

# Porównanie przekaźników półprzewodnikowych i elektromechanicznych

Niemal natychmiast po wprowadzeniu na rynek przekaźników półprzewodnikowych PhotoMOS, czyli pod koniec 1980 roku, rozpoczęły się spekulacje czy przekaźniki elektromechaniczne zostaną zastąpione przez technologię półprzewodnikową. Po upływie 30 lat widzimy, że obie technologie idealnie uzupełniają się, w zależności od określonego zastosowania, a zatem – współistnieją harmonijnie.

Rozwiązanie elektromechaniczne szczyty się ewidentnymi zaletami, takimi jak: nieskomplikowana budowa, niewielka cena i podwyższona wytrzymałość. Jeśli jednak wybór zależy od względów energetycznych, miniaturyzacji, wymagań dotyczących bezawaryjności, zoptymalizowanego przetwarzania lub szczególnych funkcji dodatkowych, takich jak zabezpieczenie przed zwarcie, wówczas warto przyrzeć się zaletom nowoczesnej technologii półprzewodnikowej w postaci przekaźników PhotoMOS.

Głównym celem przekaźników jest zapewnienie izolacji galwanicznej pomiędzy obwodem logicznym lub sterującym a obwodem obciążenia. Często są one również stosowane do łączenia sygnałów o znacznej różnicy napięcia, mających różne poziomy odniesienia. Decydującymi kryteriami przy wyborze przekaźnika półprzewodnikowego może być wykorzystanie tak małej energii z obwodu logicznego, jak to możliwe i zastosowanie niezawodnego, odpornego

## Więcej informacji:

**Panasonic Electric Works Polska**  
ul. Wołoska 9A, 02-583 Warszawa  
tel. +48 22 338 11 36  
info-pewpl@eu.panasonic.com  
[www.panasonic-electric-works.com/pl](http://www.panasonic-electric-works.com/pl)



na zaburzenia przełącznika, mającego dużą żywotność, niezależną od liczby cykli przełączania w obwodzie obciążenia.

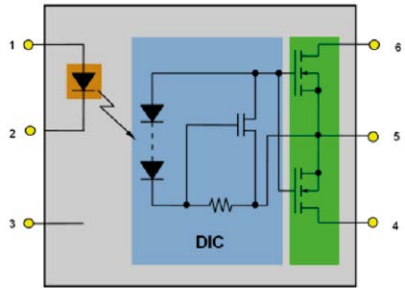
Najważniejszymi parametrami przekaźnika są: zdolność łączeniowa, zużycie energii na jednostkę objętości komponentu, odporność na uszkodzenia i maksymalna liczba cykli przełączania przy zachowaniu parametrów elektrycznych.

## Podstawy budowy i działania przekaźników PhotoMOS

Istotną różnicą pomiędzy przekaźnikami elektromechanicznymi a przekaźnikami półprzewodnikowymi PhotoMOS jest sposób, w jaki jest zasilane obciążenie. W przekaźnikach elektromechanicznych ruchome styki metalowe pełnią funkcję przełącznika, a izolację pomiędzy nimi zapewnia przerwa – mechaniczne oddalenie styków. Pole magnetyczne cewki, która także jest odizolowana elektrycznie, zapewnia zwarcie styków i przez to zamknięcie obwodu elektrycznego – załączenie obciążenia.

Schemat blokowy przekaźnika PhotoMOS pokazano na **rysunku 1**. Jest to specjalny rodzaj przekaźnika półprzewodnikowego, który

wykorzystuje tranzystory MOSFET. Prąd sterujący wynoszący tylko kilka mA (minimalnie 0,3 mA) w obwodzie wejściowym PhotoMOS „zaświeca” diodę LED wykonaną z arsenku galu (GaAs), emitującą światło podczerwone. Po przejściu przez półprzezroczystą żywicę pełniącą rolę izolatora, podczerwień oświetla fotoogniwa zintegrowane w obudowie PhotoMOS, które przetwarzają światło na napięcie. Zapewnia to izolację galwaniczną pomiędzy obwodami wejściowymi a wyjściowymi. Napięcie z fotoogniw jest podawane na obwód sterujący połączonymi bramkami dwóch sprzężonych tranzystorów DMOSFET dołączonymi do styków wyjściowych. Zintegrowany obwód wyzwala jest aktywny przy określonym napięciu progowym – odpowiadającym danemu natężeniu światła – oraz włącza i wyłącza wyjście, w zasadzie w sposób dwustanowy, powodując zachowanie analogiczne do przełącznika elektromechanicznego.



**Rysunek 1. Schemat układu przełącznika PhotoMOS**

### Nominalna moc przelatująca

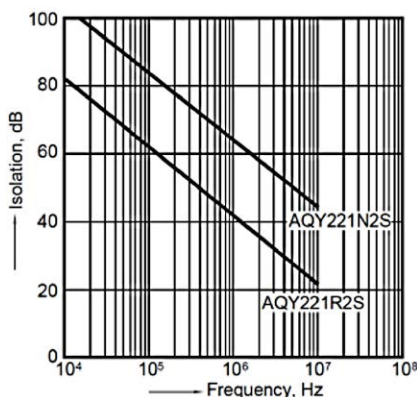
Nowoczesne przełączniki PhotoMOS mogą być sterowane prądem o natężeniu zaledwie 0,3 mA. Napięcie świecenia (progowe) wejściowych diod LED zwykle wynosi 1,25 V. Znając je można obliczyć minimalny pobór mocy, który np. dla przełączników AQY232S firmy Panasonic wynosi 0,4 mW. Dla porównania, pobór mocy przez cewkę przełączników elektromechanicznych o dużej czułości, w najlepszym wypadku wynosi 50 mW (przełączniki Panasonic TXS). Dostępne są również typy bistabilne, które nie wymagają mocy podtrzymującej w stanie przełączonym.

### Transmisja sygnału

W elektronice sygnały, które są łączone za pomocą wyjścia przełącznika, zwykle mają małe napięcie i niewielkie natężenie. Za przykład mogą posłużyć termopara, mikrofon lub inne, podobne czujniki/przetworniki. W takiej sytuacji kluczowe znaczenie mogą mieć straty sygnału. W przełącznikach elektromechanicznych, sygnał może być zniekształcany przez siłę termoelektromotoryczną powstającą wtedy, gdy są stosowane różne materiały przewodzące, które na dodatek mogą mieć różną temperaturę.

Zwykle siła termoelektromotoryczna powstaje w przełącznikach monostabilnych, ponieważ prąd przepływa przez sprężyny i kontakty wykonane z różnych materiałów. Po zasileniu cewki jest także generowane ciepło, które powoduje różnice temperatury wzdłuż ścieżki prądu zespołu sprężyny stykowej. Dryft napięciowy w przełącznikach ze złotymi stykami to 0,1  $\mu\text{V}/\text{K}$ . Niektóre typy przełączników, jak SX firmy Panasonic Electric Works, są zoptymalizowane dla tego konkretnego zastosowania. Generują one całkowitą siłę termoelektromotoryczną 3  $\mu\text{V}$  przy normalnej pracy, a więc i dopuszczalnym zakresie temperatury otoczenia, w tym również w temperaturze maksymalnej.

W przełącznikach elektromechanicznych występuje siła termoelektromotoryczna, natomiast podobnym zjawiskiem w przełącznikach PhotoMOS jest napięcie offsetu wytwarzane przez



**Rysunek 2. Zależność tłumienia przesłuchu od częstotliwości pracy dla przełącznika PhotoMOS AQY221N2S**

naładowane, wolne elektrony w półprzewodniku. Jest to miara przesunięcia charakterystyki krzywej prądu/napięcia w stosunku do charakterystyki idealnej. W dużej mierze napięcie offsetu jest niezależne od temperatury i może być uważane za stałe w obwodzie. Typowe wartości napięcia offsetu w przełącznikach PhotoMOS są poniżej 1  $\mu\text{V}$ .

### Charakterystyka częstotliwościowa

W celu osiągnięcia odpowiedniego tłumienia przesłuchu przy wysokich częstotliwościach przełączanego sygnału przełączniki muszą mieć małą pojemność przy otwartych zestykach. Pojemność ta dla elektromechanicznych przełączników sygnałowych zwykle wynosi około 1 pF. Rezultatem są doskonałe charakterystyki HF. Nawet przy częstotliwości 100 MHz, tłumienie przesłuchów wynosi co najmniej 40 dB (rysunek 2). Specjalne przełączniki dla wysokiej częstotliwości, takie jak przełączniki Panasonic RJ, są przeznaczone do przełączania sygnału o częstotliwości sięgającej nawet 8 GHz.

Charakterystyki dla wysokiej częstotliwości, które można osiągnąć za pomocą przełączników PhotoMOS są prawie tak dobre, jak dla przełączników elektromechanicznych. W zależności od typu, pojemność na wyjściu przełącznika PhotoMOS również wynosi ok. 1 pF i dlatego przełączniki PhotoMOS mogą także być stosowane do przełączania sygnałów o częstotliwości w zakresie MHz. Do aplikacji w zakresie GHz muszą być używane diody PIN lub specjalne przełączniki HF.

### Charakterystyki przejścia/odbijanie styków

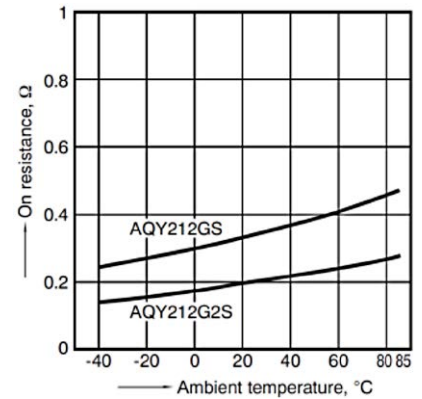
Biorąc pod uwagę drgania styków, przełączniki PhotoMOS są w naturalny sposób o wiele lepsze od przełączników elektromechanicznych. Typowy czas załączania przełączników PhotoMOS wynosi 0,2 ms i jest zależny od prądu diody LED i temperatury otoczenia. Czas wyłączenia stanowi około jednej dziesiątej czasu włączania i jest niezależny od warunków sterowania. W przełącznikach elektromechanicznych charakterystyki przejścia mieszczą się w zakresie milisekund, a styki odbijają podczas włączania.

### Czas życia

Czas życia przełączników PhotoMOS zależy przede wszystkim od czasu pracy diody LED i dlatego jest niemal nieograniczony. Można spodziewać się czasu życia wynoszącego ponad 12 lat nieprzerwanej pracy. Natomiast trwałość konwencjonalnych przełączników zależy od budowy (trwałość mechaniczna), jak również od obciążenia elektrycznego (trwałość elektryczna) i jest określona liczbą cykli przełączania. Mechaniczna żywotność nowoczesnych przełączników elektromechanicznych może sięgać kilku milionów cykli przełączania, ale żywotność elektryczna zależy w dużej mierze od obciążenia.

### Rezystancja w stanie włączenia

Jedną z zalet przełączników PhotoMOS jest fakt, iż rezystancja „styku” jest niezależna od obciążenia i pozostaje stała przez cały okres użytkowania przełącznika. Jednakże rezystancja w stanie włączenia ma większą wartość, niż w przełącznikach elektromechanicznych i w zależności od napięcia obciążenia może wynosić nawet kilka omów. W znacznym stopniu zależy ona również od temperatury otoczenia. Jak przykład, na rysunku 3 pokazano rezystancję styku przełącznika AQY212G\_S. W zależności od typu, w najlepszym wypadku dla napięcia obciążenia do 30 V wartość tej rezystancji wynosi ok. 30 m $\Omega$ .



**Rysunek 3. Rezystancja styku AQY-212G\_S**

**PREZENTACJE**

<b>Tabela 1 Porównanie przełączników PhotoMOS i przełączników elektromechanicznych</b>		
<b>Cechy</b>	<b>Przełączniki PhotoMOS</b>	<b>Przełączniki elektromechaniczne</b>
Transmisja sygnału	możliwa	Możliwa
Izolacja galwaniczna pomiędzy obwodami wejścia i wyjścia	tak	tak
Izolacja galwaniczna na wyjściu	nie	tak
Zdolność przełączania prądów AC/DC	tak	tak
Nominalna moc przełączająca dla wersji czułej	znakomita nie więcej niż ok. 0.4 mW	dobra nie więcej niż ok. 50 mW
Zakres napięć obciążenia	bardzo dobry do 1500 V AC/DC	dobry do 600V AC/DC
Zakres prądów obciążenia	dobry do ok. 7 A	bardzo dobry nawet do tysięcy A
Stabilność długoterminowa rezystancji styku w stanie włączenia	bardzo dobra (niezmienna w czasie)	satysfakcjonująca
Odporność na przepięcia/prąd udarowy	Napięciowa słaba/prądowa dobra	bardzo dobra
Napięcie przebicia wejście/wyjście	do 5000 Vrms	ponad 8000 Vrms
Zakres temperatur pracy	dobry od -40°C do +100°C	dobry -40°C do +100°C z określonymi typami
Rezystancja w stanie włączenia	niska zależy od napięcia obciążenia	bardzo niska w zakresie mΩ
Charakterystyki wysokiej częstotliwości	dobre daleko w zakres MHz	bardzo dobre do ok. 30 GHz możliwe z przełącznikami HR
Czas włączania	bardzo dobry ok. 0,1 ms w przypadku prądu diody LED 10 mA	dobry w zakresie ms
Czas wyłączenia	bardzo dobry ok. 10 μs	dobry 0,2 ms
Drgania kontaktów przy włączaniu	nie	tak
Czas życia	bardzo dobry teoretycznie nieograniczony	dobry ok. 1 milion operacji przełączenia zależny od obciążenia
Odporność na wstrząsy i drgania	bardzo duża do 1000G	duża do ok. 75G
Zakłócenia wywołane przełączaniem	brak	tak dostępne wersje z ograniczonym generowaniem zakłóceń
Prąd upływu	mały w zakresie pA w zależności od typu	bardzo mały, praktycznie brak prądu upływu
Objętość komponentu	bardzo mała ekstremalnie kompaktowe obudowy VSSOP, SON, SOP, ...	dobra do satysfakcjonującej zależnie od typu
Zabezpieczenie przeciwzwarciowe	bardzo dobre dostępne wersje z zabezpieczeniem przeciwzwarciowym	brak wysoka odporność na przeciążenia
Cena	niska	bardzo niska
Trend cen	spadek	delikatny spadek

Rezystancja styków przełączników elektromechanicznych jest zmienna w zakresie mΩ i może znacząco zmieniać się w trakcie okresu użytkowania komponentu. Cienkie warstwy tlenków mogą się tworzyć zwłaszcza na stykach otwartego przełącznika, zwiększając rezystancję. Generalnie kilka cykli przełączania pod obciążeniem zniweluje te warstwy i oporność powróci do wartości z karty katalogowej.

**Izolacja galwaniczna**

Ważne, aby dostrzec różnicę pomiędzy izolacją galwaniczną pomiędzy sterowaniem a obciążeniem, a izolacją galwaniczną po stronie obciążenia. Nieprzewodzący półprzewodnik nie zapewnia izolacji galwanicznej od strony obciążenia. Złącze optyczne może zapewnić przynajmniej izolację pomiędzy stroną sterującą a stroną obciążenia. Przełączniki elektromechaniczne mają wyraźne korzyści w tym względzie, ponieważ zapewniają izolację galwaniczną zarówno od strony sterowania (odseparowane obwody sterowania i obciążenia), jak też od strony obciążenia (rozwarci obwodu – przerwa pomiędzy stykami).

W niektórych aplikacjach może to być głównym kryterium, w szczególności w aplikacjach związanych z bezpieczeństwem. W **tabeli 1** zwięźle podsumowano przytoczone rozważania.

Jak przedstawiono, jest wiele zalet i wad poszczególnych technologii. W zależności od wymagań aplikacji, przełącznik półprzewodnikowy albo przełącznik elektromechaniczny może być lepiej dostosowany do konkretnego zastosowania.

W perspektywie średnioterminowej udział w rynku przełączników PhotoMOS z pewnością znacznie wzrośnie, w szczególności w aplikacjach małosygnalowych. Oprócz spadku cen i bardziej kompaktowej budowy, to przede wszystkim zalety techniczne technologii półprzewodnikowej gwarantują jej sukces. Wypróbowane i przetestowane elektromechaniczne przełączniki sygnałowe nadal utrzymują swe znaczenie, są też idealnym uzupełnieniem przełączników PhotoMOS.

**Sebastian Holzinger, Product Manager – PhotoMOS oraz SSR  
Panasonic Electric Works Europe AG, Ottobrunn, Niemcy**