



Czujniki oświetlenia parametry i aplikacje

Coraz większa penetracja urządzeń elektronicznych w naszym życiu, szybko rosnący rynek komunikacji oraz pojawiające się urządzenia IoT powodują, że znaczenie różnego rodzaju sensorów czynników środowiskowych szybko rośnie. Inżynierowie coraz częściej muszą w swoich projektach aplikować takie czujniki i łączyć je w odpowiedni sposób z logiką cyfrową. Niniejszy artykuł skupia się na czujnikach światła, pokazując popularne elementy tego typu dostępne na rynku, ich możliwości i sposoby integracji w aplikacjach.

Wtabeli 1 pokazano podstawowe parametry popularnych czujników światła spotykanych na rynku. Jak widać, ich funkcje użytkowe znacznie się różnią, tak samo jak koszt i zajmowana przez nie wielkość na płycie drukowanej. Najprostszy jest fotorezystor, który jest jednocześnie najstarszy i najtańszy. Popularne wersje tego elementu bazują na siarczku kadmu, zapewniającym wysoką czułość na światło, ale też duży rozrzut parametrów początkowych i zależność sygnału wyjściowego od temperatury i warunków polaryzacji. Droższe fotorezystory wykonuje się z arsenku galu, co pozwala na ich integrację wewnątrz struktury półprzewodnikowej. Niemniej niewielkiej szerokości przerwa zabroniona w tym półprze-

wodniku powoduje, że maksimum czułości takiego elementu przypada na pasmo bliskiej podczerwieni.

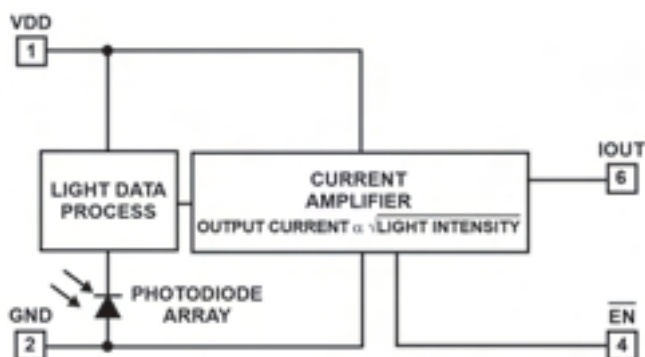
Fotodioda (klasyczna lub PIN) jako czujnik światła to element pracujący w kierunku zaporowym, więc od strony aplikacyjnej używa się jej podobnie jak fotorezystora, czyli jako regulowany element dzielnika napięciowego. Im wyższe napięcie polaryzacji fotodiody, tym jej czułość i liniowość jest lepsza, niemniej rośnie też prąd ciemny i szumy. Uzyskanie wysokiej liniowości fotodiody wymaga dodania układu linearyzacji lub programowej korekcji nieliniowości.

Z kolei fototranzystor to inaczej fotodioda połączona z pojedynczym tranzystorem jako wzmacniaczem. Element ten zapewnia dobrą czułość przy zadowalającej szybkości, nawet dziesięciokrot-

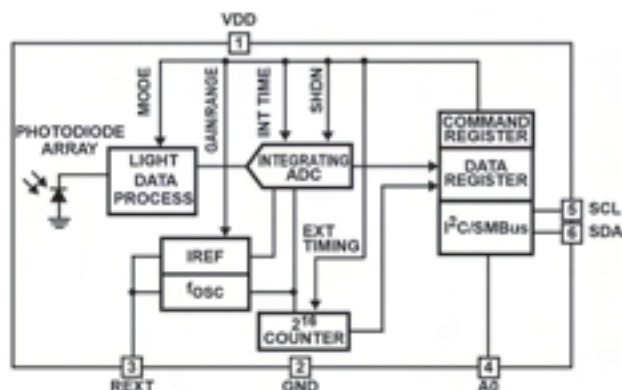
nie większą w porównaniu z fotodiody o takim samym obszarze aktywnym. Niemniej duży rozrzut parametrów powoduje, że zastosowanie fototranzystora wymaga kalibracji i ew. korekcji liniowości. Stąd fototranzystory stosuje się najczęściej jako detektory progowe (ciemno/jasno), bo tam takie obwody nie są konieczne i o ile fotodiody mają duży obszar światłoczuły, to struktury fototranzystorów są niewielkie.

Analogowe czujniki światła ze wzmacniaczem

Niewielkie wymiary sensorów półprzewodnikowych pozwalają na integrację ich razem ze wzmacniaczem w ramach jednej struktury. Przykładem takiego elementu mogą być fotodiody z wbudowanym wzmacniaczem integrującym jak



Rys. 1. Schemat blokowy czujnika analogowego EL 29009 firmy Intersil



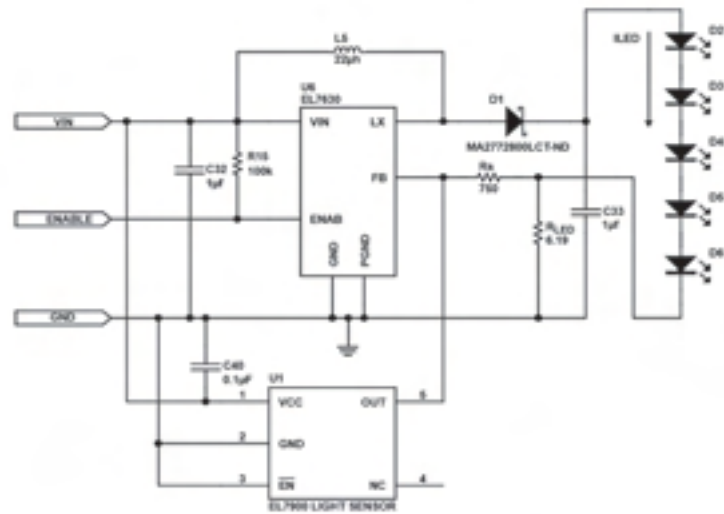
Rys. 2. Czujnik cyfrowy z wbudowanym przetwornikiem ADC

EL 29009 firmy Intersil (rys. 1). Ich cechą charakterystyczną jest wysoka czułość już od 0,3 luksa, aż do 10000 luksów, co pozwala na detekcję światła w bardzo szerokim zakresie. Wbudowany wzmacniacz zapewnia też kompensację temperatury fotodiody i jej niezależność parametrów od wartości prądu ciemnego. Odpowiednio dobrana struktura i charakterystyka wzmacniacza powodują, że charakterystyka spektralna takiego elementu hybrydowego jest zbliżona do tej jaką ma oko ludzkie, co ogranicza potrzebę stosowania zewnętrznych optycznych filtrów odcinających podczerwień oraz ultrafiolet lub przesuwających widmo w stronę koloru zielonego. Maksimum czułości przypada na 550 nm, z oknem spektralnym zawierającym się między 400 a 700 nm. Czujnik światła ze wzmacniaczem wymaga zasilania napięciem 1,8–3,3 V, ale pobierany prąd jest stosunkowo niewielki, zwłaszcza przy słabym oświetleniu. Przy braku światła jest to tylko 250 nA, przy pełnym oświetleniu 9 μ A. Dodatkowo w tym elemencie dostępne jest wyprowadzenie Enable pozwalające na zablokowanie pracy i redukcję prądu zasilającego. Czujnik pracuje w zakresie temperatur od -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$, co pozwala na jego stosowanie także w warunkach przemysłowych. Cena hurtowa czujnika wynosi ok. 0,72 dol. za sztukę, co pokazuje, że gdy policzy się sumaryczne koszty fotodiody lub fotorezystora, wzmacniacza oraz filtru optycznego, zastosowanie EL 29009 może być tańsze.

W ramach serii takich układów dostępne są wersje wyposażone na wyjściu w źródło prądowe lub elementy z wyjściem napięciowym, o małej i dużej czułości, co pozwala na dobranie najlepszego komponentu do pełnionej funkcji.

Czujniki z wyjściem cyfrowym

Omówione powyżej układy integrujące fotodiody i wzmacniacz kondycjonujący sygnał zaliczane są do analogowych czujników światła otoczenia. Oprócz nich na rynku są dostępne elemen-



Rys. 3. Zasilacz do oświetlenia LED może być uzupełniony o czujnik światła praktycznie bez żadnych zmian

ty z wyjściem cyfrowym, gdzie oprócz wzmacniacza kondycjonującego sygnał z sensora światła dodano jeszcze przetwornik analogowo-cyfrowy. Fabryczna kalibracja i pełna kompensacja obwodów analogowych zapewnia to, że na wyjściu otrzymuje się cyfrową wartość proporcjonalną do natężenia oświetlenia.

Atutem cyfrowych czujników jest dokładny 16-bitowy przetwornik ADC z obwodami integrującymi zapewniającymi niewrażliwość na sygnały zakłócające o częstotliwości 50 i 60 Hz pochodzące od świetlówek (wbudowany filtr górnoprzepustowy). Obwody kompensacyjne wzmacniacza analogowego zapewniają charakterystykę spektralną zbliżoną do charakterystyki oka ludzkiego wraz z odcięciem widma od strony podczerwieni i ultrafioletu. Jako sensor wykorzystywana jest fotodiody PIN (rys. 2).

Czułość czujnika może być programowana w jednym z 4 podzakresów, co pokrywa potrzeby większości aplikacji i zawiera się w przedziale od 0,0019 to 8000 luksów. W trybie o najwyższej czułości 1 luks odpowiada cyfrowej wartości 520 na wyjściu przetwornika.

Od strony wyjścia element ma interfejs szeregowy I²C kompatybilny z SMBus. Pomiary mogą być synchroni-

zowane za pomocą linii przerwań, gdzie po wykonaniu pomiaru (co ok. 100 ms) przez ADC generowane jest przerwanie. Czujnik zasilany jest napięciem od 2,25 do 3,63 V (interfejs I²C od 1,7–3,6 V), pobiera maksymalnie 75 μ A podczas pracy i 0,3 μ A w stanie shutdown. Zakres temperatur pracy wynosi -40°C ... $+85^{\circ}\text{C}$. Cena czujnika waha się w zależności od wersji od 0,8 do 1,5 dol. za sztukę.

Oświetlenie LED

Zakres aplikacyjny czujników światła otoczenia jest bardzo szeroki, ale w ostatnich latach wraz z szybkim upowszechnianiem się oświetlenia LED i wzrostem znaczenia zagadnień oszczędności energii coraz istotniejsze staje się dopasowywanie jasności oświetlenia do aktualnych potrzeb w lampach LED i układach podświetlających wyświetlacze LCD.

Wiele sterowników zasilających łańcuchy diod LED ma wejścia umożliwiające regulację jasności świecenia za pomocą PWM. Nierzadko są one niewykorzystywane, a dodanie do nich czujnika z wyjściem analogowym możliwe jest praktycznie bez żadnych zmian układowych (rys. 3).

Patrząc na ceny czujników światła z wbudowanym wzmacniaczem, zarówno analogowych, jak i cyfrowych, widać, że całkowity koszt projektu jest zbliżony do tych zawierających fotorezystory, niemniej parametry użytkowe są znacznie lepsze.

SE Specjal-Electronic Polska
ul. Stępińska 22/30, lokal 209
00-739 Warszawa, tel. 22 840 91 10
info@specjal.pl, www.specjal.pl

Tabela 1. Charakterystyka dostępnych czujników światła

Element	Zakres pomiarowy	Dokładność	Prąd wyj. dla 1000 luksów	Typowy czas odpowiedzi	Funkcja enable
Fotorezystor	1–100 luksów	Niewielka	Różny	50 ms	Brak
Fotodiody	5–50 tys. luksów	Niewielka	3 μ A	5 ns	Brak
Fototranzystor	1–100 tys. luksów	Średnia	1 mA	15 μ s	Brak
Fotodiody z wbudowanym wzmacniaczem	1–100 tys. luksów	Dobra	0,9 mA	0,5 ms	Tak
Kompletny czujnik z wyjściem cyfrowym	0,3–10 tys. luksów	Bardzo dobra	0,3 mA	100 ms	Tak