

Halbleiter-Relais und elektromechanische Relais im Vergleich

Als Ende der 1980er Jahre die Produktgruppe der „PhotoMOS“-Relais ihre Markteinführung erfuhr, begannen schon die Spekulationen über die Ablösung der Elektromechanik durch die Halbleitertechnologie. Dreißig Jahre später kristallisiert sich heraus, dass sich beide Technologien ideal ergänzen und applikations-spezifisch eine harmonische Koexistenz führen. So zeigt die Erfahrung von Panasonic Electric Works, dass immer noch ca. 85 % der Applikationen mittels elektromechanischem Relais gelöst werden.

Das liegt zum einen darin begründet, dass in vielen Bereichen die Vorteile der Elektromechanik überwiegen, insbesondere in Bezug auf Einfachheit, Kosten und Robustheit. Zum anderen ist die Halbleiterlösung in der Breite ihrer Zielapplikationen noch begrenzt. Wenn jedoch Miniaturisierung, Anforderungen an Null-Ausfallraten, Energiebetrachtungen, Verarbeitungsprozesse, spezielle Umgebungseinflüsse oder die Simplizität die „PhotoMOS“-Lösung prädestinieren, kann der Entwickler auch hier aus dem Vollen schöpfen. Panasonic Electric Works [1] bietet mit beiden Technologien vielfältige Lösungskonzepte.

Die unterschiedlichen Wirkungsweisen

Die Aufgabe von Relais im Allgemeinen besteht in der galvanischen Trennung des Logik- bzw. Steuerstromkreises und des Lastkreises. Darüber hinaus gilt es, verschiedene Signalebenen auf unterschiedlichen Potentialen störungsfrei zu verknüpfen. Die entscheidenden Kriterien hierfür sind: dem Logikkreis möglichst wenig Leistung zu entnehmen und im Lastkreis einen störungsfreien Schalter mit hoher, schaltspielunabhängiger Lebensdauer und Zuverlässigkeit zur Ver-

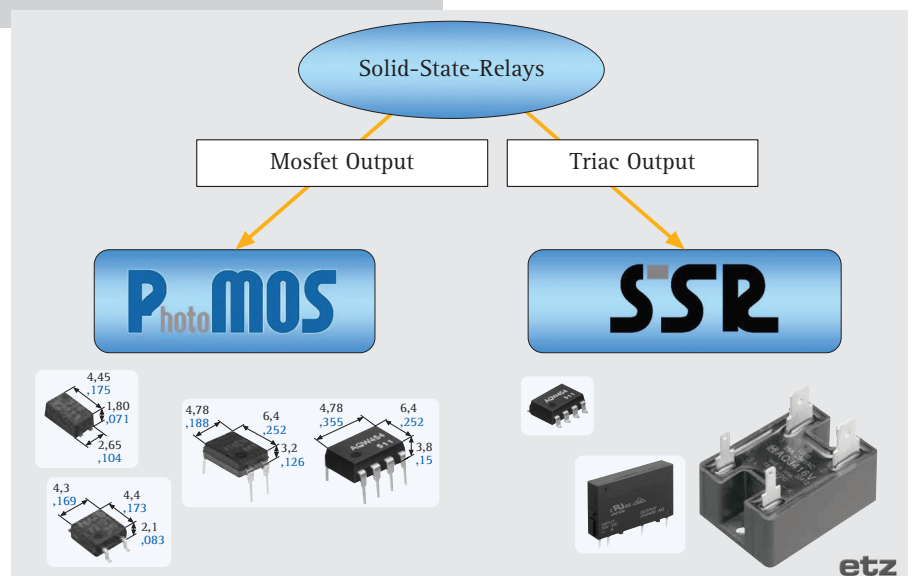


Bild 1. Prinzipielle Unterteilung der Produktgruppe Halbleiterrelais in „PhotoMOS-Relais“ mit Mosfet-Ausgang und Solide-State-Relays mit Triac-Ausgang

fügung zu haben. Wichtige Kenngrößen sind neben dem Leistungsvermögen bzw. der möglichen Schaltlast, der Energieverbrauch pro Volumen, die Verarbeitbarkeit, die Robustheit gegenüber Fehlern und die möglichen Schaltspiele bei konstanten elektrischen Eigenschaften.

Der erste wesentliche Unterschied zwischen elektromechanischem Relais und „PhotoMOS“-Relais besteht in der Art, wie die Last am Ausgang geschaltet wird. Beim elektromechanischen Relais wird sie mittels beweglichen metallischen Kontakten durch deren Bewegung aufeinander bzw. voneinander weg zugeschaltet bzw. getrennt. Die Bewegung der Kontakte erfolgt durch ein von Strom durchflossenen Spulen erzeugtes Magnetfeld. Beim „PhotoMOS“- und Halbleiterrelais wird durch die eingangsseitige Ansteuerung ein mechanisch statischer Halbleiter leitend bzw. sperrend. Es er-

Andreas Deisenrieder

folgt also keine galvanische Trennung, sondern nur eine elektrische Trennung am Ausgang. Die Ansteuerung zwischen Ein- und Ausgang geschieht optisch.

Der zweite wichtige Unterschied liegt in den Applikationsfeldern. Hochfrequenz- und kostengünstige leistungsschaltende

Applikationen, wie weiße Ware und Komfortelektronik im Automobilbereich, sind Domänen des elektromechanischen Relais. Leistungsschaltende Halbleiterrelais eignen sich für schaltspielintensive Heizungs- und Maschinensteuerungen. „PhotoMOS“-Relais schaffen wesentliche Voraussetzungen für wettbewerbsfähige, einfache und kompakte Lösungen im Signallastbereich, zum Beispiel in High-End-Messapplikationen und Datenschnittstellen. Hier haben sich „PhotoMOS“-Relais, beginnend in der Telekommunikations-, und Messgerätetechnik in Bereichen der Signalverarbeitung, der Kleinlaststeuerung und in der Steuer- und Automatisierungstechnik, etabliert.

Prinzipieller Aufbau und Funktion von „PhotoMOS“-Relais

Um die Vor- und Nachteile von elektromechanischen und „PhotoMOS“-Relais,

Dipl.-Phys. Andreas Deisenrieder ist Distributionsmanager der Abteilung Komponenten bei der Panasonic Electric Works Deutschland GmbH in Holzkirchen.

E-Mail: a.deisenrieder@eu.pewg.panasonic.com



Applikation	Minimal	Maximal
Hochspannungsmessung	10 μ V / 5 μ A	DC 1 500 V / 10 mA
Niederspannungsmotorlast	1 μ V / 1 μ A	AC 24 V / 2,5 A
Halbleiter-Testeinrichtung	1 μ V / 100 pA	5 V 10 MHz / 10 mA
Niederspannungsheizelement	1 μ V / 1 μ A	24 V DC / 5 A
Typische Eigenschaften		
Durchgangswiderstand (Ausgang)	80 m Ω	345 Ω
Ausgangskapazität	1 pF	1 400 pF
Ansprech-/Halteleistung	0,5 mW	5 mW ... 10 mW
Eingangs-/Ausgangsisololation	1 500 V _{eff}	5 000 V _{eff}
Leckstrom	10 pA	5 μ A
Lastfrequenz	DC	100 MHz
Datentransfer Eingang/Ausgang	statisch	10 kHz

Tabelle: Typische Applikationen mit ihren minimalen und maximalen Grenzwerten der Ausgangslast bei „PhotoMOS“-Relais und typische elektrische Charakteristika

die eine Untergruppe der Halbleiterrelais oder Solid-State-Relays darstellen (Bild 1), besser nachvollziehen zu können, ist zunächst deren Funktionsweise zu klären.

Ein „PhotoMOS“-Relais besteht aus drei Elementen: einer Leuchtdiode, einem Photodiodenfeld in Verbindung mit einem internen Schaltkreis bzw. Steuertransistoren und im Allgemeinen zwei bidirektionalen, antiserialen Leistungs-D-Mosfet (Double Diffused Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). Im Gegensatz zu Optokopplern können AC- wie DC-Lasten bis hinab zu wenigen μ V und einigen nA geschaltet bzw. übertragen werden. Leuchtdiode und Photodiodenfeld sind über einen semitransparenten Isolator optisch gekoppelt und elektrisch galvanisch isoliert. Legt man an der Eingangs-LED eine Spannung an bzw. bestromt man sie über einen Vorwiderstand mit beispielsweise typ. 5 mA, emittiert diese Licht, das im Photodiodenfeld eine Spannung erzeugt. Der dadurch generierte Strom lädt über den internen Schaltkreis die Gate-Elektroden der beiden D-Mosfet und diese steuern durch.

Die Bauformen der „PhotoMOS“-Relais variieren dabei je nach Einsatzgebiet und ihrer Leistungsfähigkeit. Die sogenannten Powertypen sind vorwiegend im SIL- oder Power-DIP/SMD-4-Pin-Gehäuse erhältlich. Bei den Signal- und RF-„PhotoMOS“-Relais kommen überwiegend die SO- und SSO-Gehäuse, neu auch das SON-Gehäuse mit inliegendem Leadframe, zum Zuge. Für den Fall einer benötigten Eingangs-/Ausgangsisololation

von 5 kV stehen die „PhotoMOS“-Relais in den klassischen DIL/SMD-4-, 6-, 8-Pin-Bauformen zur Verfügung.

Typische Grenzwerte

Die Wahl der richtigen Relais-Art ist vom Applikationsbereich abhängig. Der Bereich „Power“ definiert sich bei „PhotoMOS“-Relais zum Beispiel mit der G-Hochstromserie von Panasonic Electric Works: kleine Bauteile für das verschleißfreie und zuverlässige Schalten von Niederspannungslasten im Steuer- und Automatisierungsbereich bei relativ hohen Strömen. Mit dem AQY212G2S lassen sich AC- und DC-Lasten bis zu 60 V/1,25 A unabhängig vom Schaltspiel auf einer Fläche von 4,3 mm \times 4,4 mm schalten. Das AQV252G leistet DC 60 V/5,0 A in einem Standard-DIL/SMD-6-Pin-Gehäuse. Müssen hingegen, wie im Automobilbereich, Ströme bis zu DC 70 A oder in der Gebäudeleittechnik Netzspannung und 16 A bewältigt werden, ist das elektromechanische Relais in puncto Kosten-Nutzen-Rechnung unschlagbar, auch wenn rein technisch Halbleiterrelais-Lösungen existieren. Aufgrund ihrer Baugröße und Kosten finden diese nicht in der Breite der möglichen Applikationen ihren Einsatz, sondern in der Regel nur in Steuerungen, die aufgrund ihrer hohen Schaltspielhäufigkeit oder ihrer hohen DC-Last eine Halbleiterlösung unabdingbar bzw. ganzheitlich kostengünstiger machen. In der Tabelle sind einige typische Applikationsbeispiele mit den dazugehörigen Schaltlasten aufgelistet, die

bereits idealerweise und erfolgreich mit „PhotoMOS“-Relais realisiert werden. Der niedrige Durchgangswiderstand und die geringe Variation über die Temperatur lassen darüber hinaus vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Mess- und Prüftechnik zu.

Vorteile von „PhotoMOS“-Relais im Signalbereich

In der Datenübertragungs- und Signaltechnik übernimmt ein Relais die Aufgaben des Multiplexens von Signalen und die störungsfreie Verknüpfung verschiedener Signalebenen. Für die Störungsfreiheit ist die galvanische Trennung zwischen Steuer- bzw. Logikebene und Signalebene wesentlich. Leistungsarmes, verzerrungs- und störungsfreies Verknüpfen bieten „PhotoMOS“-Relais mit einer Ansteuerleistung von typ. 5 mW, einem nichtinduktiven Eingang und einem prell- und lichtbogenfreien Schaltverhalten. Der Durchgangswiderstand ist zwar höher als beim elektromechanischen Relais, bleibt aber über die gesamte Lebensdauer unabhängig von Last und Schaltspiel konstant. Mit Leckströmen im Bereich von einigen pA und einer Offset-Spannung $< 1 \mu\text{V}$ sind sie vergleichbar mit der elektromechanischen Ausführung. Hinzu kommt die Unempfindlichkeit gegenüber externen elektrischen wie mechanischen Einflüssen, zum Beispiel Magnetfelder oder Vibrationen, und ihr absolut geräuschloses Schalten. Mit Schaltzeiten bis hinab zu $40 \mu\text{s}$ für einen kompletten Schaltzyklus schalten sie bis zu zwei Größenordnungen schneller als elektromechanische Relais. Dies erlaubt Taktfrequenzen bis zu 10 kHz. Hinzu kommen der geringe Platzbedarf und die einfache Verarbeitbarkeit, beispielsweise im Reflow-Prozess. Speziell hier ist besonders bei hermetisch dichten Relais die SMD-Verarbeitung deutlich schwieriger. Schnelles Schaltverhalten prädestiniert „PhotoMOS“-Relais für Applikationen in der Messtechnik, bei der es unter anderem darauf ankommt,

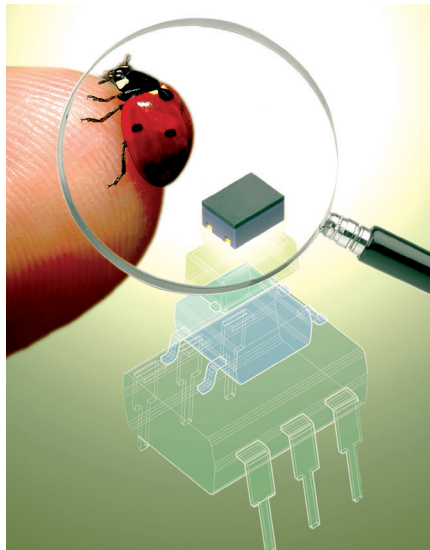


Bild 2. Die aktuelle Weiterentwicklung der „PhotoMOS“-Relais im SON-Gehäuse mit inliegendem Leadframe für RF-Applikationen

keine „untere“ Beschränkung an kleine Messsignale zu haben und in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik sowie zunehmend im Automobilbereich bei externen Diagnosesystemen.

Kurzschlusschutz für Signalausgänge

Kritisch und zu beachten bleibt die Empfindlichkeit von Mosfet-Ausgängen hinsichtlich Überspannungen. Die im Datenblatt angegeben, maximalen Spannungen dürfen zu keinem noch so kurzen Zeitintervall überschritten werden, da die Bauteile zerstört werden. Eine Schutzbeschaltung ist unabdingbar. Dies wird mit Suppressordioden, Metalloxidvaristoren oder bei reinen DC-Lasten mit einer Freilaufdiode realisiert. Hier ist die Robustheit des elektromechanischen Relais im Vorteil. In einem gewissen Rahmen führen Spannungsspitzen nicht zu einer Beschädigung oder zu einer dauerhaften Fehlfunktion des Bauteils. Unkritischer sind Überströme, die bei „PhotoMOS“-Relais bis zu den Spitzengrenzwerten nicht zu Schaden führen. Es gibt zwei Produkte innerhalb der „PhotoMOS“-Serie, die über integrierten Kurzschlusschutz verfügen. Er schützt die Ausgangstransistoren der „PhotoMOS“-Relais und den kompletten Lastkreis mit den entsprechenden Verbrauchern vor zu hohen Strömen. Die Produkte sind im SO4-Gehäuse ausgelegt für eine Schaltlast von AC 350 V/120 mA wie DC im „latching“-Modus, das heißt, bei einem Fehler muss ein Reset stattfinden. Oder reine DC-Schaltlasten von max. 60 V/500 mA im Standard-DIL/SMD-6-Pin-Gehäuse im

„non-latching“-Modus, das Relais ist „selbstheilend“ und funktioniert nach dem Beheben des Fehlers ohne Reset weiter.

HF in elektromechanischer Hand

In der Messtechnik im NF-Bereich sind „PhotoMOS“-Relais Alternativen zum elektromechanischen Relais und finden vielfältigen Einsatz vor allem im Bereich der IC-Tester, Board-Tester und in jeglicher Messapparatur zur Charakterisierung von Halbleiterbauelementen mit hohen Abtastraten. Auch bei Applikationen im Kurzwellenbereich in der Ultraschallmesstechnik und im Multipoint Recording haben sie die bis dato eingesetzten Reed-Relais aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und ihrer Lebensdauer weitestgehend ersetzt. Insbesondere die Miniaturisierung bei „PhotoMOS“-Relais schafft Wettbewerbsvorteile. So wurde mit dem neuen SON-„PhotoMOS“-Relais (Small Outline No lead) eine höhere Integrationsdichte (mehr als 57 %) im Vergleich zum bisherigen Standard im SSOP-Gehäuse erreicht (Bild 2). Das AQY221 N3M misst $2,2 \text{ mm} \times 2,95 \text{ mm} \times 1,95 \text{ mm}$ und weist einen $(C \times R)$ -Wert von 5 pF Ω auf. Damit ist es geeignet für Signale bis max. 25 V/150 mA und hat eine Isolation von ca. 50 dB bei 10 MHz.

Diese elektrischen Parameter machen deutlich, dass „PhotoMOS“-Relais für Frequenzen jenseits der 100 MHz nicht mehr oder nur in Ausnahmefällen einsetzbar sind. Die Hochfrequenz bleibt noch auf absehbare Zeit das Metier der elektromechanischen Relais, der Pin-Dioden oder von MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems). Und auch die elektromechanischen Hochfrequenz-Relais haben sich der Thematik Platzbedarf zu stellen. Panasonic Electric Works bietet als kleinstes elektromechanisches HF-Relais für 3-GHz-Applikationen in seinem Portfolio das neue RS-Relais mit Abmessungen von $14,6 \text{ mm} \times 9,2 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ bei Impedanzen von 50 Ω bzw. 75 Ω in konventioneller THT-Technik oder in SMD an (Bild 3).

Im HF-Bereich erfordert ein schaltendes Element eine geringe Einfügedämpfung, eine gute Isolation und eine minimale Reflexion. Das sind die entscheidenden Vorteile der elektromechanischen Relais-Technik gegenüber dem kontaktlosen Schaltungsprinzip der Halbleitertechnologie. Mit einem mechanischen Kontakt kann man darüber hinaus sehr unterschiedliche Signalformen und Frequenzen vom Gleichstromsignal bis hin zu verschiedenen und überlagerten



Bild 3. Das RS-(ARS)-Relais schaltet Frequenzen bis 3 GHz bei einer Isolation von $> 30 \text{ dB}$ und einer Einfügedämpfung von max. 0,3 bis 0,5



Hochfrequenzsignalen mit nur einem Bauteil schalten.

Energiebetrachtung: „PhotoMOS“ versus Elektromechanik

Bei der Ansteuerleistung sind „PhotoMOS“-Relais im Vergleich zu monostabilen elektromechanischen Relais im Vorteil. Bei den empfohlenen 5 mA Eingangsstrom und einer LED-Schwellschwellspannung von ca. 1,25 V benötigen sie ca. 6 mW pro Kontakt. Das sensitivste Signalrelais benötigt mindestens 30 mW, Durchschnittswerte liegen aber bei ca. 100 mW im Signalrelaisbereich. Bei zwei Umschaltkontakten ergibt sich ein Bedarf von 25 mW bzw. 50 mW pro Kontakt, je nach Nutzung. Anders sieht es beim Einsatz von bistabilen Relais aus. Muss ein „PhotoMOS“-Relais dauerhaft angesteuert werden, um einen Schaltzustand aufrechtzuerhalten, benötigt ein bistabiles Relais nur einen kurzen Impuls <100 ms. Vergleicht man die Tagesleistungen, benötigt ein „PhotoMOS“-Relais trotz seiner Sparsamkeit bei dauerndem Betrieb noch 0,14 W/h, ein gepoltes bistabiles Signalrelais weniger als 0,01 W/h. Damit tragen elektromechanische gepolte bistabile Relais dem sparsamen Umgang mit Energie Rechnung und machen diese Relais besonders für Geräte im Stand-by-Modus und in Anwendungen, bei denen keine oder nur wenig Energie zur Verfügung steht, wie Geräte mit Batteriebetrieb, geeignet. Auch in der Gebäudeleittechnik, wenn Aktoren direkt aus einem Installationsbus-System betrieben werden, dem nur wenige Watt-Sekunden Energie entnommen werden kann, sind gepolte bistabile Leistungsrelais die optimale Besetzung.

Ausblick

Mit dem Zwang zu immer höherer Integration und immer höheren Qualitätsansprüchen bei gleichzeitiger Minimierung der Gesamtkosten ist die richtige Bauteileauswahl der wesentliche Faktor für den entscheidenden Wettbewerbs-

vorteil. Die ganzheitliche Betrachtung der Kosten im Hinblick auf Produktionsaufwand, Lebensdauer, Service- und Ausfallkosten sollten verteilt auf den gesamten Produktlebenszyklus die bloße Betrachtung des Produkteinzelpreises ablösen. Nicht der Bauteilpreis entscheidet, sondern das richtige Konzept.

Aufgrund des breiten Konzeptange-

bots – Halbleiter oder Elektromechanik, monostabil oder bistabil – lässt sich für jede Applikation die passende Lösung finden.

Literatur

[1] Panasonic Electric Works Deutschland GmbH, Pfaffenhofen: www.panasonic-electric-works.de