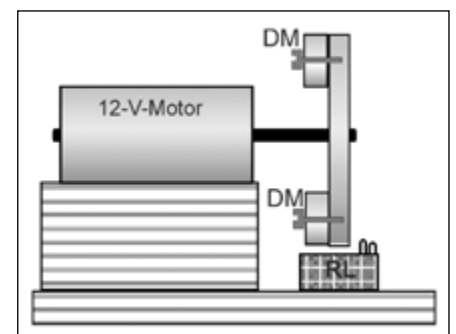
- Warum ist eine analoge Tankanzeige, also mit Zeiger, bezüglich der Ergonomie im Auto angepasster als eine digitale (mit Ziffern)? Ist die digitale Reichweitenanzeige so präzise, wie sie vorgibt?

Eine Winkelstellung des Tankuhrzeigers ist schneller ablesbar als wechselnde Zahlenangaben eines Displays; daher hat auch der Tacho einen Zeiger. Nur 2 Sekunden Ablenkung bei Tempo 100 ergeben 56 m „Blindflug“ (aus: $100\,000\text{ m} \times 2\text{ s}/3600\text{ s}$). Man beachte: Die digitale Anzeige der Restreichweite kann bei einer langen zügigen Bergauf-Passfahrt oder längeren schnellen Autobahnfahrt tatsächlich geringer sein, als angezeigt wird. Leerer Tank bedeutet stets Zeitverlust und Zusatzkosten (wenn die Polizei das auf der Autobahn mitbekommt, gar Geldbuße!). Ein Dieselmotor lässt sich übrigens nach leergefahrenem Tank durch die Luft im Kraftstofffilter meist nicht so leicht wie ein Benzinmotor starten.

2. Eine Drehzahl n ermitteln (Drehzahlmessung) *



Digitalmultimeter, für eine Drehzahlmessung geeignet Frequenzanzeige momentan: 68,64 Hertz (Hz). 1 Hz entspricht 1/s oder 1 (Wechsel) je Sekunde.



Aufbau zur Drehzahlmessung eines Motors
DM: Dauermagnet, RL: Relais

Im Auto wird vor allem die Motordrehzahl ermittelt (der Drehzahlmesser ist im Sichtfeld des Fahrers). Dies ist deshalb wichtig, weil heutige Motoren gut gedämmt sind und man nicht untertourig fahren sollte und auch den Gangwechsel leichter findet. Intern (also unmerklich für den Fahrer) wird zudem die Drehzahl der Räder für den km-Zähler und das Antiblockiersystem gemessen.

Aufgabe

- a) Montiert auf die Welle eines kleinen 12-V-Motors ein Plastikzahnrad oder eine Holzscheibe mittels Presspassung. Auf dem Bauteil werden zuvor genau gegenüber zwei starke Dauermagnete mit Rundloch, z. B. Conrad Nr. 506105, eingeschraubt (zur Sicherheit nicht nur kleben!). Als n-Sensor dient ein gängiges 12-V-Relais, in dessen Spule beim berührungslosen Vorbeilaufen der Magnete Spannungsimpulse durch Induktion entstehen.
- b) **Recherche:** Erkundigt euch, was man unter Induktion versteht.

Induktion ist die Spannungserzeugung in einem Leiter (oder einer Spule) durch ein sich änderndes Magnetfeld. Die Dauermagnete ändern ihren Magnetismus nicht, aber für die Spule liegt durch die Drehbewegung der Magnete ein Wechselfeld vor.

- c) Die Relaispule sollte möglichst über 300 Ohm haben und wird über dünne Krokokabel an ein DMM (Digitalmultimeter) mit einer Frequenzanzeige im Hz-Bereich (Hertz) angeschlossen. Nach dem Lauflassen des E-Motors über ein regelbares Netzgerät könnt ihr über die Frequenz f bei unterschiedlichen Spannungen die Drehzahl der Motorwelle bestimmen. Rechnet ein Beispiel vor!

Beispiel für eine Motor-Drehzahl bei 12 V. Die f-Anzeige beträgt 75,34 Hz. Da für einen exzenterfreien Motorlauf beim Aufbau zwei Magnete verwendet werden, ist die Drehzahl n je Sekunde: $n = [75,34 / 2] \times 1/s = 37,67 \text{ 1/s}$. Die Umdrehungszahl pro Minute der Motorwelle ist damit 60-mal so hoch. Der Motor dreht daher mit $n = 37,67 \times 60/\text{min} = 2260/\text{min}$.

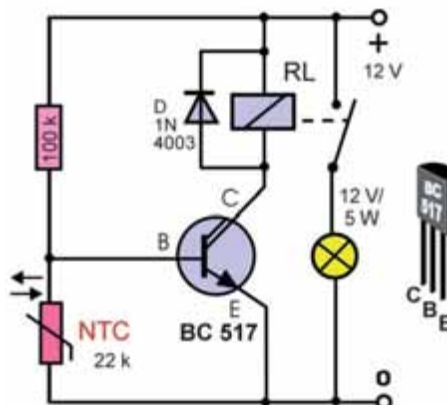
Anmerkungen

- a) Auch mit einem Hall-IC (Näheres s. unter 6.) ist anstelle der Induktionsmethode über die Relaispule eine berührungslose Drehzahlmessung durchführbar, ebenso mit einer Lichtschranke.

- b) Für Frequenzmessungen mit einem DMM sind Mindestspannungen der Quelle nötig (meist über $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} \text{ V}$). Ein höherer Spulenwiderstand bedeutet auch oft mehr Windungszahlen, und dann gibt es auch mehr Spannung. Die starken Dauermagnete sorgen ebenfalls für eine höhere Spannung, die zumindest für ein gutes DMM zur f-Messung ausreicht. So umgehen wir elegant das mühselige „Selber-Spulenwickeln“.

3. Wie vermeidet man eine Überhitzung? (Übertemperaturschutz) **

Im Auto dürfen sich das Kühlwasser und das Motoröl nicht überhitzen. Durch zugesetzte Frostschutzmittel (Glykol) kann die unter Druck stehende Kühlflüssigkeit sich u. U. auf über 110 °C erhitzen. Das Anzeigeelement ab 120 Grad im Fahrerblickfeld ist somit zur Warnung rot markiert (s. Eingangsbild). Das Motoröl darf nicht über 130 °C kommen, sonst droht Selbstentzündung. Daher hat der Kühler im Motorraum zusätzlich etwa für den Stopp- und Go-Verkehr, der die Kupplung durch ständige Reibung und den Motor durch häufiges Anfahren im Sommer aufheizen kann, einen großen Ventilator, der sich bei Übertemperatur des Kühlwassers selbsttätig einschaltet. Auch die Sitzheizungen im Winter und die Innenheizung dürfen nicht zum Grill bzw. Backofen werden. Es ist daher jeweils ein Überhitzungsschutz nötig, den wir hier kennenlernen.



Aufgabe

- a) Baut die Sitzheizungsregelung nach dem Schaltplan auf. Die Glühlampe tritt anstelle der Heizung bzw. Sitzheizung im Auto. Die Lampe wird über den Ruhekontakt des Wechsler-Relais angeschlossen, womit sie zunächst ohne einen Überwärmungszustand leuchtet.
- b) Erwärmt kurz mit einem Föhn oder einem nahe gehaltenen warmen Lötkolben den Heißleiter (NTC). Beobachtet und erklärt das Schaltverhalten, das die Lampe veran-schalicht.

Bei einem warmen Heißleiter sinkt sein Widerstand so stark, dass die Eingangsspannung des Darlington-Transistors (ca. 1 V) unterschritten wird und somit über den Ruhekontakt des Relais die Heizmatte der Sitzheizung (bzw. hier die Glühlampe) stromlos wird und damit abkühlt.

- c) Das EVA-Prinzip erkennen: Wo sind im Schaltplan die Eingabeteile, die Verarbeitungsteile und das Ausgabeteil?

Eingabeteile: rot, Verarbeitung: blau, Ausgabe: gelb.

- d) Warum wird hier in den Schaltungen statt eines Einfachtransistors ein Darlingtontyp verwendet?

Weil er eine weit höhere Verstärkung (bis $\times 30\,000$) und Steilheit hat. Steilheit bedeutet: Hoher Kollektorstrom-Anstieg schon bei kleiner Änderung der Eingangsspannung. Dadurch wird ein Relaisflattern selbst bei langsamer Eingangsspannungsänderung (hier durch die langsame Temperaturänderung verursacht) weitgehend vermieden.

- e) Wo in der Schaltung könnte man für den Fahrer den Einstellregler der Sitzheizung einbauen?

Z. B. anstelle des 100-k-Widerstands ein 100-kΩ-Poti einbringen. Aber zum Schutz des Darlingtons muss man vor die Basis B zusätzlich einen 27-kΩ-Festwiderstand reinnehmen, falls er das Poti auf 0 Ohm herunterstellt, sodass es zu keinem viel zu hohen Basisstrom

(Steuerstrom) kommen kann, der ansonsten den Darlington zerstören würde ...

- f) Wie erreicht man die Umkehrfunktion, d. h. wird der NTC wärmer, dann Lampe = Ein?

Durch ein Wechselrelais (Arbeitskontakte) oder Vertauschen der beiden (roten) Eingangsteile im Schaltplan.

Anmerkung: Im letzteren Fall (d. h. beim Vertauschen von NTC und R) ist dann vor die Basis ein Festwiderstand von 27 k Ω zu setzen, denn bei zu hohem Basisstrom wird der BC 517 intern zerstört (das ist ihm äußerlich nicht anzusehen!). Der Kleindarlington kann Ströme im Kollektorkreis bis 0,4 A schalten, zur Betriebssicherheit ohne Kühlung längere Zeit nur 0,2 A. Dieser Arbeitsstrom genügt jedoch für alle gängigen 12-V-Relaistypen zur Aussteuerung völlig (meist werden lediglich 30 mA benötigt).

- g) Warum wurde hier ein 22-k Ω -NTC verwendet und nicht wie in etlichen Schaltungen ein niederohmiger, z. B. ein 1-k Ω -Typ?

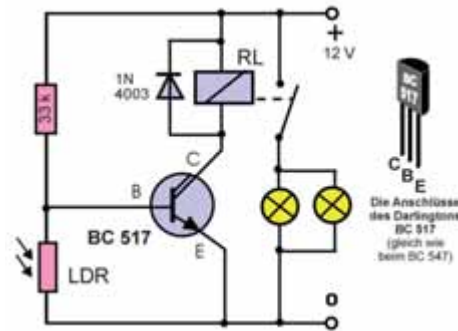
Weil höherohmige Heißeiter einen deutlich größeren Temperaturbeiwert als niederohmige haben. Damit ergibt sich bei gleicher Erwärmung eine merklich größere und damit leichter auswertbare Widerstandsänderung.

- h) Weshalb sollte ein möglichst kleiner Heißeiter (NTC) verwendet werden?

Weil er durch seine geringere Masse (kleinere Wärmekapazität!) auf Temperaturänderungen nicht so träge, d. h. langsam, reagiert wie ein größeres Bauteil.

4. Wodurch schalten sich Lampen selbst ein? (Lichtautomatik) **

Bei Dunkelheit, ja sogar schon bei Dämmerung, sollten zur Sicherheit die Lichter am Auto selbsttätig angehen, etwa die Abblendlichter und Rücklichter beim Einfahren in einen Tunnel. Umgekehrt darf natürlich bei heller



Sonne die Lichtmaschine nicht unnötig Strom produzieren, denn bei vielen unnötig leuchtenden Lampen wird der Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs erhöht.

Aufgabe

- a) Baut die Lichtautomatik nach dem Schaltplan auf. Bei Beleuchtung des LDR mit einer Taschenlampe – entspricht dies dem Herausfahren aus einem dunklen Tunnel – sollen die beiden Abblendlichter (im Funktionsmodell sind das die beiden Lampen, z. B. je 5 Watt/12 V) vorne am Auto ausgehen.
- b) Warum muss bei der Umkehrfunktion (nach dem Vertauschen der beiden roten Eingabeteile) ein Festwiderstand als Schutzwiderstand direkt vor die Basis eingebaut werden?

Weil ein Fotowiderstand (LDR) bei grellem Lichteinfall ziemlich niederohmig werden kann und damit der Basisstrom für den Transistor zu hoch wird. Ein Basisvorwiderstand mit 22 oder 27 k Ω schützt dann den Steuereingang des Darlington.

- c) Wie kann man bei nur langsamer und geringer Helligkeitszunahme die Empfindlichkeit des Lichtsensors verbessern?

Einen zweiten LDR als Sensor parallel schalten. Das erhöht die Lichteinfallfläche. Außerdem kann man die beiden LDRs leicht auf unterschiedliche Lichteinfallswinkel ausrichten (durch Biegen der Sensordrähte).

- d) Was passiert, wenn der Ausgang auf den Eingang wirken kann, d. h. das Licht der Lampen fällt auf den Sensor zurück?

Es kommt zur **Rückkopplung**. Oft gibt es Schwingungen. Hier nur indirekt sichtbar, da Glühfäden träge reagieren, aber es spielt sich ein „Mittelwert“ ein: Die Lampen brennen meist dauernd schwächer oder die Schaltung wird sehr unempfindlich. Bei einem Mikrofon am Eingang und Lautsprecher am Ausgang kommt es zu einem Rückkopplungspeifen (Selbstschwingung).

- e) Ist die Diode am Relais wirklich ein Verarbeitungsteil?

Eigentlich ist die Diode nur ein Schutzteil, da sie während eines schnellen Schaltvorgangs den empfindlichen Transistor vor schädlichen Induktionsspannungen von bis zu $U = 200$ V, die in der Relaispule entstehen können, schützt: Sie schließt diese U-Spitzen bis auf unschädliche 0,7 V kurz. Man beachte, dass ihre Kathode mit dem Ring am 12-V-Plusanschluss liegt (Grund: Eine Induktionsspannung ist gegenläufig dem Kollektorstrom gerichtet – Lenzsches Gesetz).

5. Den Einklemmschutz kennenlernen (EKS an den Seitenscheiben) ***

Der EKS verhindert an elektromotorisch bewegten Scheiben eingeklemmte Finger, Arme oder eingeklemmte Köpfe, vor allem von Kindern auf der Rückbank (im Fond). Diese spielen allzu gerne mit den Hebertasten, jedoch kann auch der Fahrer/die Fahrerin schnell mal vorne die hintere Seitenscheibe zumachen – ohne zu bemerken, dass da noch der winkende Arm einer Person hinten im Scheibenweg drin ist. Dazu kommt, dass Autoscheiben heutzutage elektromotorisch relativ leise und ziemlich zügig bewegt werden, sodass selbst ein vorne sitzender Beifahrer oft gar nicht so schnell gegen das Einklemmen mit seiner evtl. im frischen Fahrtwind herauslehrenden Hand reagieren kann.



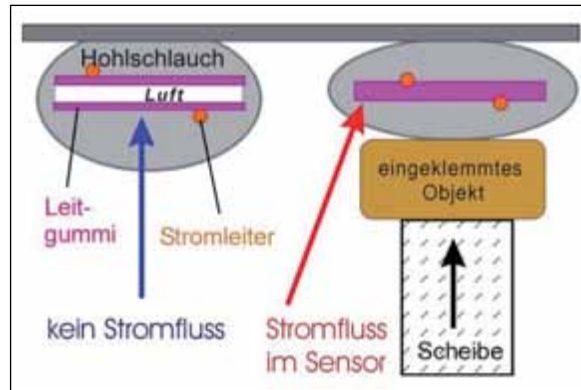
Mögliche Sensoren zur EKS-Steuerung des Scheibenhebers. Die beiden Taster links sind lokal zu begrenzt und optisch störend. Der runde und flache Halbleitersensor ändert zwar schon bei ziemlich kleiner Kraft sofort seinen Widerstand von Megaohm- auf Kiloohmwerte, hat jedoch wiederum für den Zweck eine zu kleine Sensorfläche und ist zudem recht teuer (ca. 10 €!). Rechts sieht man ein Stück Hohlrohr, dessen Innenseiten durch Druck zusammengepresst und dann sofort niederohmig werden. Das rote Band – ein Klebeschut – wird abgezogen und der Schlauch kann über mehrere Meter Länge z. B. für ein großes Auto-dachfenster aufgeklebt werden (System der Fa. Mayser, Ulm).

Das Funktionsprinzip des „unsichtbaren“ EKS

Neben der Optik der Seitenscheiben gibt es für aktuelle EKS-Systeme eine weitere Forderung: Die aufsteigende Seitenscheibe soll bei einem Widerstand nicht nur stoppen, sondern so gleich automatisch umkehren. Nur so lässt sich eingeklemmtes schnell und problemlos wieder befreien.

Der Autor hat den EKS an seinem Pkw (Bj. 2013) selbst ausprobiert. Zunächst mit einem dicken Handschuh bewaffnet, dann mit blanker Hand. Ergebnis: Die Scheibe geht sofort nach unten und man spürt praktisch keinerlei Schmerz. Das positive Fazit: Kein Mensch könnte so schnell die Scheibe wie früher „umkurbeln“, d. h. die aktuelle technische Lösung der Schutzautomatik ist überzeugend gelungen.

Da sich die technische Lösung nicht ohne Weiteres Schüler/Innen erschließt, gehen wir hier zum leichteren Verständnis schrittweise vor. Ja, die Sache ist etwas knifflig – umso reizvoller ist der Weg zur Lösung. Doch step by step erreichen wir den Gipfel mit der schönen Erfolgsaussicht auf eine dann gelungene Lösung!



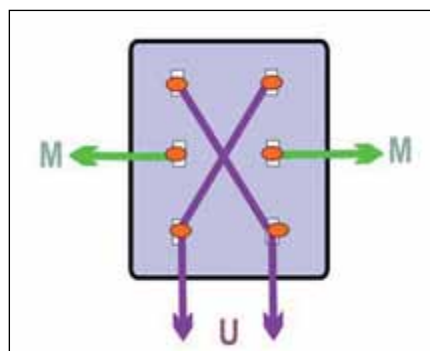
Elektromechanischer Sensor für den EKS links: der Hohlrohr-Sensor schematisch im Querschnitt ohne Belastung; rechts: Schon bei geringer Belastung wird der Schlauch zusammengepresst und lässt einen kleinen Relaisstrom durchfließen.

1. Schritt

Ein DC-Kleinmotor wird in Reihe zu einer Glühlampe geschaltet. Ein aufgesteckter kleiner elastischer Mini-propeller zeigt seine Laufrichtung an. Weil es unterschiedliche 12-V-Gleichstrommotoren gibt, hier ein Tipp zur Dimensionierung der Lampe: Sie wird so gewählt, dass sie während des Motorlaufs höchstens schwach glimmt (z. B. 5 W/12 V) und erst beim Abbremsen der Scheibe bzw. des Propellers mit den Fingern aufleuchtet.

2. Schritt

Da die Vorgabe gilt, dass die Motorwelle bei starker Belastung ihre Richtung umkehren soll, verwenden wir dazu einen geeigneten Schalter. Mit einem sog. Umpolschalter wird der Motor angesteuert. Die Verdrahtung zeigt die folgende Abbildung von der Unterseite, also der Lötseite.



Umpolschalter von unten. Manueller 2x-UM-Schalter, ein gängiger Miniatur-Kippschalter vom Typ Ein/Aus/Ein, rastend. Die Lötunkte wurden hier orange eingezeichnet. Die Motoranschlüsse (M, grün) dürfen auch mit den Anschlüssen für die Spannungsquelle (U, violette Pfeile) vertauscht werden.

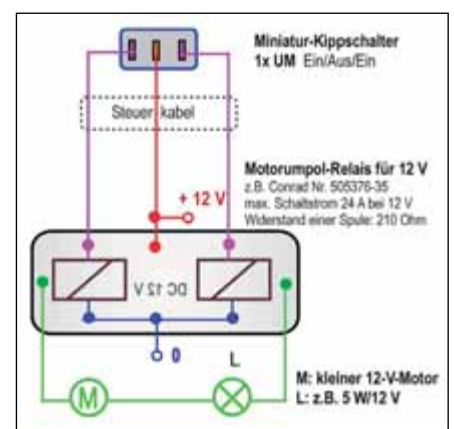
Man erkennt durch den technischen Versuch: Die Glühlampe leuchtet beim manuellen Umpolen mit dem Schalter kurz hell auf, d. h. die Stromaufnahme nimmt ein Moment deutlich zu. Dies gilt sowohl beim Abbremsen des Propellers mit den Fingern, wie auch beim Umpolen.

Anmerkung: Die Stromaufnahme vieler Motoren nimmt bei einem mechanischen Widerstand 2- bis 5-fach zu. Das ist

auch der Grund, warum die Bohrmaschine bei klemmendem Bohrer plötzlich mehr Leistung aufnimmt. Aber auch der Anlaufstrom von E-Motoren ist erheblich (man vgl. das Herauspringen von Haushaltssicherungen von starken Handwerkermaschinen wie die anlaufende „Flex“). Beim EKS kommt ja beides vor: Abbremsung und Umpolung der Motorwelle.

3. Schritt

Wir nutzen den Effekt der erhöhten Stromaufnahme für das EKS-Funktionsmodell. Jedoch können wir dazu **keinen manuellen Schalter** verwenden. Begründung: Welche Person mit z. B. eingeklemmter Hand kann denn in dieser Stresssituation noch rasch den richtigen Schalter finden und be-



Das Motor-Umpolrelais von unten (Lötseite): Es benötigt zur manuellen Ansteuerung nur noch einen einfachen Miniatur-Wechselschalter mit Kipphebel (Ein/Aus/Ein, rastend). Das 3-adrige Steuerkabel kann dünn und bei Bedarf auch viele Meter lang sein, da durch seine Kupferadern nur der kleine Spulenstrom der beiden Relais fließt.



Die Umschalter: 1x UM (manuell), 2x UM (Wechsler-Relais), Motorumpol-Relais (Spulenspannung 12 V, Kontaktspannung zwar bis Netzspannung möglich, aber im Unterricht für Schüler/-innen nur bis 24 V gestattet)

dienen? Es muss also ein elektrisch **steuerbarer Umpolschalter** eingesetzt werden, der zudem noch fixer schalten kann als unsere Hand beim Kippschalter. Einen solchen „Umpoler“ kann man zwar aus 2 einzelnen 2x-UM-Relais zusammenlöten, doch gibt es für die gleichen Kosten (um 5 €) schon ein vergossenes Fertigprodukt, das uns auch noch zwei weitere Anschlüsse erspart: das Motorumpol-Relais.

Anmerkungen:

- Das Modul ist so zu drehen, dass der Aufdruck „DC-12V“ sich unten befindet. Tipp: das Bauteil auf die Breitseite legen, sodass die Schrift kopfstehend lesbar ist. Dann weiterdrehen, bis man die Füße sieht – das DC steht dann am Boden so wie in der Grafik und wir können nun löten.
- Das Motorumpol-Modul hat relativ dicke vernickelte Anschlussfüße. Daher muss der LötKolben recht heiß sein, damit das Weichlot auch auf Nickel haftet. Tipp: Zunächst alle vernickelten Anschlüsse vorlöten, also mit Lot benetzen! Das gilt auch für die manuellen Umschalter.

4. Schritt

Das Motor-Umpolrelais wird über das Ausgangsrelais einer kleinen Lichtschranke angesteuert. Warum nun eine Lichtschranke? Weil die Lampe in Reihe zum Motor im simulierten Einklemmfall (der Propeller wird dazu abgebremst) aufleuchtet. Wir nutzen dieses Licht von Schritt 2 als Auswertung eines Signals aus.

Die Optionen der Autofahrer und die Vorgaben des Gesetzgebers sind

heutzutage anspruchsvoll, da ist eben schon ein gewisser technischer Aufwand zur Erfüllung nötig. Das Ergebnis ist jedoch überzeugend.

Das Motorumpol-Relais wird durch das Licht der Lampe, wie im 2. Schritt schon gesehen, angesteuert. Dazu wird ein LDR durch das Licht niederohmiger, und der starke Strom durch den LDR steuert einen Darlington an (Lichtschranken-Anordnung). Um die Lampe L und Fotowiderstand LDR befindet sich eine kleine Plastikröhre oder Papptrichter (Fremdlichtabschirmung). Nun steuert das nachgeschaltete 2x-UM-Relais (über seine oberen Kontakte) ohne manuelles schaltendes Eingreifen das Motorumpol-Relais an.

5. Schritt

Warum ein 2x-UM-Relais (natürlich auch ein 12-V-Typ) verwendet wird, hängt mit folgendem Effekt zusammen: Nachdem der Motor umgepolt wurde, geht die Scheibe dann ja wieder ohne Hindernis nach unten – aber nur ein

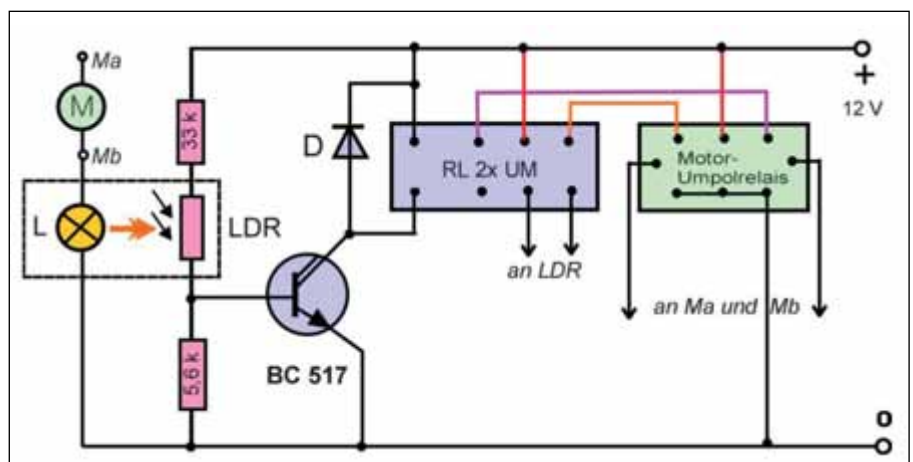
winziges Stückchen. Jetzt verbraucht der Motor ja wieder weniger Strom, womit nun die Lampe freilich höchstens glimmt, aber nicht mehr leuchtet, und die oberen UM-Kontakte des Relais wieder zurücksetzt. Das Leuchten der Lampe L ist ja nur kurz.

Das 2x-UM-Relais hat noch unten weitere Kontakte und die schließen nun den LDR kurz. So wird dem Transistor vorgegaukelt, der LDR sei niederohmig, werde also dauernd voll mit Licht bestrahlt. Es handelt sich somit um eine **Selbsthaltungsschaltung**, damit die Scheibe den ganzen Weg – und nicht nur ein kleines Stückchen – nach unten geht.

Beim Funktionsmodell wirkt sich die Schaltung zusammengefasst also so aus:

Wenn der Propeller per Hand gebremst wird,
dann nimmt er mehr Strom auf,
dann entsteht in der Lampe Licht,
dann schaltet über die Lichtschranke ein Relais (blau) den Motorumpoler (grün),
dann greift gleichzeitig im Relais (blau unten, bei an LDR) die Selbsthaltung, **sodass der Motor seine Drehrichtung umkehrt.**

Der Vorgang läuft in unserem Modell so wie in der Realität rasant ab: Propeller bremsen und schon läuft er andersherum. Kein Mensch könnte so schnell reagieren, wie in einem aktuellen Auto: Man erfährt keinen „Einklemmschmerz“: Der Hebermotor dreht blitzschnell seine Richtung um – eine prima Sicherheitseinrichtung! Kleiner Nachteil: Im Winter bei evtl. vereister Schei-



Gesamtschaltung des EKS-Funktionsmodells: Die Relais sind von der Unterseite gezeigt.

benführung (kommt eher ziemlich selten vor) muss man dafür mehrmals die Scheibe schließen, wodurch der EKS kurzfristig außer Kraft gesetzt wird.

Eine Autoscheibe kann natürlich nur bis zu ihren Endstellungen bewegt werden. Die Endschalter wurden hier zur Vereinfachung weggelassen. Es ging nur um die Richtungsumkehr bei mechanischer Belastung des Motors. In der Realität kann durch die sofortige Umkehrung der Seitenscheibe im Auto ein eingeklemmtes Objekt problemlos aus seiner Zwangslage ohne jeden Schaden befreit werden. Die gewollte Option des EKS (seit ca. 10 Jahren Vorschrift!) erfordert, wie man sieht, schon einen gewissen Aufwand. Zur Veranschaulichung des Prinzips genügt im Technikunterricht bei Zeitmangel auch das Vorgehen bis Schritt 3.

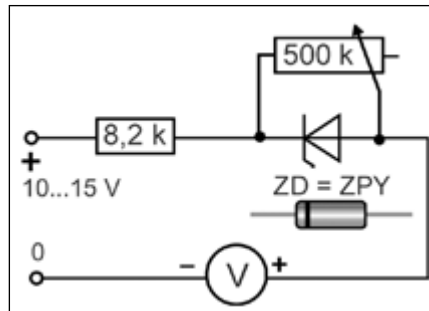
In der Realität wird keine Lichtschranke verwendet, sondern ein Hall-IC, das bei Belastung das stärkere Magnetfeld des Motors „erfühlt“. Unser Kleinmotor nimmt hierfür zu wenig Strom auf, ein starker Motor würde jedoch unseren Fingern schaden. Zudem zeigt die Lampe sehr anschaulich die Stromzunahme bei einer mechanischen Motorbelastung an.

6. Bau einer Batteriekontrolle **

Die häufigste Pannenursache bei Autos bringt die Autoelektrik, und davon wiederum ist der „Hauptübeltäter“ die Autobatterie. Der Grund für ihr Versagen ist meist:

- ständig Kurzstrecken fahren (Stadtfahrten unter 20 km),
- den Akku im Winter fordern (Anlassen bei Frost, Scheibenheizungen, Heizkissen, Gebläse, Lichter ...) und
- Altersschwäche durch Sulfatierung bei längerem Stand und Bleisumpf durch Schlaglöcher forciert (Lebensdauer einer Autobatterie i. d. R. 5 bis max. 8–10 Jahre).

Man erkennt den geringen Ladungszustand vorher, wenn man bei **nicht laufendem Motor** sie kurz belastet, indem man beispielsweise die Front-



Schaltung zur Kontrolle der Batteriespannung im Auto

lichter einschaltet und dabei die Batteriespannung beobachtet. Je näher diese dann an 10, 8 V (oder gar darunter) liegt, desto weniger „Saft“ hat sie noch. Die Ladeschlussspannung eines Autoakkus liegt bei 14,4 V (Blei-Antimon-Typ) bis knapp unter 15 V (Blei-Kalzium-Typ). Darüber „gaselt“ (Knallgasbildung!) und erwärmt sich der Akku stark.

Leider hat kaum ein Auto vom Werk aus eine Batterieanzeige. Die Akkuspaltung kann man aber an der Zigarettenanzünder-Steckdose schnell messen – wenn man dazu ein Instrument hat.

Digitalvoltmeter zeigen oft unruhige Ziffernwechsel, daher benutzen wir das gleiche Instrument wie in der 1. Aufgabe (ein preiswerter Drehspultyp mit Farbskala).

Aufgabe

- Baut den 12-V-Kontrollmesser entsprechend dem Schaltplan nach. Stellt den Trimmer auf ca. 360 kΩ wirksamen Widerstand ein. Benutzt als Spannungsquelle ein regelbares Netzgerät mit Digitalanzeige (andernfalls zusätzlich ein DMM zur genaueren Spannungsangabe verwenden). Notiert die Messanzeige der Farbbereiche, z. B. grün: 13,5 V ...15 V)
- Info: Das Instrument benötigt nur ca. ½ V für den Vollausschlag. Versucht nun die Funktion der Zenerdiode zu erklären.

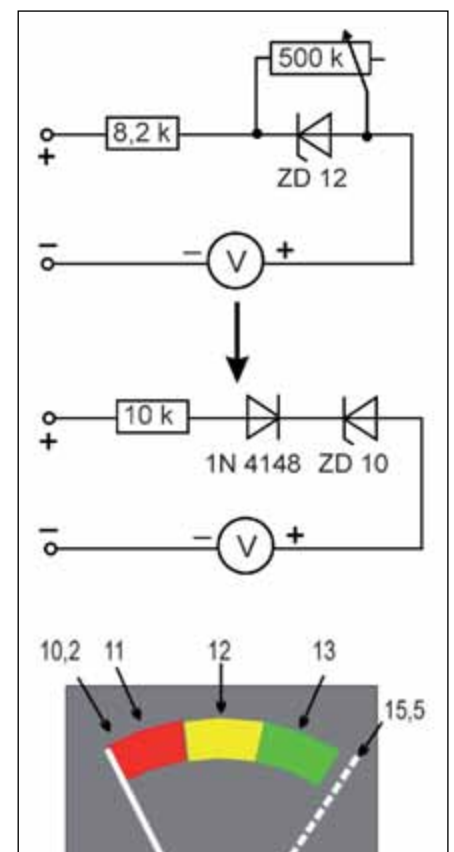
Sie schneidet alle Spannungen unter 12 V ab. Durch den Trimmer wird sie etwas umgangen, um auch noch 10,4 V anzuzeigen. Der Festwiderstand begrenzt die Stromstärke des Instruments, das nur 270 µA für den Vollausschlag benötigt.

- Arbeitsmethode: Optimieren durch Variieren und Kombinieren:** Ändert die Bauteile, z. B. ZD 12 durch ZD 10 und andere Widerstandswerte (jedoch zum Schutz der Zenerdiode den Festwiderstand nie unter 2 kΩ wählen) und notiert die neuen Farbskala-Werte. Warum verbessert sich nun die Anzeige bei einem schwachen Akku im unteren Bereich?

Eine gute Lösung:

Durch die 10-V-ZD wird im unteren Bereich der Anzeige nicht so viel Spannung „abgeschnitten“ wie bei einer 12-V-ZD. Die Kombination mit einer gängigen Si-Diode hebt die Zenerspannung um 0,7 V an. Da jedoch schon µA angezeigt werden, beginnt der Zeiger des Instruments bereits bei etwas über 10 V sich zu bewegen – was durchaus erwünscht ist – und geht bis fast 16 V (Ladespannung einer Lichtmaschine im Auto).

Hier die optimierte Schaltung (unten) und (rechts davon) ihre Skalenwerte in Volt:



d) Woran ist in der Schaltung das EVA-Prinzip zu erkennen?

- **Eingabe:** die Akkuspannung (Signaleingang an + und –)
- **Verarbeitungselemente:** Festwiderstand, Si-Diode und Zenerdiode
- **Ausgabe:** das Messinstrument (Ausgabe des verarbeiteten Signals)

Anmerkung: Zenerdioden werden stets in Sperrrichtung betrieben und damit andersherum als „normale Dioden“ eingebaut. Wir benutzen im Technikunterricht die 1,3-Watt-Typen. Sie kosten nur wenige Cent mehr als die 0,5-W-Typen, sind nicht so zerbrechlich klein und vertragen auch ein paar mA mehr Sperrstrom (= der nutzbare Strom bei Z-Dioden), ohne gleich zu überhitzen.

7. Wie funktioniert ABS der Bremsanlage? **

ABS ist die Abkürzung von **AntiBlockierbremsSystem** und ein geschützter Markenname der Firma Robert Bosch.

ABS erhöht wesentlich die Lenkungs-fähigkeit des Fahrzeugs beim sehr starken Bremsen. Dazu wird das Blockieren eines Rades (oder mehrerer Räder) verhindert, indem taktweise der Bremsdruck auf die Brems-

beläge nachlässt. Dann rollt das Rad ein Stück weiter und kann so wieder einen Beitrag zur Bremsverzögerung beitragen, blockiert danach fast, und wiederum lässt man die Bremsbeläge kurz frei. Das geschieht z.B. 10-mal pro Sekunde – kein Fahrer kann das mehrere Sekunden lang so fix mit dem Fuß machen! Daher spricht man auch von „Stotterbremse“, denn man spürt bei einer Vollbremsung diese Vibration auch deutlich am pusierenden Bremspedal. Zudem hört man auch das Ansprechen von ABS als Rattern.

Das System wurde vor rund 40 Jahren eingeführt und hat sich inzwischen bewährt.

Funktionsmodell zu ABS

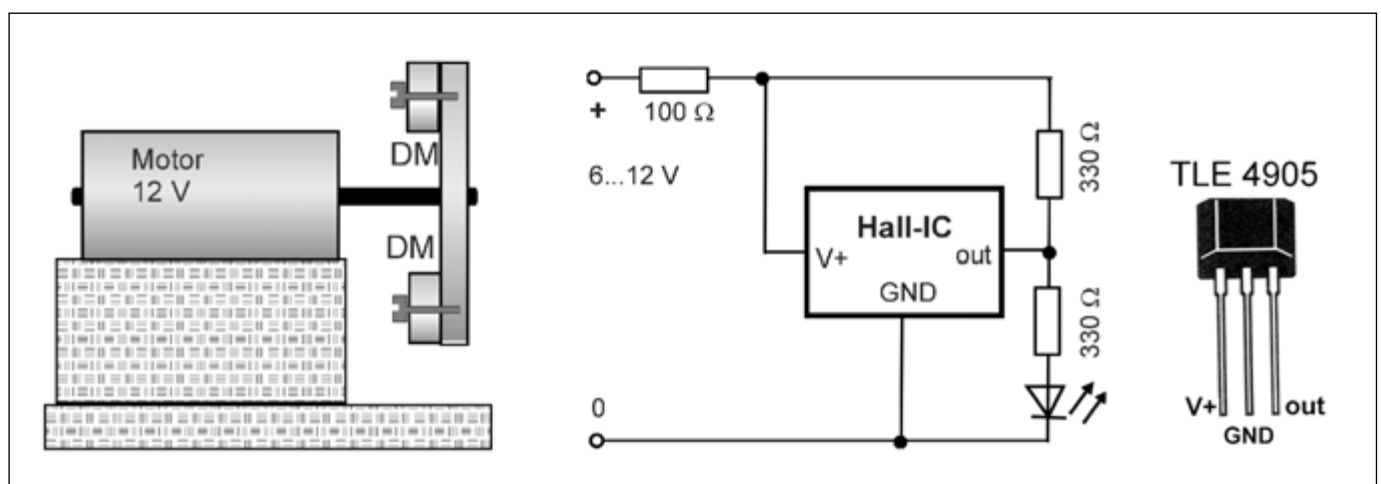
Wir bauen ein einfaches reduziertes Modell, also ohne aufwendige Baugruppen wie Hydraulik und Steuergerät, um die Funktionsweise einer ABS-Anlage besser zu verstehen. Wie beim Pkw auch wird hierbei ein **Hallsensor** (sprich Hall wie engl. ball in football) verwendet. Dieser Sensor steuert über das Steuergerät das Bremsdruckventil.

Als „Rad“ dient im Modell eine Holz- oder Kunststoffscheibe, auch als größeres Plastikzahnrad möglich. An die Scheibe werden zwei starke Dauer-

magnete (DM) aufgeschraubt, also nicht nur geklebt, sonst landet so ein Magnet bei schneller Drehzahl u. U. flugs im Gesicht! Bezugsquelle der DMS: Conrad.de Best.-Nr. 506105. An den Hallsensor löten wir drei ca. 20 cm lange, dünnere flexible Leitungen an, damit man ihn dann gut in der Hand führend in die Magnetrnähe bringen kann.

Autos haben bei ABS in Radnähe innen viele Magnete auf einer Art Zahnscheibe. Doch reichen uns im Modell zwei, und sie sorgen bei korrekt ausgeführter Bausymmetrie für einen ruhigen Motorlauf. Die Scheibe wird mittels Presspassung auf die Welle eines kleinen 12-V-Elektromotors aufgesteckt.

Der Gleichstrommotor ist an ein regelbares Netzgerät angeschlossen. Mit z. B. 7 V läuft er langsamer als mit 12 V und die Scheibe ist leicht am Umfang mit den Fingern bis fast zur Blockade abzubremsen – ähnlich wie es beim Bremsen die Bremsbeläge eines Pkw mechanisch auch tun. Wird der Sensor in etwa 0,5–1 cm Entfernung von einem Dauermagnet positioniert, flackert die superhelle Leuchtdiode (Farbe egal, auch superhelle weiße LED möglich) sehr gut sichtbar beim Abbremsen der Scheibe, was das Ansprechen des Sensors bei der „Stotterbremse“ verdeutlicht.



Info zum Schaltplan: Der Hallsensor (z. B. TLE 7905 L, bei reichelt.de ca. 60 Cent) ist etwas kleiner als ein gängiger Kleintransistor und hat 3 Anschlüsse. Er enthält als integrierter Schaltkreis (IC) einen Verstärker zur Erhöhung der winzigen Hallspannung, die in einem Stromleiter in der Nähe eines Magnetfelds entsteht (Entdecker der Spannung war der amerikanische Physiker Hall). Das IC verbraucht selbst nur ca. 3 mA, gibt bei einem Neodym-Magnet mit Mittelloch von 1 cm Entfernung bis zu 50 mA Strom am Ausgang ab, was für ein Relais ausreicht. Man darf jedoch diesen Wert nicht wesentlich überschreiten, da sonst das Bauteil zu warm wird. Die Versorgungsspannung kann zwischen 4 – 24 V liegen. V+ ist Plus der Versorgungsspannung, GND = Ground (Grund) bedeutet der Minuspol bzw. 0 und out der IC-Ausgang, ein offener Transistor-Kollektor. Die Sensorseite des Magnetfeldfühlers liegt direkt hinter dem Schriftfeld des Bauteils.

Aufgabe

- a) Baut das Funktionsmodell nach dem Schaltplan auf.

- b) Was soll das Flackern der LED beim Bremsen veranschaulichen?

Die Bremsdruckventil-Reaktion bei einer Vollbremsung:

Druckaufbau ➤ Druck halten ➤ Druckabbau ➤ Druckaufbau ➤ Druck hal...

- c) Erkundigt euch, warum ABS Sicherheit bringt und wo seine Grenzen sind, d. h. was es nicht kann.

+ die Lenkfähigkeit des Fahrzeugs bleibt erhalten

+ das gefährvolle Drehen beim Blockieren wird vermieden

+ es werden sog. Bremsplatten (abradierte Stellen) auf stark gebremsten Gummireifen verhindert – bei Glatteis, einer Ölpfütze, Aquaplaning oder verschmierter Fahrbahn kann das System fast nichts ausrichten, da dann die Haftreibung sowieso praktisch null ist.

– das Hinaustragen aus einer Kurve bei stark überhöhter Geschwindigkeit wird nicht vermieden: Wenn

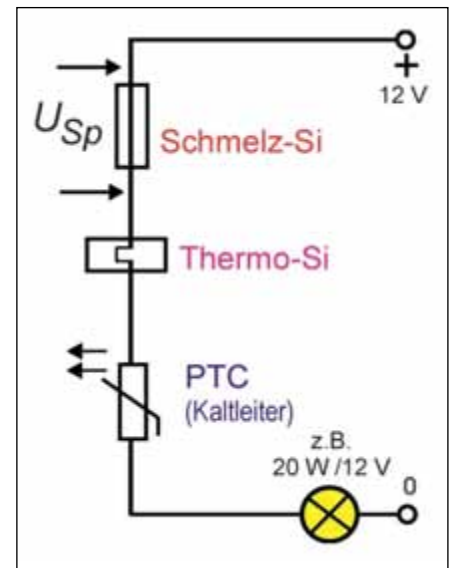
Räder mal „in der Luft sind“, dann nutzt das Bremsen nichts mehr – daher Kurven niemals zu schnell angehen!

- d) ABS verkürzt, wie oft angenommen, eben nicht den Bremsweg. Erklärt dies, warum.

Bei einer „Stotterbremse“ wird ja durch den Druckabbau zeitweise durch die Radfreigabe das Rad nicht gebremst. Dann geht etwas Bremsweg verloren, was der Bremskraftverstärker nur teilweise wieder hereinholen kann.

8. Verschiedene Sicherungen kennenlernen *

Autos haben manchmal nicht nur einen, sondern mehrere Sicherungskästen: im Motorraum, im Laderaum, im Fußraum des Beifahrers ... Wie aber soll bei gut isolierten Kabeln denn überhaupt ein Überstrom oder gar ein Kurzschluss entstehen? Nun, dies kann bei jedem heftigen Unfall passieren, aber auch ohne Unfall z. B. durch „hängende Relais“, wenn ihre Kontakte mal kleben, oder durch

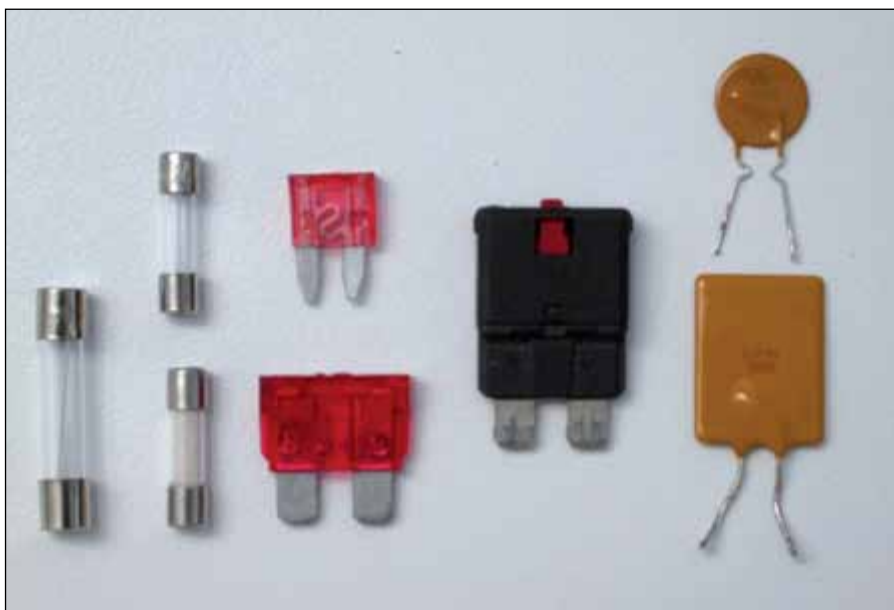


einen blockierten Scheibenwischermotor, der gegen die festgefrorenen Wischer im Winter beim Einschalten nicht ankommt, oder durch eine stromüberforderte 12-V-Buchse, da die Zigarettenanzünder-Buchse aufgrund der mäßigen Kabelstärke meist auf 8 A begrenzt ist.

Der Schaltplan zeigt 3 Sicherungstypen. Das mittlere Bauteil ist eine auf Knopfdruck rückstellbare Sicherung auf Basis von Bimetall. Die untere Sicherung ist der PTC-Typ, ein Kaltleiter aus Halbleitermaterial mit sehr geringem Widerstand, der bei Überstrom recht warm und dabei hochohmig wird, also dann nur noch sehr wenig Strom durchlässt. Dabei kühlt er wieder ab. Wird die Leitung durch einen Schalter kurz (und wenn es nur 1 Sekunde ist) geöffnet, lässt das Kaltleiter-Bauteil nach dem Schließen wieder seinen Nennstrom durch, ist also – im Gegensatz zur Schmelzsicherung – ein reversibler Sicherungstyp.

Aufgabe

- a) Verwendet nach dem Schaltplan unterschiedliche Sicherungen, aber möglichst gleicher Amperezahl, in Reihe und misst ihren jeweiligen Spannungsabfall U_{Sp} mit einem Digitalmultimeter (DMM auf den mV-Bereich einstellen). Welcher Sicherungstyp nimmt am meisten Spannung der Lampe weg? Welche Typen sind besonders träge?



Ausführungen von Kfz-Sicherungen: links: die Schmelzdraht-Typen: in den Glasröhrchen, die sog. Feinsicherungen, dann die Flachsicherungen für Steckfassungen (oben rot die Mini-Type, unten die Standard-Type; rot steht für 10 A).

Mitte rechts: Flachsicherungsautomat mit rotem Rückstellknopf. Diese Thermosicherung beruht auf der reversiblen Ausdehnung von Bimetall bei Wärme größerer Ströme (von 5 bis 25 A erhältlich).

Rechts: die einlötbaren gelben Kaltleiter-Typen (hier Rundtype Polyswitch für 185 mA, eckig Multifuse® für 11 A Nennstrom), wobei diese PTCs (positiver Temperatur Coeffizient) ein Material enthalten, das sich bei erhöhter Stromstärke erwärmt, und Halbleiterverhalten zeigen.

Der Kaltleiter (PTC) nimmt bei zunehmender Erwärmung besonders viel Spannung weg, bis er dann schließlich den Stromdurchfluss praktisch „ganz verdünnt“ – er unterbricht im Gegensatz zur Schmelz- und Bimetallsicherung den Leiterweg nicht vollständig. Bi-Metall und die PTC-Typen sind recht träge.

- b) Welchen Vorteil und Nachteil haben Schmelzsicherungen?

Sie sind preiswert, jedoch bei Überstrom nicht wieder benutzbar. Nachteil: Es sind in der Praxis Ersatzsicherungen als Vorrat nötig.

- c) Welchen Vorteil und welche Nachteile haben die anderen Sicherungsarten?

Sie sind wiederverwendbar (reversibel), jedoch um ein Mehrfaches teurer. Der gelbe MF-Typ (aus Multifuse®) wird bei Überstrom u. U. längere Zeit heiß, nach dem Ansprechen kühlt er allerdings ab.

- d) Was bedeuten F, T und M bei Feinsicherungen?

F = flink, T = Träge (T spricht nicht auf eine kurze Überschreitung des Nennstroms an). M bedeutet mittelträge, TT superträge. F und FF (superflink) setzt man in Messgeräten ein, TT bei E-Motoren.

- e) Warum ist stets die Amperezahl im Aufdruck zu lesen? Welche Stromstärken müssen die Autosicherungen „verkräften“?

Nach $P = I^2 \times R$ (Joule'sche Wärmeleistung P) ist vor allem die Stromstärke I , weniger der Schmelzdraht-Widerstand R für die „Schmelzleistung“ entscheidend. U bleibt beim Auto im Wesentlichen ja relativ konstant. Im Pkw gibt es meist Sicherungen von 5 A (z. B. für elektrische Servolenkung) bis 40 A (z. B. für Wischautomatik, beheizbare Windschutzscheibe).

- f) Welches Elektroteil im Auto (ein wichtiger Akteur beim Start!) wird ganz ohne Sicherung betrieben?

Der Anlasser hat keine Sicherung in der Zuleitung, denn sie würde bei z. B. 120 A Stromstärke zu viel Spannungsabfall und damit zu viel Leistung „verschlingen“. Die nötigen dicken Stromkabel (= viel Kupfer = besonders kleiner Widerstand) vom Akku zu dem E-Motor würden durch ein solches in Reihe zum Anlasser gelegtes widerstandsbehaftetes Bauteil praktisch sinnlos.

- g) Warum sollte man eine Schmelzsicherung (engl. fuse) im Auto nicht sofort, d. h. ohne Fehlersuche, ersetzen?

Der Überstrom bzw. Kurzschluss muss ja einen Grund haben. Ohne Fehlersuche „geht“ die nächste Sicherung auch gleich wieder „drauf“, und wer hat schon so viele verschiedene Sicherungen mit den unterschiedlichen Typen und allerlei Stromstärken (8 unterschiedliche Farben) parat?

Aus der Schule für die Praxis

Besuchen Sie bitte unseren Internet-Shop
www.fau-lehrmittel.de

- ☐ Bausätze
- ☐ Elektrische und elektronische Bausätze
- ☐ Halbzeuge (Holz, Metall, Kunststoff)
- ☐ Fertigteile (mechanische, elektrische)
- ☐ Verbindungsmittel
- ☐ Verbrauchsmaterial, Hilfsmittel, Werkzeuge
- ☐ CAD-CAM, CNC



Ursula Fau

Lehrmittel für den techn. Unterricht
Postfach 1323
32772 Lage
Tel.: 05232 3115
Telefax: 05232 68196
Info@fau-lehrmittel.de
<http://www.fau-lehrmittel.de>

ANZEIGEN

SPERRHOLZSHOP

Zembrod

Der Shop für Sperrholz, Balsa und Zubehör

www.sperrholzshop.de

Ostlandstraße 5
72505 Krauchenwies
info@sperrholz-shop.de

Telefon 07576 / 2121
Fax 07576 / 901557
Mobil 0170 / 9381058