

LED driver circuits

Distribute the power loss in linear control systems favorably

29.09.2016 - Author / Editor: Andre Sudhaus * / Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Härter - □

An IC in the car ensures that the LED provides stable brightness and responds to the control unit. We show how the power loss can be distributed.



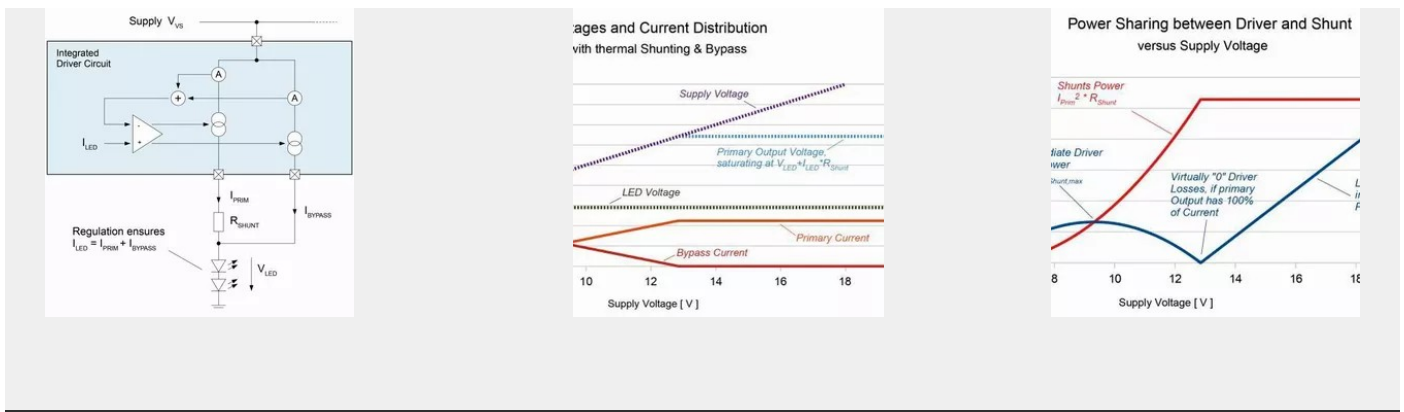
Linear regulator with power distribution: LEDs light up in the rear lights of a car. The light must provide stable brightness, display complex signals and respond quickly to the control unit.

(Image: Elmos)

It has been some time since the rear lights on a car were used to identify a vehicle and indicate which way it was going. In today's cars, it is more of a visual distinguishing feature, a style element and quite clearly a status element. A modern blinker does not simply switch on, but focuses on appearance and wipes to the side. The light of the future will be able to reproduce complex "welcome animations" as soon as the driver switches on.

driver visits the car. The basis for these developments is exible LED technology and can be seen on the road every day.

PICTURE GALLERY



A lighting function in a luminaire has to meet a variety of requirements: These include stable brightness, complex display and a fast response to requests from the control unit. In addition, manufacturers and buyers expect a high degree of robustness against environmental influences and voltage fluctuations as well as fault tolerances and diagnostics. At the same time, inexpensive solutions are sought for maximum effect.

Switching regulator solution vs. cheaper linear regulator

The electrical output of a rear light is also considerable with LED technology. Color or diffusion filters and optical fibers generate optical losses. The LED must be supplied with sufficient power to compensate for this. On the other hand, for cost reasons, there is a desire for high integration of as many driver strands as possible for LEDs, preferably in an integrated circuit.

In terms of topology, you can choose between switching regulator solutions, which tend to be expensive, or cheaper linear regulators. Integrated circuits quickly reach the limits of their own design technology. A power loss in the housing of an IC of more than two to three watts is rather rare. Added to this are the requirements of vehicle manufacturers to avoid pronounced hotspots on printed circuit boards. This can further reduce the power limits per component. Commercially available linear regulators for currents cause power losses in the order of:

$$P_V = I_{LED} \cdot (V_{SUPPLY} - V_{LED}) \text{ (Formula 1)}$$

The waste heat is therefore a linear function of the V_{SUPPLY} voltage. Even if the board mains voltage in the car is a 12 V battery voltage on paper, static operation between 6 V and 18 V must be possible. If you combine the

assuming a maximum power $P_{IC,MAX}$ of 2 W with an LED voltage V_{LED} of typically 6 V, the maximum linear total current $I_{IC,MAX}$ is

$$I_{IC,MAX} = \frac{P_{IC,MAX}}{V_{SUPPLY,MAX} - V_{LED}} = \frac{2W}{18V - 6V} = 166mA$$

Formula 2

Linear regulators for complex lighting patterns with several output channels can therefore be designed as regulators for 3x 55 mA, 2x 80 mA or 1x 160 mA, for example. But how can the limits be extended? For example, to 3x 150 mA?

Modern linear regulators with a power distribution

As power loss is unavoidable in linear control systems, the question arises as to how this can be distributed differently in a cost-effective way. A very cost-effective solution is to connect resistors in series with the LED. However, this initially contradicts the desire to operate the LED at full brightness even with a low supply.

The resistor solution must preferably be extended. The functional principle of the solution in Fig. 1 is based on two outputs sharing a total current.

An internal distribution mechanism always favors a primary output. If this is no longer sufficient due to a lack of supply voltage, the missing current is automatically supplied by a parallel, second branch, the so-called bypass. Figure 2 shows the progression of voltages and currents on the driver module and the LED. At very low voltages, the LED does not yet carry any current. Only when the supply voltage $V_{SUPPLY} > V_{LED}$ is reached does the diode start to conduct current. The resistive, primary driver output and the bypass share the current. This results in a significantly lower power consumption for the driver module than in the classic linear regulator. Figure 3 shows this in more detail.

The three operating points of an LED driver

The course of the power loss in the driver is essentially characterized by three operating points: the first operating point is at $V_{SUPPLY} = V_{LED}$. Theoretically, no more power loss occurs in the driver at this operating point. There is a second operating point,

when the supply V_{SUPPLY} is just high enough to drive the expected current completely out of the primary branch. Here, too, the power loss in the driver is theoretically close to zero and the shunt resistor draws its maximum power $P_{SHUNT,MAX}$. The third relevant operating point is the maximum power loss between the two minima. This operating point occurs when the current is divided between the outputs in a ratio of exactly 50 percent : 50 percent. Quantitatively, the value is

$$I_{V,DRIVER} = R_{SHUNT} \cdot \left(\frac{I_{LED}}{2} \right) = \frac{1}{4} \cdot P_{SHUNT,MAX}$$

Formula 3

In theory, the two power zeros of the driver are as follows: $V_{SUPPLY,PV,ZERO1} = V_{LED}$ (formula 4) and $V_{SUPPLY,PV,ZERO2} = V_{LED} + I_{LED} \cdot R_{SHUNT}$ (formula 5). If we recall the goal of designing a driver circuit for 3x150 mA in the example, this can be realized using two resistors with 0.6 W (SMD 1206 design). An additional power dissipation capacity of 1.2 W per string is provided by these two resistors. This allows the power to be distributed on the [circuit board](#) or implemented at a suitable location, such as on a remote heat sink.

If, for example, the assumed power loss limit of 2 W in the driver is divided into three channels of 0.66 W each, the following relationship is obtained:

$$V_{SUPPLY,MAX} = V_{LED} + \frac{P_{SHUNT,MAX} + \frac{P_{IC,MAX}}{3}}{I_{LED}}$$

$$= \frac{1,2W + \frac{2W}{3}}{150mA} = 18,4V > 18V$$

(Formula 6)

The thermal design target for continuous operation at a voltage of 18 V has therefore been achieved. In the "bill of material" of the circuit, the need for integrated components is significantly reduced. In the example presented, the cost of three integrated driver components is reduced to just one, plus low-cost resistors.

Methods for distributing the power loss

Modern methods of distributing the power loss reduce the cost of integrated circuits by up to a third compared to conventional solutions. At the same time, the thermal design is extended by the possibility of allowing significant portions of the power loss to occur where it can be dissipated preferentially.

The Elmos Semiconductor portfolio includes a whole family of ICs with these advantages: The products E522.80 to E522.83 and E522.90 to E522.93 each provide three individually configurable and dimmable channels. The currents range up to 3x150 mA per IC. In addition to the power management shown, there are other design-simplifying functions such as diagnostics for the external circuitry, junction temperature management or overvoltage derating.

* Andre Sudhaus is group leader and IC developer at Elmos Semiconductor in Dortmund. (ID:44247853)

LED-Treiberschaltungen

Die Verlustleistung in linearen Regelsystemen günstig verteilen

29.09.2016 · Autor / Redakteur: Andre Sudhaus * / Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Härter · 

Ein IC im Auto sorgt dafür, dass die LED eine stabile Helligkeit bietet und auf das Steuergerät antwortet. Wir zeigen, wie sich die Verlustleistung verteilen lässt.



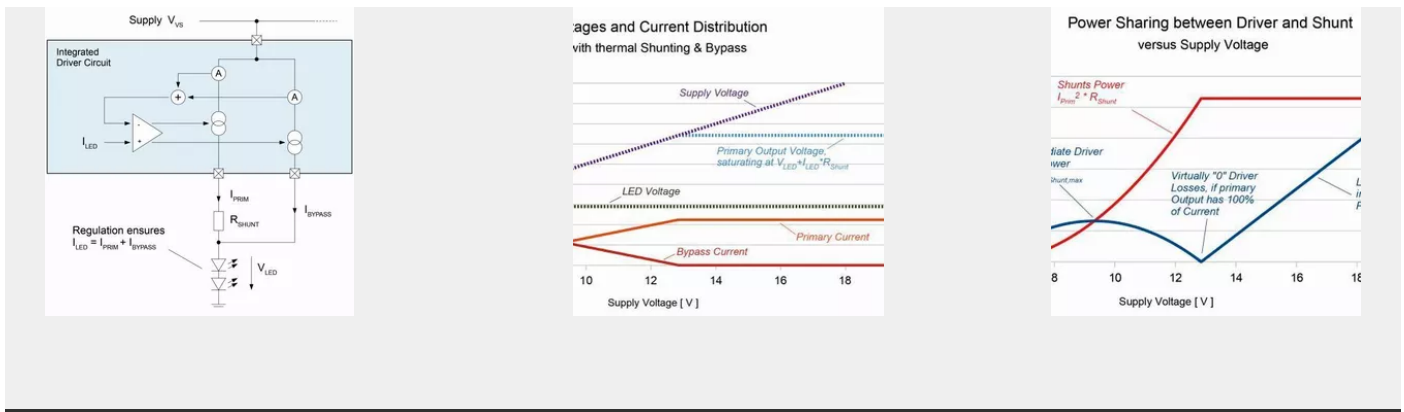
Linearregler mit Leistungsverteilung: In den Rückleuchten eines Autos leuchten LEDs. Die Leuchte muss eine stabile Helligkeit bieten, komplexe Signale darstellen und schnell auf das Steuergerät antworten.

(Bild: Elmos)

Es ist schon einige Zeit her, dass die Rückleuchten an einem Auto dazu dienen, ein Fahrzeug zu erkennen und anzuzeigen, welche Richtung es fährt. Bei aktuellen Automobilen ist es vielmehr ein optisches Differenzierungsmerkmal, Style-Element und ganz eindeutig ein Statuselement. Ein moderner Blinker schaltet nicht einfach ein, sondern setzt auf Optik und wischt zur Seite. Die Leuchte der Zukunft wird in der Lage sein, komplexe „Welcome-Animationen“ wiederzugeben, sobald der

Fahrer den Wagen aufsucht. Grundlage für diese Entwicklungen ist flexible LED-Technik und lässt sich täglich im Straßenbild erkennen.

BILDERGALERIE



Eine Lichtfunktion in einer Leuchte muss sich einer Vielfalt an Anforderungen stellen: Dazu gehören stabile Helligkeit, komplexe Darstellung und eine schnelle Antwort auf Anforderungen durch das Steuergerät. Außerdem erwarten die Hersteller und Käufer ein hohes Maß an Robustheit gegen Umwelteinflüsse und Spannungsschwankungen sowie Fehlertoleranzen und -diagnosen. Gleichzeitig werden günstige Lösungen für den maximalen Effekt gesucht.

Schaltreglerlösung vs. günstigere lineare Regler

Die elektrische Leistung einer Rückleuchte ist auch in LED-Technik erheblich. Farb- oder Diffusionsfilter und Lichtwellenleiter erzeugen optische Verluste. Die LED muss ausreichend mit Strom versorgt werden, um das zu kompensieren. Auf der anderen Seite steht aus Kostengründen der Wunsch nach einer Hoch-Integration möglichst vieler Treiberstränge für LEDs, bevorzugt in eine integrierte Schaltung.

Bei der Topologie kann man zwischen den tendenziell teuren Schaltreglerlösungen oder günstigeren linearen Reglern wählen. Integrierte Schaltungen stoßen schnell an die Grenzen ihrer eigenen Aufbautechnik. Eine Verlustleistung im Gehäuse eines ICs von mehr als zwei bis drei Watt ist eher selten. Dazu kommen Anforderungen der Fahrzeughersteller, ausgeprägte Hotspots auf Leiterplatten zu vermeiden. Dies kann die Grenzen der Leistung pro Komponente weiter herabsetzen. Marktübliche Linearregler für Ströme verursachen Verlustleistungen in einer Größenordnung von:

$$P_V = I_{LED} \cdot (V_{SUPPLY} - V_{LED}) \text{ (Formel 1).}$$

Die Abwärme ist damit eine lineare Funktion der Spannung V_{SUPPLY} . Auch wenn die Boardnetzspannung im PKW auf dem Papier eine 12-V-Batteriespannung ist, muss ein statischer Betrieb zwischen 6 V und 18 V ermöglicht werden. Kombiniert man die

angenommene maximale Leistung $P_{IC,MAX}$ von 2 W mit einer LED-Spannung V_{LED} von typ. 6 V, so liegt der maximale lineare Summen-Strom $I_{IC,MAX}$ bei:

$$I_{IC,MAX} = \frac{P_{IC,MAX}}{V_{SUPPLY,MAX} - V_{LED}} = \frac{2W}{18V - 6V} = 166mA$$

Formel 2

Linearregler für komplexe Beleuchtungsmuster mit mehreren Ausgangskanälen sind damit beispielsweise als Regler für 3x 55 mA, 2x 80 mA oder 1x 160 mA auslegbar. Doch wie lassen sich die Grenzen erweitern? Beispielsweise auf 3x 150 mA?

Moderne Linearregler mit einer Leistungsverteilung

Da Verlustleistung in linearen Regelsystemen unvermeidbar ist stellt sich die Frage, wie man diese auf kostengünstige Art anders verteilen kann. Eine sehr kosteneffiziente Lösung hierfür sind Widerstände in Reihenschaltung mit der LED. Das aber widerspricht zunächst dem Wunsch, auch bei niedriger Versorgung die LED bei voller Helligkeit zu betreiben. Vorzugsweise muss die Widerstandslösung erweitert werden. Das Funktionsprinzip der Lösung im Bild 1 basiert darauf, dass zwei Ausgänge sich einen Summenstrom teilen.

Ein interner Verteilungsmechanismus bevorzugt immer einen primären Ausgang. Sollte dieser aufgrund mangelnder Versorgungsspannung nicht mehr hinreichend sein, wird automatisch der fehlende Strom durch einen parallelen, zweiten Zweig geliefert, den sogenannten Bypass. Das Bild 2 zeigt den Verlauf von Spannungen und Strömen am Treiberbaustein und der LED. Bei sehr niedrigen Spannungen führt die LED noch keinen Strom. Erst wenn die Versorgung $V_{SUPPLY} > V_{LED}$ erreicht wird, beginnt die [Diode](#) auch Strom zu führen. Der widerstandsbehaftete, primäre Treiberausgang und der Bypass teilen sich den Strom auf. Daraus ergibt sich für den Treiberbaustein eine deutlich geringere Leistungsaufnahme als im klassischen Linearregler. Im Bild 3 ist das genauer dargestellt.

Die drei Arbeitspunkte bei einem LED-Treiber

Der Verlauf der Verlustleistung im Treiber ist gekennzeichnet durch im wesentlichen drei Arbeitspunkte: der erste Arbeitspunkt liegt bei $V_{SUPPLY} = V_{LED}$. Im Arbeitspunkt tritt theoretisch keine Verlustleistung im Treiber mehr auf. Ein zweiter Arbeitspunkt liegt vor,

wenn die Versorgung V_{SUPPLY} gerade ausreichend hoch ist, um den erwarteten Strom komplett aus dem primären Zweig zu treiben. Auch hier ist theoretisch die Verlustleistung im Treiber nahe null, der Shunt-Widerstand nimmt seine maximale Leistung $P_{SHUNT, MAX}$ auf. Der dritte relevante Arbeitspunkt ist das Verlustleistungsmaximum zwischen den beiden Minima. Dieser Arbeitspunkt liegt vor, wenn sich der Strom genau im Verhältnis 50 Prozent : 50 Prozent zwischen den Ausgängen aufteilt. Quantitativ liegt der Wert bei

$$I_{V,DRIVER} = R_{SHUNT} \cdot \left(\frac{I_{LED}}{2} \right) = \frac{1}{4} \cdot P_{SHUNT,MAX}$$

Formel 3

Die beiden Leistungs-Nullstellen des Treibers liegen in der Theorie bei: $V_{SUPPLY,PV,ZERO1} = V_{LED}$ (Formel 4) sowie $V_{SUPPLY,PV,ZERO2} = V_{LED} + I_{LED} \cdot R_{SHUNT}$ (Formel 5). Ruft man sich das Ziel wieder vor Augen, im Beispiel eine Treiberschaltung für 3x150 mA auslegen zu wollen, so kann das über zwei Widerstände mit 0,6 W realisiert werden (Bauform SMD 1206). Eine zusätzliche Kapazität an Verlustleistung von 1,2 W pro Strang wird durch diese beiden Widerstände bereitgestellt. Damit lässt sich die Leistung auf der [Leiterplatte](#) verteilen oder an einem geeigneten Ort umzusetzen, wie beispielsweise auf einem entfernten Kühlkörper.

Teilt man die angenommene Verlustleistungsgrenze von 2 W im Treiber beispielsweise auf drei Kanäle zu je 0,66 W auf, so gelangt man zu folgendem Zusammenhang:

$$V_{SUPPLY,MAX} = V_{LED} + \frac{P_{SHUNT,MAX} + \frac{P_{IC,MAX}}{3}}{I_{LED}}$$

$$= \frac{1,2W + \frac{2W}{3}}{150mA} = 18,4V > 18V$$

(Formel 6)

Das thermische Designziel für einen Dauerbetrieb bei einer Spannung von 18 V ist somit erreicht. In der „Bill of Material“ der Schaltung reduziert sich der Bedarf an integrierten Bausteinen erheblich. Im vorgestellte Beispiel reduziert sich der Aufwand von drei integrierten Treiber-Bausteinen auf nur noch einen, zuzüglich kostengünstiger Widerstände.

Methoden, um die Verlustleistung zu verteilen

Moderne Methoden, um die Verlustleistung zu verteilen, reduzieren den Aufwand an integrierten Schaltungen auf bis zu ein Drittel im Vergleich zu klassischen Lösungen. Gleichzeitig wird das thermische Design um die Möglichkeit erweitert, wesentliche Anteile der Verlustleistung dort anfallen zu lassen, wo sie bevorzugt abgeleitet werden kann.

Im Portfolio von Elmos Semiconductor findet sich eine ganze Familie von ICs mit diesen Vorteilen: Die Produkte E522.80 bis E522.83 sowie E522.90 bis E522.93 stellen jeweils drei individuell konfigurierbare und dimmbare Kanäle zur Verfügung. Dabei reichen die Ströme bis zu 3x150 mA pro IC. Neben dem gezeigten Powermanagement finden sich weitere Design-vereinfachende Funktionen wie Diagnosen für die Außenbeschaltung, ein Junction-Temperaturmanagement oder Überspannungsderating.

* Andre Sudhaus ist Gruppenleiter und IC-Entwickler bei Elmos Semiconductor in Dortmund.

(ID:44247853)