

Optimierung der Hochspannungs-Gleichtaktunterdrückung des ACPL-x6xL – ein Optokoppler mit besonders geringem Leistungsbedarf



White Paper

Autoren: YEE Chee Weng, PENG Jia

Kurzbeschreibung

Die ACPL-x6xL Produkte sind digitale optisch gekoppelte 10BBd CMOS Optokoppler mit geringem Leistungsbedarf, vor allem, wenn die LED bei niedrigem Strom betrieben wird. Wird ein Strom angelegt, um die LED anzusteuern, kann die Gleichtaktunterdrückung (Common Mode Rejection – CMR) durch die LED-eigenen Kriechstrecken beeinflusst werden. Diese Abhandlung beschreibt die CMR-Optimierung mit geteilten Strombegrenzungs-Widerständen an der LED.

Einführung

Gleichtaktstörungen entstehen oft auf Systemebene, wenn unterschiedliche Massenniveaus der Eingangs- und Ausgangssteuerschaltung von Isolationsbauteilen vorhanden sind. Das gilt besonders dann, wenn der Masseleiter potentialfrei ist (Masse des Bauteils ist mit gemeinsamer Masse verbunden).

Bei der Produktfamilie ACPL-x6xL beweisen die CMR-Spezifikationen, dass sie Gleichtaktstörungen unterdrücken kann. Diese Fähigkeit nennt man auch Gleichtakt-Transienten-Unterdrückung (Common Mode Transient Rejection = CMTR). CMTR beschreibt das maximal tolerierbare An-/Abstiegsverhältnis einer Gleichtaktspannung (in V pro Mikrosekunde, $V/\mu s$). Die CMTR-Spezifikation beinhaltet die Amplitude einer Gleichtaktspannung (VCM), die noch toleriert werden kann. Die Anstiegsgeschwindigkeit der Gleichtakt-Spannung, die der Optokoppler tolerieren und

dabei den korrekten Ausgangsstatus einhalten kann, nennt man CMTI (Common Mode Transient Immunity).

Gleichtaktstörungen können durch externe Schaltungen in den Ausgang des Optokopplers übertragen werden. Gleichtaktstörungen – besonderw in einem Umfeld mit hohen elektromagnetischen Einflüssen (Electromagnetic Interference – EMI) – können sich negativ auf den Ausgangsstatus des Optokopplers durch ein leitfähiges Medium auswirken, besonders bei kapazitiven und induktiven Störsignalen. Metallische Leitungen auf Platinen, die bei hohen Frequenzen arbeiten, können durch Parasitärkapazitäten zwischen benachbarten Leitungen Ladungen auf die LED Eingangsanschlüsse oder die Ausgangsanschlüsse des Optokopplers induzieren.

Die Identifizierung der Ursache von Gleichtaktstörungen oder Interferenzen, die durch die Schaltung, das System, die Applikation oder durch andere externe Faktoren verursacht werden, kann oft sehr schwierig sein. Ist die Ursache von Gleichtaktstörungen erkannt, können korrektive Maßnahmen leicht implementiert werden, z. B. durch die Integration von Entkopplungs-Kondensatoren oder -Filtern in das System oder durch zusätzliche Abschirmungsmaßnahmen.

HV-CMR Messungen

Bild 1 zeigt einen experimentellen Testaufbau, um die Hochspannungs-Gleichtaktunterdrückung (High-Voltage Common Mode Rejection – HVCMR) des ACPL-M61L zu messen. Drei nach dem Zufallsprinzip ausgesuchte Muster wurden für die Messung ausgewählt. VDD1 ist die Transmitter-Versorgungsspannung für die Ansteuerung der LED. Der Strom begrenzende Widerstand R1 wird mit der LED-Anode und R2 mit der LED-Kathode verbunden. Werden R1 und R2 in dieser Kombination eingesetzt – anstelle eine einzelnen Widerstandes – wird die CMR-Leistung verbessert.

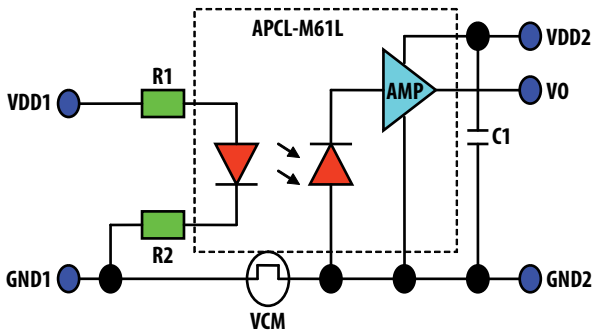


Bild 1. HVCMR Messaufbau

Auf der Ausgangsseite des ACPL-M61L befindet sich eine Fotodiode, die das Licht der LED erkennt. Das Signal der Fotodiode wird durch einen Ausgangsverstärker (AMP) verstärkt. VDD2 ist die Speisespannung des Detektors. Der Entkopplungskondensator C1 liegt zwischen VDD2 und GND2 und filtert die Störungen der Stromzuführung. Eine gemeinsame Versorgungsspannung (VCM) wird zwischen den beiden Massen GND1 und GND2 eingesetzt.

CMR-Messungen

Bild 2 zeigt eine VCM, die an beiden Massen anliegt. Der wichtigste Grund ist die Beobachtung der Spannungsspitzen am Ausgang des ACPL-M61L Optokopplers von Avago. Die VCM wird mit einer definierten gepulsten Frequenz

und Gleichtaktspannungshöhe (ΔVCM) angelegt. Bei eingeschalteter LED liegt der Optokoppler-Ausgang auf logischem niedrigem Niveau (VOL). Wird die LED durch das Kurzschließen der Anode und Kathode auf Masse abgeschaltet, wechselt der Optokoppler-Ausgang auf ein logisches hohes Niveau (VOH).

Die VCM wird an eine definierte Amplitude angepasst, die An-/Abstiegsflanke wird so an den Anstieg angepasst, bis abfallende Störimpulse am Ausgang im Laufe der Gleichtakt-Anstiegs- und -Abstiegsflanken auftreten – wenn die LED eingeschaltet ist – oder bis ansteigende Störimpulse am Ausgang im Laufe der Gleichtaktanstiegs- und -Abstiegsflanken auftreten, wenn die LED abgeschaltet ist. Unter bestimmten Voraussetzungen können Störimpulse nur während der Abstiegsflanken der VCM auftreten – oder umgekehrt.

Um den CMR zu ermitteln, können zwei Anpassungen der VCM vorgenommen werden. Die erste Anpassung ist die Reduzierung des Anstiegs der An-/Abstiegsflanken der VCM, bis die Störimpulse völlig verschwinden. Die zweite Möglichkeit besteht in der Reduzierung der VCM-Höhe, bis die Störimpulse völlig verschwinden.

CMRH ist die Messung der Anstiegsgeschwindigkeit, wenn der Optokoppler-Ausgang einen logischen High-Pegel (VOH) ohne Störsignale zeigt. Gleichfalls ist CMRL die Messung der Anstiegsgeschwindigkeit, wenn der Optokoppler-Ausgang einen logischen LOW-Pegel (VOL) zeigt und die Peak-Störsignale gerade noch nicht nachweisbar sind. Die Anstiegsgeschwindigkeit wird in der Gleichung 1 definiert:

$$\text{Anstiegsgeschwindigkeit} = \frac{\Delta VCM}{\Delta t} \text{ V}/\mu\text{s} \text{ (Gleichung 1)}$$

ΔVCM = Gleichtaktunterdrückung

Δt = Zeit der Transientenanstiegs- oder -abstiegsflanken

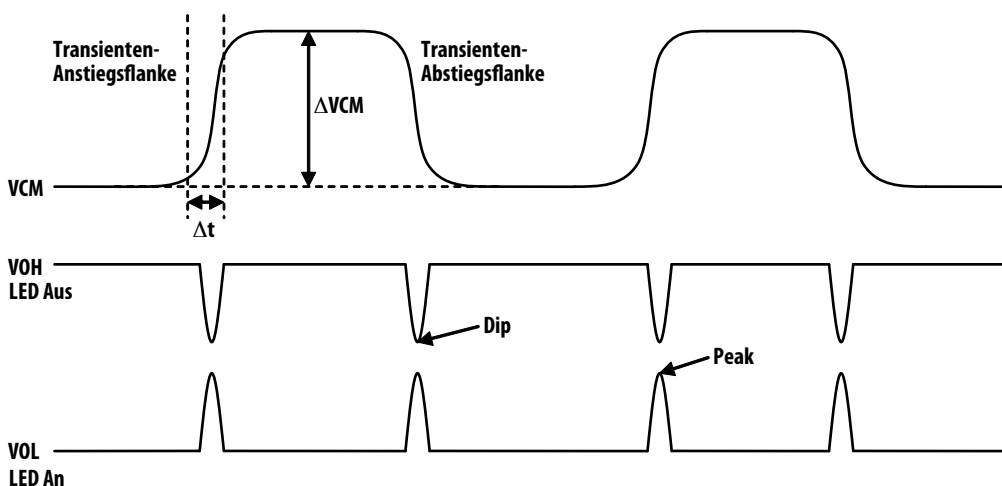


Bild 2. CMR-Test mit Transienten Ramp-Up und Ramp-Down VCM

Parasitärer Kapazitätseffekt

Bild 3 zeigt die parasitären Kapazitäten eines Optokopplers $C_{Kathode}$ und C_{Anode} . $C_{Kathode}$ ist um den C_{ratio} Faktor größer als C_{Anode} . Sowohl die LED-Kathode als auch die Anode der Fotodiode nutzen größere Flächen als die anderen Funktionsblöcke. Ihre Masseleitungen (GND1 und GND2) sowie die Anschlussdrähte sind groß, darum tragen sie zu höheren Kapazitäten bei.

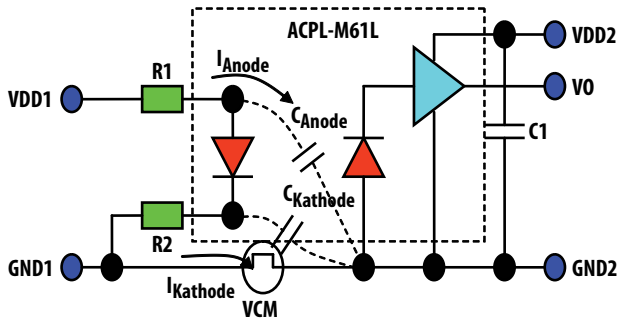


Bild 3. HVCMR Messaufbau (man sieht die parasitären Kapazitäten)

Andererseits ist C_{Anode} eine parasitäre Kapazität zwischen der LED-Anode und der Anode der Fotodiode – aber der Anschluss der LED-Anode ist kleiner als die Masseleitung und der Anschlussdraht der Fotodioden-Anode. So ist C_{Anode} kleiner als $C_{Kathode}$. Das Verhältnis (C_{ratio}) wird in Gleichung 2 definiert.

$$C_{ratio} = \frac{C_{Kathode}}{C_{Anode}} \quad (\text{Gleichung 2})$$

C_{Anode} befindet sich zwischen der LED-Anode und Masse GND2. $C_{Kathode}$ befindet sich zwischen LED-Kathode und Masse GND2.

Der Leckstrom der parasitären Kapazität fließt ab, während der AC-Strom durch die LED fließt. $C_{Kathode}$ und C_{Anode} verhalten sich während des DC-Durchflusses wie ein offener Stromkreis – es gibt keinen DC-Leckstrom.

Obwohl normalerweise empfohlen wird, für R1 und R2 gleiche Werte einzusetzen, kann der Einfluss der parasitären Kapazitäten $C_{Kathode}$ und C_{Anode} nicht vernachlässigt werden, da sich die beiden Anschlüsse nicht mehr im Gleichtakt befinden. Deswegen werden unterschiedliche R1/R2 Werte eingesetzt.

Da $C_{Kathode}$ größer ist als C_{Anode} , ist die Impedanz von $C_{Kathode}$ kleiner als die Impedanz von C_{Anode} . Ein größerer Strom $I_{Kathode}$ wird durch $C_{Kathode}$ abfließen und weniger Strom I_{Anode} durch C_{Anode} während einer AC-Funktion. Um den Leckstrom durch C_{Anode} und $C_{Kathode}$ zu minimieren, werden jeweils R1 und R2 an Anode und Kathode der LED integriert. Ihr Widerstandsverhältnis (Resistor_ratio) wird in Gleichung 3 definiert.

$$\text{Resistor_ratio} = \frac{R1}{R2} \quad (\text{Gleichung 3})$$

R1 ist der Strom begrenzende Widerstand zwischen VDD1 und LED-Anode.

R2 ist der Strom begrenzende Widerstand zwischen Kathode und GND1.

CMR-Leistung im Verhältnis zum Widerstandsverhältnis (Resistor_ratio)

5 V Betriebsspannung

Für die optimale CMR-Leistung des ACPL-M61L von Avago empfehlen wir ein Widerstandsverhältnis von 1,6 wie in Bild 4 gezeigt (punktirierte Linie). So wird der I_{Anode} Leckstrom durch die parasitäre C_{Anode} Kapazität minimiert und der LED-Bias Strom maximiert. Ebenso fließt ein größerer Strom durch R2 als durch die parasitäre Kapazität $C_{Kathode}$. Um das Abfließen des LED-Bias Stroms zu minimieren, muss das Widerstandsverhältnis exakt gewählt werden, damit es der Charakteristik der parasitären Kapazitäts-Impedanz von $C_{Kathode}$ und C_{Anode} entspricht

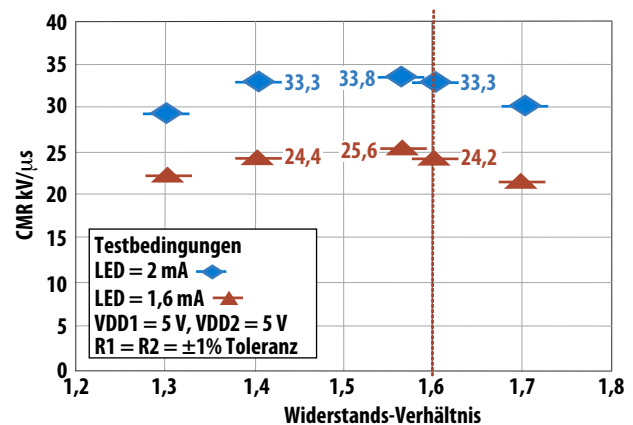


Bild 4. CMR-Leistung im Verhältnis zur Resistor_ratio (R1 und R2 ± 1% Toleranz, VDD1 = 5V, VDD2 = 5V)

Bei einem Widerstandsverhältniswert von 1,4 bis 1,6 wird ein CMR von mehr als 33kV/µs erreicht (blaue Kurve ◆) bei einem Bias-Strom von 2,0mA. Bei einem kleineren 1,6mA LED-Treiberstrom wird eine gute CMR-Leistung von mehr als 24kV/µs erzielt (rote Kurve ▲).

$$R1 + R2 = R_{TOTAL} \quad (\text{Gleichung 4})$$

$$\frac{R1}{R2} = 1,6 \quad (\text{Gleichung 5})$$

$$R2$$

Setzen Sie Gleichung 5 in Gleichung 4 ein

$$R2 = \frac{R_{TOTAL}}{2,6} \quad (\text{Gleichung 6})$$

R1 und R2 können mit Gleichung 4 bis 6 errechnet werden. Um eine sehr gute CMR-Leistung zu erzielen, wurden Werte für R1 = 1,1kΩ und R2 = 680Ω gewählt bei einem LED-Treiberstrom von 1,6mA (rote Kurve ▲). Diese Widerstandswerte sind handelsüblich. Sie sollten eine Toleranz von ±1% haben. Die Leiterplatte sollte eine gute Abschirmung besitzen, um EMI zu minimieren, die wiederum Einfluss auf die CMR-Leistung hat.

Bild 5 zeigt die CMR-Leistung des ACPL-M61L bei einer R1 und R2 Widerstandstoleranz von ±10%. Man sieht, dass bei gleichem Toleranzmaß der Widerstandswerte das Widerstandsverhältnis 1,6 bleibt und die CMR-Leistung des Optokopplers gleich gut bleibt. Wenn die Widerstände jedoch nicht die gleichen Toleranzwerte haben (z.B. R1 hat -10% Toleranz und R2 +10% Toleranz), dann verschlechtert sich die CMR-Leistung, weil das Widerstandsverhältnis vom optimalen Wert von 1,6 abweicht.

	R1 -10% R2 +10%	R1 ±1% R2 ±1%	R1 -10% R2 -10%	R1 +10% R2 +10%	R1 +10% R2 -10%
35 kV/µs		33,9 kV/µs	34,9 kV/µs		
30 kV/µs			30,9 kV/µs	34,9 kV/µs	
25 kV/µs		25,6 kV/µs			
20 kV/µs					
15 kV/µs					
10 kV/µs					
5 kV/µs					
0 kV/µs					

Testbedingungen : LED = 2 mA ◆ VDD1 = 5 V
 LED = 1,6 mA ▲ VDD2 = 5 V

Bild 5. CMR-Leistung im Verhältnis zu R1 und R2 Toleranzen (VDD1 = 5 V, VDD2 = 5 V)

3,3V Betriebsspannung

Das empfohlene Widerstandsverhältnis von 1,6 kann auch bei einer Betriebsspannung von 3,3V beibehalten werden, wie in Bild 6 gezeigt. Bei einem Widerstands-Verhältnis von 1,3 bis 1,7 ist sogar ein niedrigerer LED-Treiberstrom in der Lage, eine sehr gute CMR-Leistung zu erzielen. Sowohl die blaue ◆ als auch die rote Kurve ▲ zeigen ein CMR von mehr als 50kV/µs. Mit einer 3,3V Eingangsspannung als Vorspannung für die LED wird ein niedrigerer Gesamtwiderstandswert (R1 + R2) benötigt, um die LED zu betreiben. Ein höherer Strom für den Betrieb der LED verbessert die CMR-Leistung.

Ähnlich wie bei der 5C Betriebsspannung bleibt die CMR-Leistung des ACPL-M61L konsistent, wenn bei 3,3V Betriebsspannung R1 und R2 mit 10%iger Toleranz gewählt werden. Wie in Bild 7 gezeigt, bleibt das Widerstandsverhältnis von 1,6 gleich, wenn sich die R1 und R2 Toleranzen relativ zueinander ändern. Nochmals, die CMR-Leistung wird nicht verschlechtert, solange das empfohlene Widerstandsverhältnis mit Widerständen von ±1% Toleranz erzielt wird.

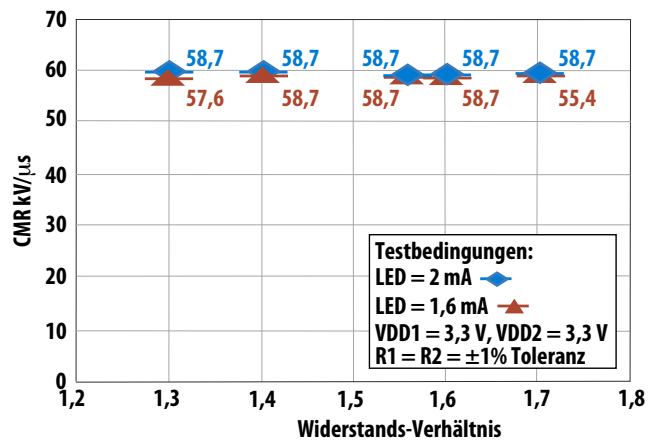


Bild 6. CMR-Leistung im Verhältnis zum Widerstands-Verhältnis (R1 und R2 ± 1% Toleranz) (VDD1 = 3,3 V, VDD2 = 3,3 V)

	R1 -10% R2 +10%	R1 ±1% R2 ±1%	R1 -10% R2 -10%	R1 +10% R2 +10%	R1 +10% R2 -10%
70 kV/µs					
60 kV/µs		58,7 kV/µs	58,7 kV/µs	58,7 kV/µs	
50 kV/µs		58,7 kV/µs	58,7 kV/µs		
40 kV/µs					
30 kV/µs					
20 kV/µs				31,9 kV/µs	
10 kV/µs					
0 kV/µs					

Testbedingungen: LED = 2 mA ◆ VDD1 = 3,3 V
 LED = 1,6 mA ▲ VDD2 = 3,3 V

Bild 7. CMR-Leistung im Verhältnis zur R1 und R2 Toleranz (VDD1 = 3,3 V, VDD2 = 3,3 V)

Zusammenfassung

Gleichtaktstörungen entstehen auf Systemapplikationsebene, wenn es Unterschiede beim Massenniveau zwischen der Eingangs- und der Ausgangssteuerschaltung eines Optokopplers gibt. Es ist schwierig zu erkennen, ob Gleichtaktstörungen oder Interferenzen der Grund dafür sind. Bei extrem niedrigem Leistungsbedarf kann die CMR-Leistung der ACPL-x6xL Produktfamilie durch die Anwendung von geteilten Strom begrenzenden Widerständen an der LED optimiert werden.

Produktinformationen und eine vollständige Liste unserer Distributoren finden Sie unter www.avagotech.com

Avago, Avago Technologies, und das A-Logo sind Markenzeichen von Avago Technologies in den Vereinigten Staaten von Amerika und anderen Ländern.

Daten vorbehaltlich Änderungen. Copyright © 2005-2011 Avago Technologies. Alle Rechte vorbehalten.

AV02-3053DE - Oktober, 2011

