

PT6988/B

Ein/Aus/3-Stufen-LED-Abwärtswandler-Treiber mit Dimmung

Bezeichnung

Der PT6988/B ist ein hochpräziser, nicht galvanisch getrennter Abwärtswandler-LED-Treiber-IC und ist für einen Eingangsspannungsbereich von 85 VAC bis 265 VAC ausgelegt.

Das IC verfügt über eine hochpräzise Stromerkennung und einen internen Konstantstromkreis, der einen hochpräzisen LED-Konstantstromausgang und eine hervorragende Netzspannungsausregelung realisieren kann.

Bei Nennleistung arbeitet das IC im kritischen Leitungsmodus des Drosselstroms (CRM). Der LED-Ausgangsstrom ist unabhängig von der Induktivität und der LED-Ausgangsspannung und die Lastausregelung ist gut.

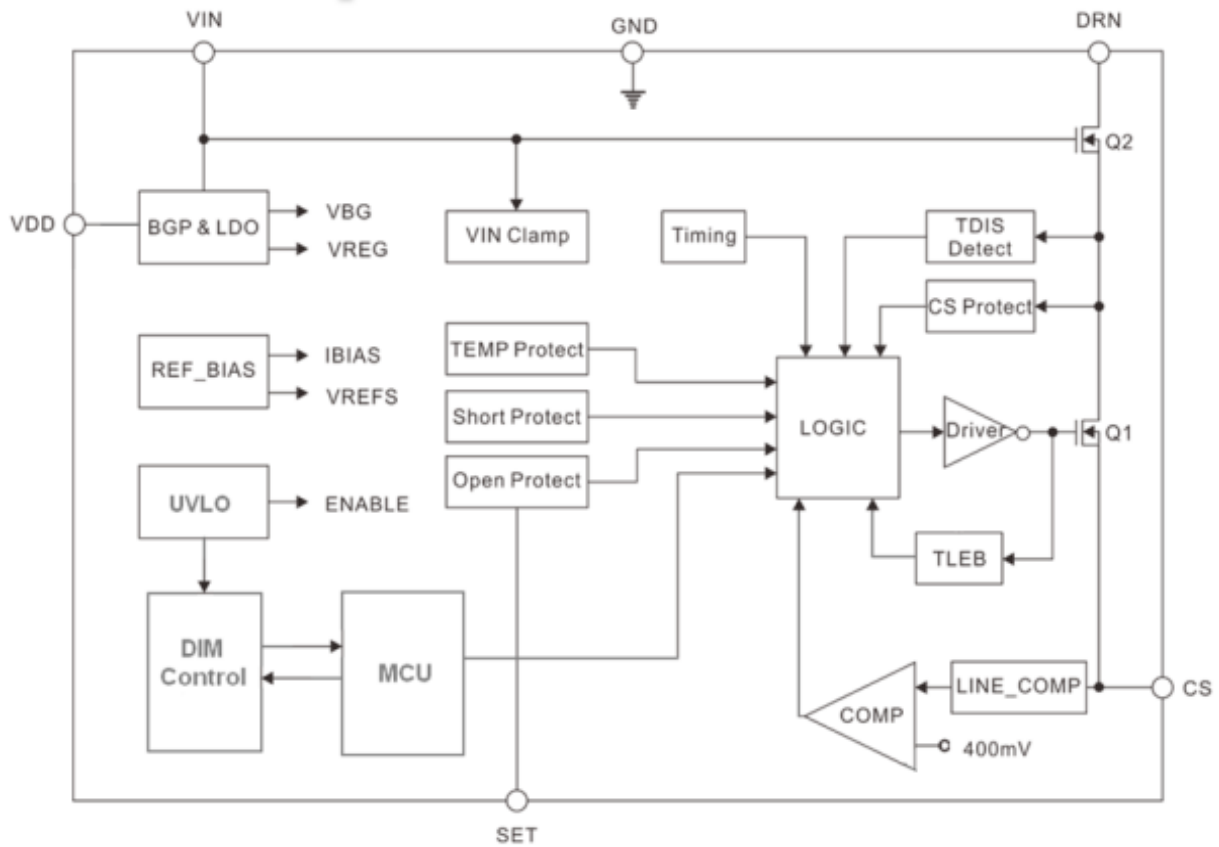
Im PT6988/B ist ein 500-V-Leistungs-MOSFET integriert. Dieser arbeitet im Source-Drive-Modus, welcher einen niedrigen Betriebsstrom aufweist und keine Hilfswicklung zum Erfassen des Ausgangsstroms und zur Stromversorgung des IC benötigt. Benötigt werden nur wenige externe Komponenten, wodurch erhebliche Kosten und Platz gespart werden.

Die Schutzfunktionen des PT6988/B gewährleisten die Stabilität und Sicherheit des Systems. Der PT6988/B bietet CS-Widerstandskurzschlusschutz, LED-Kurzschlusschutz, LED-Leerlaufschutz, Unterspannungsschutz der IC-Stromversorgung, intelligente On-Chip-Temperaturregelung etc.

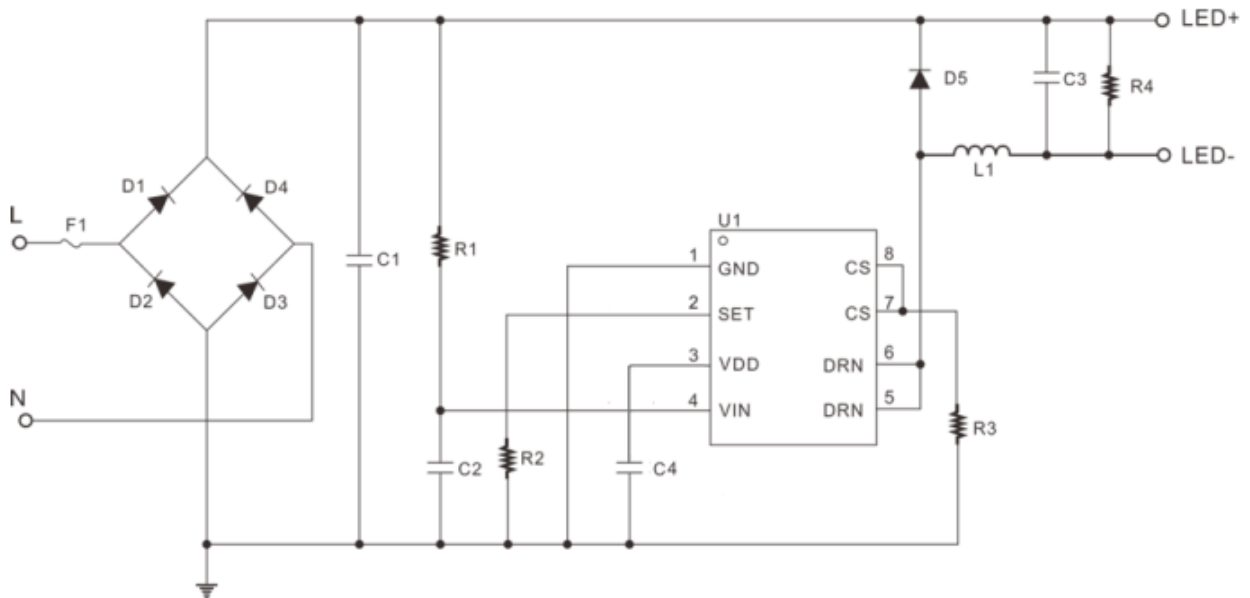
Merkmale

- Integrierter 500V-Leistungs-MOSFET
- Ein / Aus / dreistufige Dimm-Funktion
- Kleine Frequenzänderung im Dimm-Modus
- CRM-Modus (Nennhelligkeit)
- Keine Hilfswicklung für Erfassung und Stromversorgung erforderlich
- Chip mit extrem niedrigem Betriebsstrom
- ± 5 % Genauigkeit des Ausgangsstroms
- LED-Leerlauf-/Kurzschlusschutz
- Kurzschlusschutz des CS-Widerstands
- Unterspannungsschutz der IC-Stromversorgung
- Intelligente Temperaturregelung
- Automatische Neustartfunktion
- Verfügbar im SOP8-Gehäuse

Blockschaltung

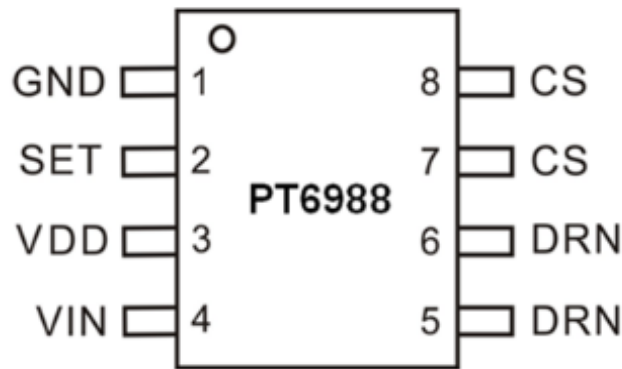


Typische Anwendung



- R1 = Rvin (2x 360 kOhm)
- R2 = Rset (fehlt)
- R3 = Rcs (1,8 Ohm)
- R4 = Rl (150 kOhm)

PIN-Beschreibung



Pin Name	Description	Pin No.
GND	Ground	1
SET	LED open-circuit voltage protection Settings, by connecting the resistance to the ground	2
VDD	The holding supply pin	3
VIN	Power supply pin	4
DRN	Power MOSFET Drain	5, 6
CS	Current sense pin, sense the inductor current while the switch is on-stage.	7, 8

SET: LED-Leerlaufspannungsschutz-Einstellung durch Anschluss eines Widerstands gegen Masse

CS: Anschluss zur Einstellung des Spulenstroms im eingeschalteten Zustand.

Funktionsbeschreibung

Arbeitsprinzip

Im Fall des Nennausgangsstroms (100% Helligkeit) arbeitet der PT6988/B im kritischen Leitungsmodus des Drosselstroms, der für nicht galvanisch getrennte Abwärtswandler geeignet ist und eine hochpräzise LED-Konstantstromsteuerung ohne Regelung realisieren kann. Der PT6988/B besitzt einen integrierten 500-V-Leistungs-MOSFET, benötigt keine Hilfswicklung und nur wenige periphere Bauelemente und kann eine hervorragende lineare Lastausregelung erzielen.

Wenn das System eingeschaltet wird und die Spannung des Vin-Anschlusses die Schwellenspannung des IC überschreitet beginnt die interne Steuerschaltung zu arbeiten. Zu diesem Zeitpunkt beginnt der Leistungs-MOSFET zu leiten und der Strom, der durch die Drossel fließt steigt an. Der Strom beginnt anzusteigen, Gleichzeitig fließt der Strom durch den CS-Widerstand und erzeugt eine Spannung mit positiver Flanke am CS-Anschluss. Wenn die CS-Anschlussspannung die Schwellenspannung der Spitzenstromerkennung erreicht schaltet der Leistungs-MOSFET ab. Nachdem der MOSFET sperrt beginnt der Strom, der durch die Spule fließt abzufallen. Wenn der Spulenstrom auf Null abgefallen ist wird der MOSFET wieder leitend. Ein derartiger Schaltvorgang wird periodisch wiederholt, um die Konstantstromregelung des Ausgangsstroms zu realisieren.

Einführung

Der PT6988/B hat eine eingebaute Unterspannungsabschaltung (UVLO). Im Unterspannungs-Blockiermodus ist der Leistungs-MOSFET am Ausgang gesperrt und der Ruhestrom für das IC (Ist) ist klein (typischer Wert 180 μ A). Wenn die Spannung Vin größer als 16 V ist wird die Unterspannungsabschaltung aufgehoben und das IC beginnt zu arbeiten. Da der Arbeitsstrom (Iop) des IC klein ist (typischer Wert 125 μ A) wird seine Betriebsspannung auf diese Weise erzeugt. Die Stromversorgung vom Vorwiderstand (R1) zu Vin ist ausreichend. Es wird keine zusätzliche

Hilfsstromversorgungsschaltung benötigt und der PT6988/B verfügt über eine eingebaute 16,8-V-Spannungsreglerschaltung zum Begrenzen der Vin-Spannung.

Ausgangsstrom

Der PT6988/B kontrolliert den Ausgangsstrom durch Regelung des Spitzenstroms der Drossel. Der Spitzenstrom-Steueranschluss CS erfasst den Drosselstrom durch den Shunt Rcs. Die aktuelle CS-Spannung wird mit der internen Spitzenstromerkennungsschwelenspannung des IC verglichen. Wenn die CS-Spannung die interne Spitzenstromerkennungsschwelle erreicht wird der Leistung-MOSFET gesperrt und der Spitzenwert des Drosselstroms entspricht Gleichung 1:

$$I_{PEAK} = \frac{V_{CS}}{R_{CS}}$$

Darunter ist Rcs der Shuntwiderstand, Vcs ist die Spitzenstromerkennungsschwelle, beim ersten und zweiten Dimmsegment sind es 400 mV und beim dritten Segment 150 mV.

Bei Nennausgangsstrom (100% Helligkeit) befindet sich der Drosselstrom im kritischen Leitungsmodus und der LED-Ausgangsstrom beträgt die Hälfte des Drossel-Spitzenstroms. Die Formel für den Ausgangsstrom ist in Gleichung 2 dargestellt:

$$I_{LED} = \frac{I_{PEAK}}{2} = \frac{1}{2} * \frac{0.4V}{R_{CS}}$$

Berechnung der Induktivität

Der PT6988/B arbeitet als Schaltnetzteil im Abwärtswandler-Betrieb. Bei Nennausgangsstrom (100% Helligkeit) befindet sich der Drosselstrom im kritischen Leitungsmodus. Die Formel für die Einschaltzeit des MOSFET-Treibers ist in Gleichung 3 dargestellt, die Formel für die Ausschaltzeit in Gleichung 4.

$$T_{ON} = \frac{L \times I_{PEAK}}{V_{BUS} - V_{LED}}$$
$$T_{OFF} = \frac{L \times I_{PEAK}}{V_{LED}}$$

Dabei ist L die Induktivität der Drossel, Ipeak ist der Spitzenstrom durch die Drossel, Vbus ist die gleichgerichtete Betriebsspannung und Vled ist die LED-Ausgangsspannung.

Danach kann die Induktivität nach Gleichung 5 berechnet werden:

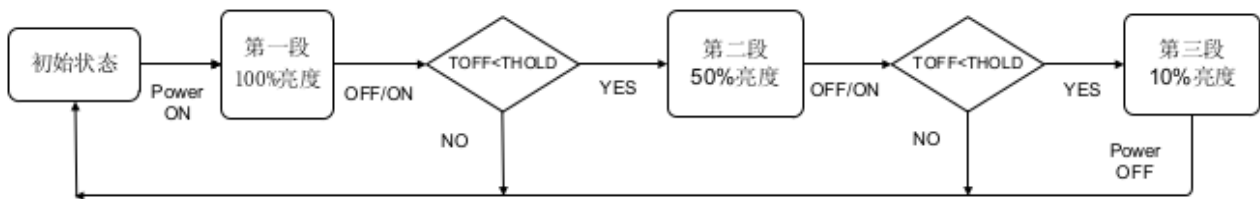
$$L = \frac{V_{LED} \times (V_{BUS} - V_{LED})}{f_{osc} \times I_{PEAK} \times V_{BUS}}$$

fosc die Betriebsfrequenz des Systems. Die Betriebsfrequenz der Schaltung steigt mit der Erhöhung der Betriebsspannung. Wählen Sie generell die minimale Betriebsspannung (Vbus_min), die minimale LED-Ausgangsspannung (Vled_min) und die minimale Betriebsfrequenz (fosc_min), um die passende Drossel auszuwählen.

Dreistufige Dimmsteuerung

Der PT6988/B bietet eine dreistufige EIN/AUS-Dimm-Funktion. Diese Art des Dimmens mit dem herkömmlichen EIN/AUS-Schalter erspart andere Dimmer und deren Installation. Die Schaltung ist einfach und zuverlässig, was Kosten spart und den Installationsraum reduziert.

Der PT6988/B erkennt den EIN/AUS-Schalter über die Systemstromversorgung Vin. Der Kondensator am Anschluss Vdd hält die Stromversorgung für das interne Latch (Verriegelung) in der Ausschaltphase aufrecht. Beim Einschalten (ON) wird der Kondensator an Vin durch den Stromversorgungswiderstand (R1) aufgeladen. Vdd steigt mit höher werdender Vin ebenfalls an. Wenn Vin größer als 14 V wird beginnt der PT6988/B zu entriegeln. Die angeschlossene LED erhält den Nennstrom (Einstellung der 100%-Helligkeit mit Rcs). Wenn die Stromversorgung der Schaltung vom Netz getrennt wird (OFF) und Vin unter 9 V fällt sperrt der PT6988/B den Ausgang und leitet den erkannten Vin-Zustand an die interne Dimm-Steuerung weiter. Der Anschluss Vdd ist mit einem externen Kondensator verbunden, der das interne Latch mit Strom versorgt. Wenn das System zum zweiten Mal eingeschaltet wird vergrößert der PT6988/B die Ausschaltzeit des Leistungs-MOSFET, dadurch arbeitet das System im DC-Mode. Der PT6988/B setzt den LED-Ausgangsstrom der Stufe 2 auf 50% des Nennstroms. Wenn das System erneut von der Stromversorgung getrennt und zum dritten Mal eingeschaltet wird passt der PT6988/B gleichzeitig die Ausschaltzeit des Leistungs-MOSFET und die interne Referenzspannung an. Damit beträgt der LED-Ausgangsstrom der Stufe 3 10% des Nennstroms. Wenn das System erneut EIN/AUS schaltet kehrt der PT6988/B zur Stufe 1 zurück und startet den nächsten Dimm-Zyklus.



Ausgangszustand erste Stufe 100% Helligkeit

zweite Stufe 50% Helligkeit

dritte Stufe 10% Helligkeit

Abbildung 1: Flussdiagramm zum Dimmen des EIN/AUS-Schalters

Vdd ist die Standby-Stromversorgung des internen Latches. Wenn die Systemstromversorgung getrennt wird versorgt die Energie des externen Kondensators am Anschluss Vdd den internen Latch mit Strom. Die Größe des externen Kondensators bestimmt die Haltezeit (T hold). Typischerweise entspricht ein 1 µF-Kondensator am Anschluss Vdd einer Haltezeit von etwa 0,6 s. Wenn die Ausschaltzeit des Systems (TOFF) größer als die Vdd-Erhaltungszeit (THOLD) ist wird die interne Dimmsperre zurückgesetzt. Wird dann die Stromversorgung wieder eingeschaltet kehrt PT6988/B in die Dimm-Stufe 1 zurück.

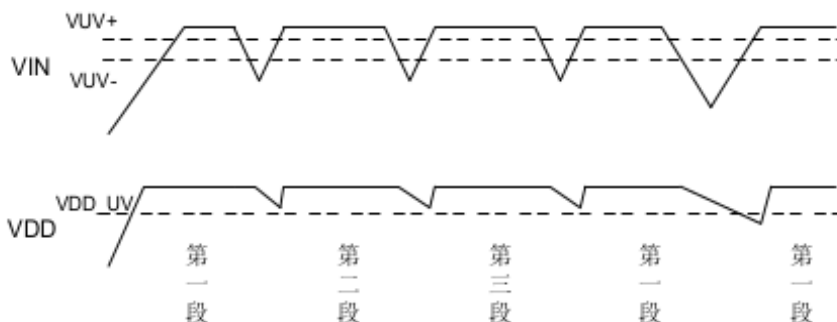


Abbildung 2: Zeitdiagramm von Vin und Vdd während des Dimmens

Der PT6988/B verwendet eine einzigartige patentierte Ein-Aus-Dimm-Technologie. Im Dimm-Modus ist der Bereich der Betriebsfrequenz und der Stromerkennungsschwellenspannung sehr klein, was effektiv sein kann. Sparen Sie EMI-Kosten und verbessern Sie die Anti-Interferenz-Fähigkeit.

Schutzfunktion

Um die Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems zu verbessern, bietet der PT6988/B eine Vielzahl von Schutzfunktionen: LED-Kurzschlusschutz, LED-Leerlaufschutz, CS-Widerstands-Kurzschlusschutz, intelligente Regelung der Chiptemperatur usw. Wenn die LED kurzgeschlossen ist wird die Stromerkennungsschwelle des Anschlusses CS auf 150 mV reduziert und das System arbeitet mit einer niedrigen Frequenz von 4 kHz bei geringem Stromverbrauch.

Wenn die LED unterbrochen ist wird die Schutzlogik ausgelöst und das System tritt in den HIPCUP-Zustand ein. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Vin-Spannung zu fallen. Wenn Vin den Schwellenwert der Unterspannungsabschaltung unterschreitet startet die Schaltung neu. Ist die LED unterbrochen lädt die Schaltung den Ausgangskondensator weiter auf und die Ausgangsspannung steigt allmählich an. Daher ist es notwendig, den Anstieg des Ausgangsspannungswertes zu begrenzen um sicherzustellen, dass der Ausgangskondensator nicht beschädigt wird, wenn die LED unterbrochen ist. Der PT6988/B hat eine integrierte LED-Leerlaufschutz-Spannungseinstellungsfunktion. Die erforderliche LED-Leerlaufschutzspannung kann durch Einstellen des SET-Pin-Widerstands eingestellt werden. Die Formel zur Festlegung des SET-Widerstands ist in Gleichung 6 dargestellt, wobei V_{CS} die Abschalt-Schwellenspannung an CS (400 mV) und V_{OVP} der Überspannungsschutzpunkt ist, der eingestellt werden soll. Wenn der LED-Leerlaufschutz auftritt wird das System laufend neu gestartet. Daher muss ein Widerstand (R_4) angeschlossen werden, um die Energie abzuleiten, die durch wiederholte Neustarts des Systems erzeugt wird.

$$R_{SET} \approx 15 \times \frac{V_{CS} \times L}{R_{CS} \times V_{OVP}} \times 10^6 (k\Omega)$$

Wenn der Kurzschlusschutz des CS-Widerstandes die Schutzlogik auslöst wechselt das System in den HIPCUP-Zustand. Zu diesem Zeitpunkt beginnt die Vin-Spannung zu fallen. Wenn Vin den Schwellenwert der Unterspannungsabschaltung unterschreitet startet das System neu.

Wenn die Chiptemperatur einen bestimmten Wert erreicht, passt der Chip den LED-Strom automatisch an. Wenn die Chiptemperatur 145 °C übersteigt, nimmt der Ausgangsstrom mit steigender Temperatur allmählich ab. Wenn die Chiptemperatur 165 °C erreicht, sinkt der Ausgangsstrom auf Null, wodurch die Ausgangsleistung verringert wird und damit die Temperatur des IC reduziert wird. Dies schützt nicht nur das IC, es kann auch das LED-Flimmern-Phänomen vermeiden, das durch das herkömmliche Abschaltverfahren bei Chip-Überhitzung verursacht wird, um die Zuverlässigkeit des Systems zu verbessern.

Grenzwerte

Parameter	Symbol	Nennwert	Einheit
Maximale Betriebsspannung	Vin	18	V
Maximaler Betriebsstrom	Ivin	5	mA
DRN-Anschluss-Ausgangsspannung	Vdrn	-0,3~500	V
SET-Anschluss-Eingangsspannung	Vset	-0,3~6	V
CS-Anschluss Eingangsspannung	Vcs	-0,3~6	V
Leistungsverlust	Ptotal	0.45	W
Bereich der Arbeitstemperatur	Top	-40~150	°C
Lagertemperaturbereich	Tst	-40~150	°C
ESD-Stufe	ESD	2	kV

Empfohlene Kenngrößen

Parameter	Zustand	Parameterbereich	Einheit
Iled_max	Eingangsspannung: 176V~265V Ausgangsspannung 140V	200 (130)	mA
	Eingangsspannung: 176V~265V Ausgangsspannung 80V	300 (180)	mA
	Eingangsspannung: 90V~265V Ausgangsspannung 40V	300 (180)	mA
Vled_min		>12 (>15)	V

(In Klammern Grenzwerte für PT6988B)

Elektrische Kenngrößen

($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{in}=15\text{V}$, sofern nicht anders angegeben)

Parameter	Symbol	Test-Bedingungen	Mindestwert	typischer Wert	Maximalwert	Einheit
Netzteil						
Vin-Startspannung		Vst	Vin steigt	16		V
Vin-Unterspannungssperre		Vsd	Vin sinkt	9		V
Vin-Klemmenspannung		Vclamp	Ivin=1mA	16,8		V
Vin-Startstrom		Ist	Vin=Vst-1 V	180		μA
Vin-Betriebsstrom		Iop	f osz=70KHz	125		μA
Vdd Startspannung		Vvdd_on		3,3		V
Vdd-Rücksetzspannung		Vvdd_off		2,7		V
Vdd-Strom		Idd		5,0		μA
Stromerkennung						
interne Referenzspannung		Vref		388	400	412 mV
Spitzenstromerkennungsschwelle 1		Vcs1		400		mV
Spitzenstromerkennungsschwelle 2		Vcs2	Drittes Segment EIN/AUS	150		mV
Spitzenstrom-Erkennungsschwelle für LED-Kurzschluss		Vcs short	LED-Kurzschluss	150		mV
Ausblendzeit für die Vorderkante der Stromerfassung		T leb		350		ns
Chip-Off-Verzögerung		T delay		350		ns
Zeitsteuerung						
Maximale Entmagnetisierungszeit		T dis_max		280		μs
Minimale Entmagnetisierungszeit maximal pünktlich		T dis_blk T on_max		5		μs
Endstufe						
Einschaltwiderstand des MOSFET (PT6988)		R on	Vgs=15V/Ids =1.0A			4,5 Ohm
Einschaltwiderstand des MOSFET (PT6988B)		R on	Vgs=15V/Ids =0.5A			10 Ohm
Leckstrom des MOSFET		I leak	Vgs=0V/ Vds =500V			max. 1 μA
Durchbruchspannung des MOSFET		B vdss	Vgs=0V/ Ids =0.5A			min. 500V
Schutzkontrolle						
SET-Anschlussspannung		Vset		1,5		V
Max. Betriebstemperatur		Tstr		145		$^\circ\text{C}$
Abschalttemperatur für Soft-Shutdown		Tz		165		$^\circ\text{C}$

Hinweis: Die Vin-Spannung steigt zuerst über die Vst-Spannung und fällt dann auf 15 V ab.