

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



**[Laboratoria](#)**  
**[.net](#)**  
**[Innowacje](#)**  
**[Nauka](#)**  
**[Technologie](#)**

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## O diagnostyce układów analogowych z cyklu "Nauka movi(e)"

**Dynamiczny rozwój nowych technologii stwarza użytkownikom sprzętu elektronicznego coraz większe możliwości. Oferta i dostępność powiększają się, ale**

**problemy z diagnostyką i awariami pozostają. W Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej na Wydziale EEIA prof. dr hab. Michał Tadeusiewicz i dr hab. Stanisław Hałgas, prof. PŁ pracują nad detekcją uszkodzeń, między innymi, w sprzętach codziennego użytku - telewizorach, czy telefonach.**

### **Czym są układy analogowe?**

Z pojęciami analogowy oraz cyfrowy spotykamy się często w życiu codziennym. Wystarczy przytoczyć kilka nazw urządzeń występujących w połączeniu z tymi przymiotnikami, jak na przykład: zegar, ciśnieniomierz, termometr, telewizja, radio. Podobny podział występuje w zakresie układów  elektronicznych. Dwie zasadnicze kategorie to układy analogowe i cyfrowe. Oprócz nich często wyróżnia się tzw. układy mieszane zawierające część analogową i cyfrową na wspólnym podłożu.

Układy analogowe to w uproszczeniu takie, które umożliwiają przetwarzanie sygnałów analogowych, to znaczy wielkości określonych w każdej chwili czasu i posiadających nieskończony zbiór wartości. Z kolei układy cyfrowe przystosowane są do przetwarzania sygnału cyfrowego, będącego zwykle odpowiednio zakodowanym przybliżeniem sygnału analogowego w dyskretnych chwilach czasu i przyjmującym wartości z określonego zbioru. Przetwarzanie sygnałów jest znacznie łatwiejsze w dziedzinie cyfrowej z uwagi na olbrzymie możliwości obliczeniowe, które ta technika oferuje.

### **Jaki jest zakres zastosowań układów analogowych?**

We współczesnej elektronice dominują układy cyfrowe, a ich dynamiczny rozwój rozpoczął się w latach 70. ubiegłego wieku. Cyfrowy zapis dźwięku, czy obrazu wykorzystujemy słuchając muzyki z płyt CD, oglądając filmy Blu-Ray, czy zdjęcia w formacie JPG. Wydawać by się mogło, że dynamiczny rozwój urządzeń elektronicznych wykorzystujących technikę cyfrową sprawi odejście układów analogowych do lamusa. Tak jednak nie jest. Otaczający nas świat jest „analogowy” w swej naturze. Z obserwowanego obiektu do obserwatora płynie ciągły strumień danych. Każde współczesne urządzenie elektroniczne wyposażone w sensory (np. telefon, tablet, aparatura medyczna) wykorzystuje układy analogowe w celu wzmocnienia otrzymywanych sygnałów analogowych oraz ich filtracji. Dynamiczny rozwój Internetu rzeczy (ang. Internet of Things, IoT) wymaga rozwoju układów elektronicznych w systemach informatycznych, biomedycynie, zarządzaniu energią, telekomunikacji itp. Ostatnie osiągnięcia w zakresie układów analogowych, ich integracji i miniaturyzacji, wnoszą ogromny wkład do postępu w tej dziedzinie. Tak więc, pomimo iż około 90% obecnie wykorzystywanych układów to układy cyfrowe, byłyby one w wielu przypadkach bezużyteczne, gdyby nie współpracowały z odpowiednio zaprojektowaną częścią analogową.

### **Co kryje się pod pojęciem diagnostyki układów analogowych?**

Produkcja współczesnych układów elektronicznych jest procesem bardzo złożonym i wymaga spełnienia niezwykle restrykcyjnych wymagań. Nawet niewielkie odstępstwa od ustalonego reżimu

produkcyjnego mogą powodować rozrzut technologiczny parametrów, a w pewnych przypadkach poważne defekty katastroficzne. W rezultacie układ może nie spełniać specyfikacji projektowych,  co skutkuje jego eliminacją. Uszkodzenia elementów układu mogą również następować w wyniku starzenia się materiałów, przegrzania, naprężeń, itp. Diagnostyka układów analogowych obejmuje detekcję uszkodzeń, czyli sprawdzenia czy układ funkcjonuje zgodnie z założeniami projektowymi, lokalizację elementów uszkodzonych oraz identyfikację, czyli określenie wartości uszkodzonych parametrów. Detekcję uszkodzenia najczęściej wykonuje się gdy nie jest ważne, który element jest uszkodzony, a jedynie chodzi o odrzucenie układów niesprawnych. W takim przypadku układ elektroniczny jest traktowany jak czarna skrzynka, bez wnikania w jego strukturę. Lokalizacja uszkodzenia w układach scalonych jest potrzebna do skorygowania procesu produkcyjnego. Identyfikacja uszkodzonego elementu dostarcza projektantom cennych informacji na etapie przedprodukcyjnym.

### **Dlaczego diagnostyka układów analogowych jest kluczowym problemem projektowania i eksploatacji układów elektronicznych?**

Koszt diagnostyki stanowi do 70% kosztów produkcji współczesnych układów scalonych. Szacuje się, że do 90% całkowitych kosztów testowania układów mieszanych, zawierających bloki analogowe i cyfrowe, pochłaniają koszty testowania części analogowej. Do testowania układów cyfrowych stosuje się procedury znane od ponad trzydziestu lat i systematycznie udoskonalane. W przypadku układów analogowych, gdzie problem jest nieporównanie trudniejszy, brak jest ogólnych standardów diagnostycznych i technik testowania.


Postęp technologiczny w zakresie produkcji układów elektronicznych jest ogromny. Trzeba być jednak świadomym tego, że każda nowa technologia wprowadza nowe typy uszkodzeń, nie występujące lub nieistotne w poprzedniej generacji. Stawia to nieustannie nowe wyzwania zarówno przed inżynierami projektantami, jak i naukowcami oraz wzmaga presję na szybkie opracowywanie narzędzi badawczych w tej dziedzinie. Jest to zjawisko, które przypomina projektowanie leków w warunkach, gdy wywołujący chorobę wirus ciągle mutuje.

### **Na jakim etapie poznawczym i aplikacyjnym jest aktualnie diagnostyka układów analogowych?**

Poszukiwanie efektywnych procedur diagnostyki układów analogowych rozpoczęło się na szerszą skalę w latach 80. XX wieku. Dysponujemy dziś ogromnym materiałem badawczym z tej dziedziny, wnoszącym znaczny wkład do nauki, ale nie przełożyło się to na istotne osiągnięcia aplikacyjne. Można przypuszczać, że nie da się osiągnąć, wzorem układów cyfrowych, jednolitych procedur opartych na wspólnej idei, zdolnych diagnozować uszkodzenia w układach analogowych, ale tworzone będą różne procedury do testowania pewnych kategorii uszkodzeń i typów układów. Zainteresowanie omawianą problematyką wzrasta. W ciągu ostatnich dwóch lat (2015-16) zarejestrowano w bazie SCOPUS 446 prac poświęconych diagnostyce układów analogowych, w tym 180 artykułów w periodykach naukowych.

### **Jaki jest panów wkład w rozwiązanie problemu?**

Diagnostyka układów analogowych jest naszym głównym tematem badawczym od 2010 roku, ale

pewne prace z tego zakresu prowadziliśmy wcześniej. Aktualnie tematyka ta jest realizowana w zespole, w którego skład wchodzi: prof. Michał Tadeusiewicz, dr hab. Stanisław Hałas, prof. PŁ, dr inż. Andrzej Kuczyński, dr inż. Marek Ossowski, dr inż. Marek Korzybski, st. technik Andrzej Wrona. Opracowaliśmy wiele oryginalnych metod dotyczących różnych aspektów diagnostyki układów analogowych, ze szczególnym uwzględnieniem układów scalonych projektowanych w technologii mikro i nanometrowej. W naszych pracach uwzględnialiśmy rozrzut technologiczny elementów nieuszkodzonych, ograniczony dostęp do punktów pomiarowych, niepewność mierzonych odczytów i inne czynniki wpływające na wiarygodność opracowanych metod. Stosowaliśmy szeroki wachlarz narzędzi badawczych: metody analizy numerycznej, programowania liniowego, optymalizacji, koncepcje teorii obwodów i sygnałów. Sięgnęliśmy również po narzędzia sztucznej inteligencji. Rezultaty badań publikowaliśmy między innymi w czasopismach o wysokiej renomie  i światowym zasięgu z listy JCR: "IEEE Transactions on Circuits and Systems", "IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement", "International Journal of Circuit Theory and Applications, Circuit Systems and Signal Processing", "Journal of Electronic Testing, Analog Integrated Circuits and Signal Processing", "Metrology and Measurement Systems". Ostatnio za artykuł autorstwa: M. Tadeusiewicz, A. Kuczyński, S. Hałas, opublikowany w "Circuits Systems and Signal Processing" (Birkhäuser, Springer, New York) przyznane zostały dwie nagrody w kategorii „The best paper award”.

### **Jakie są perspektywy powstania skutecznych procedur diagnostycznych układów analogowych?**

Żeby odpowiedzieć na to pytanie, należy wspomnieć o niektórych trudnościach, które radykalnie komplikują zadanie. Komponentami współczesnych układów scalonych są tranzystory MOS będące elementami półprzewodnikowymi charakteryzowanymi za pomocą modeli zawierających wiele parametrów wzajemnie oddziałujących na siebie i opisanych przy użyciu kilkuset równań. W rezultacie nawet prosty układ złożony z kilku tranzystorów ma bardzo skomplikowany opis matematyczny. W układzie mogą występować różnego rodzaju uszkodzenia, a ponadto rozrzut technologiczny parametrów nieuszkodzonych może maskować rzeczywiste defekty. Do tego należy dodać małą dostępność pomiarową w układach scalonych oraz niepewność odczytów mierzonych wielkości. W tych warunkach kompleksowe rozwiązania problemu diagnostycznego obejmującego detekcję, lokalizację i identyfikację uszkodzeń jest mało prawdopodobne. Należy raczej oczekiwać rozwiązań cząstkowych polegających na opracowaniu pewnych standardów dotyczących określonych kategorii uszkodzeń i klas układów.

### **Warto być naukowcem, ponieważ...**

Tworzenie nowych idei i oryginalnych rozwiązań problemów, nad którymi prowadzone są prace w światowych ośrodkach badawczych daje satysfakcję i poczucie wkładu do dorobku cywilizacyjnego. Dotyczy to zarówno działalności wdrażanej do praktyki jak i osiągnięć teoretycznych tworzących fundament, na którym opierają się przyszłe aplikacje, bowiem zgodnie ze znanym powiedzeniem Ludwiga Boltzmana „najbardziej praktyczną rzeczą jest dobra teoria”. Warto być naukowcem, o ile jest to poparte silną motywacją i predyspozycjami do pracy naukowej. Wymaga to pasji, poświęcenia i koncentracji.

**Artykuł został opublikowany w cyklu "Nauka movi(e)", na stronie internetowej**

[www.p.lodz.pl](http://www.p.lodz.pl). <http://laboratoria.net/felieton/26872.html>

**Informacje dnia:** [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego](#) [Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy](#) [Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej](#) [Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#) [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego](#) [Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy](#) [Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej](#) [Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#) [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego](#) [Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy](#) [Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością](#) [Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej](#) [Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci](#) [Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#)

## **Partnerzy**