

Experimente mit Avalanche-Fotodioden und Laserdioden (2)

Dr.-Ing. KLAUS SANDER

Laserdioden sind im allgemeinen für hohe Modulationsfrequenzen geeignet. Es gibt sie mit unterschiedlich hohen Ausgangsleistungen und mit verschiedenen Wellenlängen. Dementsprechend variieren auch die Preise. Laserdioden, die mit sehr hohen Frequenzen moduliert werden können, sind im allgemeinen recht teuer. Es gibt aber einige preiswerte Alternativen.

Bei den meisten Low-cost-Laserdioden ist in Datenblättern keine maximale Grenzfrequenz angegeben. Ihr hauptsächliches Einsatzgebiet sind Laserdrucker, Barcodeleser, CD-Player oder Laserpointer. Sie sind nicht für Signalübertragungszwecke optimiert, lassen sich dennoch dafür verwenden. Eine Übersicht leicht beschaffbarer preiswerter Typen von Toshiba ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Applikationsunterlagen von Toshiba ist aber zu entnehmen, daß die Meßschaltungen zur Bestimmung bestimmter Parameter mit 10 MHz arbeiten. Es kann davon ausgegangen werden, daß die im Handel erhältlichen Laserdioden dieses Herstellers mit mindestens dieser Frequenz moduliert werden können. Sicher sind auch noch höhere Frequenzen realisierbar.

Anwendungen

Eine Modulationsfrequenz von 10 MHz ist aber für viele Anwendungen bereits ausreichend. So kann man ohne Probleme Sprachsignale oder Daten zwischen PCs übertragen. Für Hochleistungsnetzwerke, bei denen zwischen vielen PCs große Datenmengen übertragen werden müssen, sind natürlich höhere Frequenzen erforderlich. Ein Vorteil dieser Laserdioden ist auch die Möglichkeit zur analogen Signalübertragung. Auf diese Möglichkeit soll hier nicht näher eingegangen werden. Digitale Über-

tragungsverfahren ermöglichen in jedem Fall höhere Reichweiten.

Ansteuerung

Die Laserdioden der TOLD-Reihe benötigen eine spezielle Ansteuerschaltung, die die mittlere optische Leistung konstant hält (dies trifft natürlich auch auf ähnliche Laserdioden anderer Hersteller zu). In Bild 8 wird ein MAX 3263 als Ansteuer-IC verwendet.

Mit diesem IC sind maximal 155 MBit/s erreichbar. Allerdings ist das ein Wert, der für diese Laserdioden nicht mehr garantiert werden kann. Zu niedrigeren Bitraten hin gibt es bei dieser Senderschaltung natürlich keine Grenze. Allerdings sind wiederum höhere Bitraten empfängerseitig günstiger. Und für den Empfang durch Avalanche-Dioden wird empfohlen, mit möglichst hohen Bitraten bzw. Frequenzen zu arbeiten.

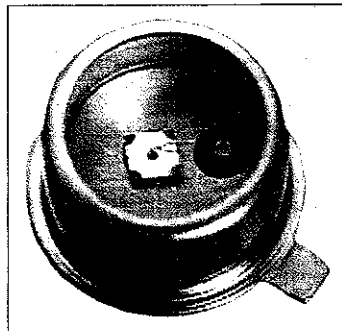


Bild 7: Die AD230 hat ein Metallgehäuse

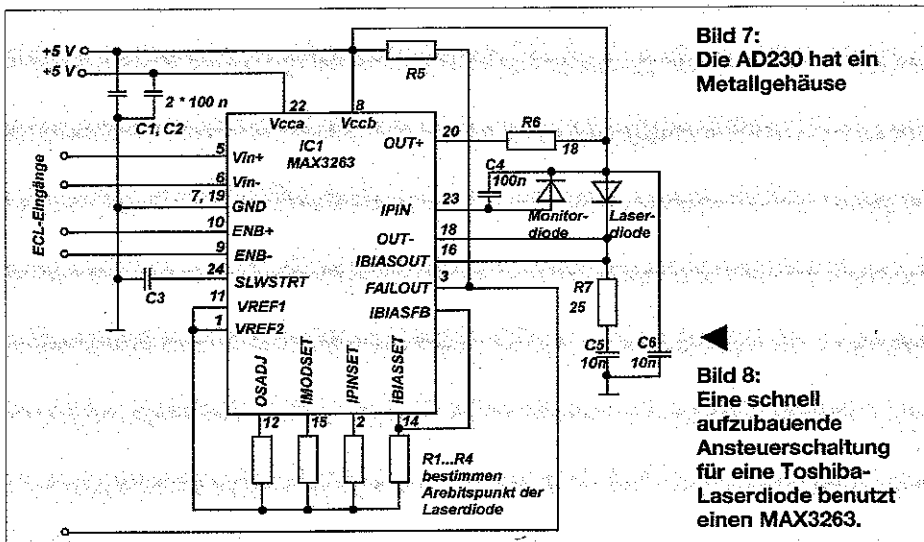


Bild 8: Eine schnell aufzubauende Ansteuerschaltung für eine Toshiba-Laserdiode benutzt einen MAX3263.

Die Schaltung Bild 8 benötigt nur wenige Bauelemente. Als Laserdiode kann zum Beispiel der Typ TOLD 9231 verwendet werden (gemeinsamer Anschluß: Katode Fotodiode mit Anode Laserdiode). Alle Laserdiodenströme sind über R1 bis R4 programmierbar.

Mit R3 wird der Monitorstrom für eine mittlere Ausgangsleistung (pulsförmige Belastung) festgelegt. Entsprechend der Datenblätter für die TOLD 9231 und den MAX3263 wählen wir für eine mittlere Ausgangsleistung von 3 mW R3 (Pin 2 des MAX3263) zu 3 kΩ.

Den Gleichstrom durch die Laserdiode legen wir mit 55 mA fest. R4 (Pin 14) muß dann 2 kΩ betragen. Die Diode soll mit 10 mA moduliert werden. R2 (Pin 15) hat damit den Wert 3 kΩ. Gleichzeitig wird ein optimaler Widerstand zum Setzen des Biasstroms der Eingangsstufe entsprechend Datenblatt ausgewählt.

Wir benutzen für R1 (Pin 12) 7,5 kΩ. Dieser Widerstandswert sichert, daß die Ausgangsstufe korrekt gesteuert wird und der Ausgangsimpuls eine optimale Kurvenform erreicht. Diese Widerstandswerte gelten nur für den hier gewählten Arbeitspunkt der Laserdiode.

Bei einem anderen Arbeitspunkt oder anderen Diodentypen sind die Widerstandswerte entsprechend anzupassen. Hier müssen unbedingt die Datenblätter der jeweiligen Laserdiode und des MAX3263 herangezogen werden. Eine Zerstörung eines der beiden Bauelemente ist sonst sicher.

Um die Zuverlässigkeit zu erhöhen, wurde hier auch auf die Verwendung von Trimpotentiometern verzichtet. Festwiderstände garantieren unter allen Bedingungen einen zuverlässigen Kontakt.

Input

Die Eingänge des MAX3263 sind nicht TTL-kompatibel. Die Ansteuerung kann nur durch PECL-ICs erfolgen. PECL ist eine ECL-Schaltkreisfamilie mit auf die positive Betriebsspannung bezogenem Logikpegel. Diese Schaltungen haben gegenüber TTL- oder CMOS-Familien kürzere Schaltzeiten und ermöglichen die Erzielung hoher Übertragungsgeschwindigkeiten.

Nicht nur die Dateneingänge V_{in+} und V_{in-} werden über PECL-Gatter angesteuert, auch die Freigabe-Eingänge ENB+ und ENB- erfordern PECL-Pegel.

Der MAX3263 ist nur dann freigeschaltet, wenn an ENB- der Pegel logisch 0 und an ENB+ der PECL-Pegel logisch 1 anliegen. In allen anderen Fällen ist der IC gesperrt, und die Laserdiode gibt kein Signal ab.

Output

Der Ausgang FAILOUT ist ein open-collector-Ausgang und generiert ein Signal

beim Ausfall der Laserdiode – entweder wenn die Diode zerstört ist oder auch, wenn durch Alterungsprozesse die notwendige Ausgangsleistung der Laserdiode nur noch bei sehr hohen Strömen erreicht wurde.

■ Aufbau

Der Aufbau ist mit dem Platinenlayout nach Bild 9 kein Problem. Es ist unbedingt wichtig eine zweiseitige Platine zu benutzen. Die zweite Seite ist als Massefläche gestaltet. Alle verwendeten Bauelemente sind SMD-Typen. Bedingt durch die hohen Frequenzen muß die Laserdiode direkt auf der Platine angeordnet werden. Die mechanische Anordnung des optischen Systems im späteren Gerät muß sich danach richten.

■ Diodentypen

Eine zweite interessante Laserdiode soll hier noch vorgestellt werden. Von Honeywell unter der Bezeichnung VCSL einen neuen Laserdiodentyp der maximal mit 1 GHz (entspricht 2 GBit/s) modulierbar ist. Das Verblüffende daran ist der im Vergleich zu bisherigen Produkten gleicher Übertragungsgeschwindigkeit niedrige Preis. Die VCSL-Laserdioden sind eigentlich für die Signalübertragung über Lichtleitfasern optimiert, lassen sich aber auch für die Freiraumübertragung nutzen. Diese Laserdioden besitzen gegenüber herkömmlichen Typen einen vertikalen Aufbau. Dadurch ergeben sich neben der hohen Grenzfrequenz weitere Vorteile. Der Schwellstrom zur Erzielung des Lasereffektes ist mit 4 mA extrem gering. Er liegt damit in der Größenordnung einer Low-current-LED.

Um die maximale optische Leistung zu erreichen, wird z.B. bei der HFE4080-321 der Strom mit ca. 12 mA etwas höher gewählt. Dieser geringe Strom ermöglicht eine einfache Ansteuerschaltung. Spezielle Treiber-ICs werden nicht benötigt.

Die Ansteuerung kann zumindest im unteren Frequenzbereich (unter 150...200 MHz) wie eine LED erfolgen. Ein einfacher Widerstand in Reihe zur Laserdiode reicht (Bild 12). Die Modulation erfolgt dann über ein schnelles TTL-, HCMOS- oder ähnliches Gatter. Die Übertragungsgeschwindigkeit wird dann allerdings durch das Gatter begrenzt.

Höhere Geschwindigkeiten sind mit ECL-Gattern erreichbar. Um die maximale Ge-

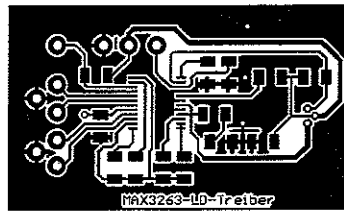


Bild 9: Für den MAX3263 wird ein zweiseitiges Platinenlayout benutzt. Die Bestückung erfolgt auf der hier angezeigten Seite.



Bild 10: Die Leiterseite wird fast durchweg als Massefläche ausgeführt.

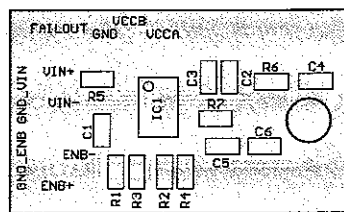


Bild 11: Die Platine für den MAX3263 wird nur mit SMD-Bauelementen bestückt.

schwindigkeit von 2 GBit/s zu erreichen, sind allerdings spezielle Treiberschaltungen notwendig, die jedoch auch hier wesentlich einfacher als bei herkömmlichen Laserdioden sind. Entscheidend ist vor allem die Platinengestaltung, die nach HF-Gesichtspunkten zu erfolgen hat. Hier wirken sich Kapazitäten, Induktivitäten und Wellenwiderstände der Leiterzüge entscheidend auf die Funktion aus. Ein Platinenlayout für die VCSL-Laserdioden wird aufgrund des geringen Aufwandes hier nicht angegeben.

■ Sicherheit

Ein wichtiger Hinweis sei bereits an dieser Stelle erlaubt: die Sicherheit in Sachen Gesundheitsschutz. Die Laserdioden liefern eine nicht sichtbare Strahlung, die zu Augenschäden führen kann. Zumindest bei Laserdioden ohne externe und in das Bauelement integrierte Optik sind diese jedoch bei größeren Betrachtungsabständen (>1 m) nicht zu befürchten. Durch eine Optik wird der Strahl aber gebündelt und kann zu Augen-

schäden führen. Deshalb sind grundsätzlich Sicherheitsmaßnahmen erforderlich. Seltener ist es auch der direkte Strahl, der Schäden verursacht. Zufällige Reflexionen an entsprechenden Gegenständen können den Strahl in Richtung Auge ablenken. Dem sollten wir also beim Aufbau und Test der Laborschaltung besondere Aufmerksamkeit widmen. Weitere Hinweise zur Lasersicherheit folgen am Schluß dieser Beitragsserie.

■ Empfänger

Wir können uns nun unserem eigentlichen Objekt, dem optischen Empfänger zuwenden. Bild 13 verdeutlicht das Grundprinzip. Am Eingang finden wir die Avalanche-Fotodiode (APD). Sie wird mit einer hohen Sperrspannung beauftragt. Um mit geringen Betriebsspannungen arbeiten zu können, wird diese Spannung von einem DC/DC-Wandler erzeugt.

Die Ausgangsspannung des DC/DC-Wandlers muß in einem Bereich von etwa 70 bis 120 V regelbar sein. Den Grund dafür haben wir im ersten Teil kennengelernt. Es ist die hohe Temperaturabhängigkeit der inneren Verstärkung der APD.

Die Regelung ist auf drei Arten möglich, wobei nur eine im Blockschaltbild angegeben ist. Die erste Art ist die einfachste. Man stellt in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Signalform am Ausgang der Schaltung die Spannung ein. Diese Schaltung ist natürlich für einen Dauerbetrieb nicht besonders zuverlässig, sie ist aber für Versuchszwecke akzeptabel.

Komfortabler ist die Regelung, wenn die Temperatur direkt an der APD gemessen und diese Meßgröße die Einstellung der Versorgungsspannung vornimmt. In Bild 13 ist dieses Verfahren durch einen Heißeleiter (in der Praxis würde man sicherlich einen Halbleitersensor benutzen) angedeutet.

Noch besser wäre die zusätzliche Messung der Empfangssignalform und -größe am Ausgang der Empfängerschaltung. Wird die Sperrspannung in Abhängigkeit davon geregelt, so wird man immer ein optimales Empfangssignal erhalten. Allerdings muß in beiden Fällen das Verhalten der Regelstrecke bzw. die Abhängigkeit der Form des Empfangssignals bekannt sein. Und das ist schon fast Grundlagenforschung.

■ Funktionsweise

Die APD arbeitet auf einen niederohmigen Lastwiderstand. Das Signal wird über einen Kondensator ausgekoppelt und anschließend auf den Transimpedanzverstärker geführt. Normalerweise kann der Transimpedanzverstärker auch mit direkter galvanischer Kopplung arbeiten. Die hohe Sperrspannung der APD kann aber zu einer Zerstörung des Verstärkers führen.

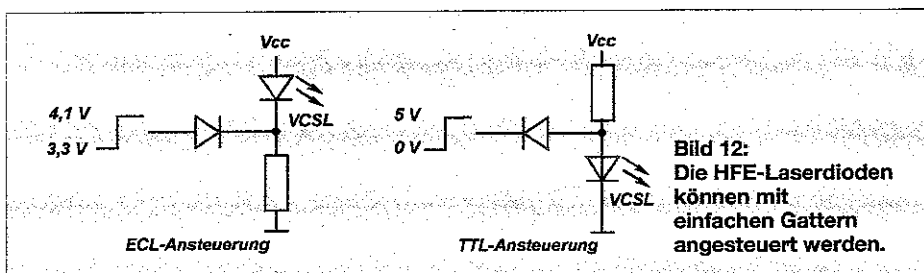


Bild 12: Die HFE-Laserdioden können mit einfachen Gattern angesteuert werden.

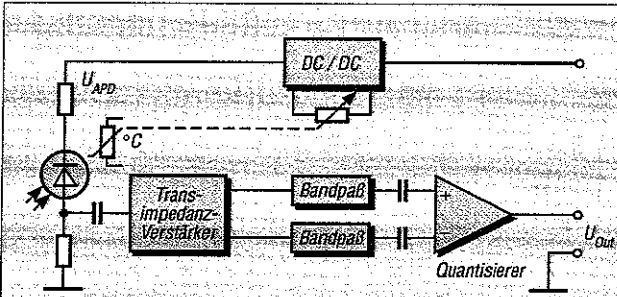
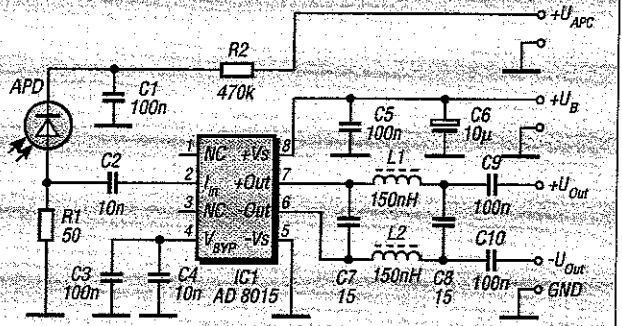


Bild 13: Blockschaltbild für eine APD-Empfängerschaltung

Bild 14: Zur Verstärkung des APD-Signals wird der AD-Schaltkreis AD8015 verwendet.



Der Transimpedanz-Verstärker tut nun das, was sein Name sagt: Er verstärkt das von der APD kommende Signal. Wie bei hohen Frequenzen üblich, besitzt der Transimpedanzverstärker einen symmetrischen Ausgang.

Beide Ausgangsleitungen werden auf getrennte Bandpässe geführt. Eine nachfolgende Stufe, die im vorliegenden Fall als Quantisierer bezeichnet wird, stellt vom Grundprinzip her eigentlich nur einen sehr schnellen Komparator dar. Er vergleicht die Pegel auf den beiden Ausgangsleitungen und stellt vom Prinzip her nur die Richtung der beiden Signale fest. Eines der Signale ist immer positiv gegenüber dem anderen. Dementsprechend liefert der Quantisierer am Ausgang einen L- oder H-Pegel.

Schaltung

Kommen wir nun nach der langen Vorrede zu einer praktischen Realisierung für die Empfängerschaltung. Natürlich ist es theoretisch denkbar, den Transimpedanzverstärker in herkömmlicher Art und Weise mit entsprechend schnellen Operationsverstärkern aufzubauen.

Bei hohen Frequenzen hat die Gestaltung des Platinenlayouts aber einen enormen Einfluß auf die obere Grenzfrequenz und damit auf die sichere Funktion der Schaltung. Und je größer der schaltungstechnische Aufwand ist, um so größer ist auch die Gefahr eines ungünstigen Platinenlayouts.

Nun hilft hier die Industrie weiter. Sowohl MAXIM als auch Analog Devices bieten speziell für optische Übertragungszwecke optimierte Transimpedanzverstärker an. Allerdings steht der MAX3260 derzeit nur als nackter Chip zur Verfügung. Ein weiterer Transimpedanzverstärker, der MAX3664, ist angekündigt, aber derzeit noch nicht lieferbar. Er steht dann auch im SMD-Gehäuse zur Verfügung.

Bleibt momentan nur der AD-Typ AD8015 im SMD-Gehäuse. Bild 14 zeigt die vollständige Schaltung des Empfängers. Da im Transimpedanz-Verstärker kleinste Spannungen und Ströme verarbeitet werden, ist der als Schaltregler arbeitende DC/DC-Wandler getrennt aufzubauen. Anderenfalls könnten unbeabsichtigt Störstrahlungen stärkere Empfangssignale vortauschen und die ganze Anordnung würde ihren Zweck nicht erfüllen.

Wir müssen uns verdeutlichen, daß die APD nicht zwischen Signal und störendem Umgebungslicht unterscheiden kann. Deshalb kann es sein, daß das Störlicht den APD-Strom stark ansteigen lassen kann. Es kann dann irgendwann zu einer Zerstörung der APD kommen. R2 begrenzt den Strom auf ein Maximum, wodurch dieser Fall verhindert wird. C2 trennt den Eingang gleichspannungsmäßig von der APD und bestimmt die untere Grenzfrequenz.

R1 ist der Arbeitswiderstand für die APD. Um mit hohen Frequenzen arbeiten zu können, wurde er mit 50 Ohms sehr niedrig gewählt. Dies ist ein guter Kompromiß zwischen einerseits einer durch den Fotodiodenstrom erzeugten ausreichend hohen Spannung und andererseits der durch parasitäre Schaltungskapazitäten und den Widerstand verursachten Bandbegrenzung. Der Wert kann auch höher gewählt werden. Allerdings sollte dabei der Versuch ent-

scheiden. Je höher R1, desto größer ist auch die zur Verfügung stehende Signalspannung, und desto geringer ist die mögliche Bandbreite.

Beim Test verschiedener Widerstandswerte dürfen auf keinen Fall „langbeinige“ Widerstände in die Versuchsschaltung eingelötet werden. Hohe parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten verfälschen das Ergebnis entscheidend. Auch der Laborversuch sollte hier unbedingt mit induktivitätsarmen SMD-Widerständen durchgeführt werden.

Daß an Pin 4 des AD8015 zwei Kondensatoren mit 100 nF und 10 nF angeschlossen sind, ist etwas verwunderlich (keiner der beiden ist ein Elko), aber basiert auf dem Datenblatt des Herstellers. Diese Kondensatoren schließen den zweiten Anschluß des Operationsverstärkers wechsellspannungsmäßig nach Masse kurz. Gleichspannungsmäßig ist dieser Anschluß intern auf 1,7 V gelegt. Ausgangsseitig realisieren C7, C8, L1 und L2 die Filterfunktion. C9 und C10 koppeln das Signal aus.

Der AD8015 arbeitet mit einer einseitigen Betriebsspannung von +5 V. Die Anschlußdrähte dafür sollten ebenso wie der Anschluß für die APD-Sperrspannung durch Ferrit-Ringkerne geführt werden. Nur so können auch noch letzte Störungen von der doch empfindlichen Schaltung ferngehalten werden.

Der im Blockschaltbild angegebene Quantisierer wurde bewußt nicht auf der Empfängerplatine untergebracht. Das ermöglicht einen universellen Einsatz dieser Baugruppe sowohl für Meßzwecke (Entfernungsmessung) als auch für Übertragungszwecke. Zudem bietet diese Variante mehr Freiheiten bei der Gestaltung des Gehäuses für das optische System.

(wird fortgesetzt)

Literatur

- [3] Wideband/Differential Output Transimpedance Amplifier AD8015; Datenblatt der Firma Analog Devices
- [4] Single +5V, Fully Integrated 155 Mbps Laser Diode Driver; Datenblatt der Firma MAXIM
- [5] Applikationsunterlagen der Firma TOSHIBA
- [6] TOLD9231 ; Datenblatt der Firma TOSHIBA

Tabelle 2: Ausgewählte Laserdioden von TOSHIBA

Typ	Kurzbeschreibung
TOLD 9225	670 nm, 10 mW, Schwellstrom 45 mA
TOLD 9230	670 nm, 5 mW, Schwellstrom 50 mA
TOLD 9231	670 nm, 5 mW, Schwellstrom 50 mA
TOLD 9321	670 nm, 5 mW, Schwellstrom 35 mA
TOLD 9441	650 nm, 5 mW, Schwellstrom 40 mA

Tabelle 3: Ausgewählte VCSEL-Laserdioden von Honeywell

Typ	Kurzbeschreibung
HFE4080-321	850 nm, Bandbreite > 1 GHz, opt. Leistung 1,25... 2,5 mW bei 12 mA
HFE 4081-321	wie HFE 4080, jedoch mit Monitordiode (gemeinsame Kathode) und typ. 0,6... 1,1 mW opt. Leistung
HFE 4082-321	wie HFE4081, Monitordiode mit gemeinsamer Anode