

Jan LALEK

KALIBRACJA MONITORÓW GRAFICZNYCH

STRESZCZENIE *W referacie zostaną omówione czynniki wpływające na kalibrację monitorów CRT i LCD, problemy podczas konstrukcji przyrządów pomiarowych do kalibracji monitorów, jak również wpływ standardów komputerowych na błędy kalibracji.*

Słowa kluczowe: *kalibrator monitora, CRT, LCD, DVI*

1. WSTĘP

Niezwykłe dynamiczny rozwój elektronicznych form komunikowania się doprowadził do sytuacji, że monitor komputera stał się bardzo ważnym elementem tego procesu. Po otrzymaniu wiadomości tekstowej lub graficznej, z reguły widzimy ją po raz pierwszy na ekranie monitora. W przypadku pracy z tekstem, rodzaj i jakość monitora nie ma praktycznie żadnego wpływu na przekazywane treści. Pod słowem „jakość” mam na myśli nie jakość wykonania urządzenia, ale jakość obrazu, który widzimy, czyli w szczególności jego jasność, kontrast, wierność oddania barw i tzw. „linii szarości”, itp.

Jakość monitora ma podstawowe znaczenie w tzw. zastosowaniach graficznych.

mgr Jan LALEK
e-mail: j.lalek@lafot.com

LAFOT
ul. Poznańska 70
62-040 Puszczykowo

Dynamiczny rozwój fotografii cyfrowej i cyfrowych technik obróbki obrazów i wydruku spowodował, że monitor graficzny stał się jednym z najważniejszych elementów całego łańcucha, którego każdy element ma wpływ na jakość końcowego produktu, którym z reguły jest wydruk na różnego rodzaju mediach, jak papier, papier fotograficzny, tkanina, folia, porcelana, metal itp.

Na dzień dzisiejszy nie ma żadnej możliwości zapanowania nad jakością monitorów bez ich kalibracji za pomocą wysokiej jakości przyrządów i oprogramowania. Dlatego postanowiliśmy skonstruować takie urządzenie. Podstawowym celem projektu było opracowanie precyzyjnego, szybkiego przyrządu - pozwalającego kalibrować wszystkie typy monitorów graficznych, przy możliwie niskim koszcie wykonania w produkcji seryjnej.

2. WŁASNOŚCI MONITORÓW

Do obróbki graficznej używane są monitory CRT (kineskopowe) i LCD. (matrycowe). Każdy z nich ma swoje wady i zalety. Monitory CRT dają obraz bardziej równomierny na całej powierzchni obrazu, ale nie osiągają tak wysokiej jasności i kontrastu jak monitory LCD – ich przestrzeń barw to sRGB. W monitorach LCD stało się możliwe wyświetlanie praktycznie prawie wszystkich kolorów z przestrzeni barw Adobe RGB. Osiągana luminancja powyżej 300 cd/m² pozwala na pracę nawet w jasnych pomieszczeniach. Do tego mniejsza masa i rozmiary spowodowały, że tradycyjne monitory kineskopowe wycofano z produkcji.

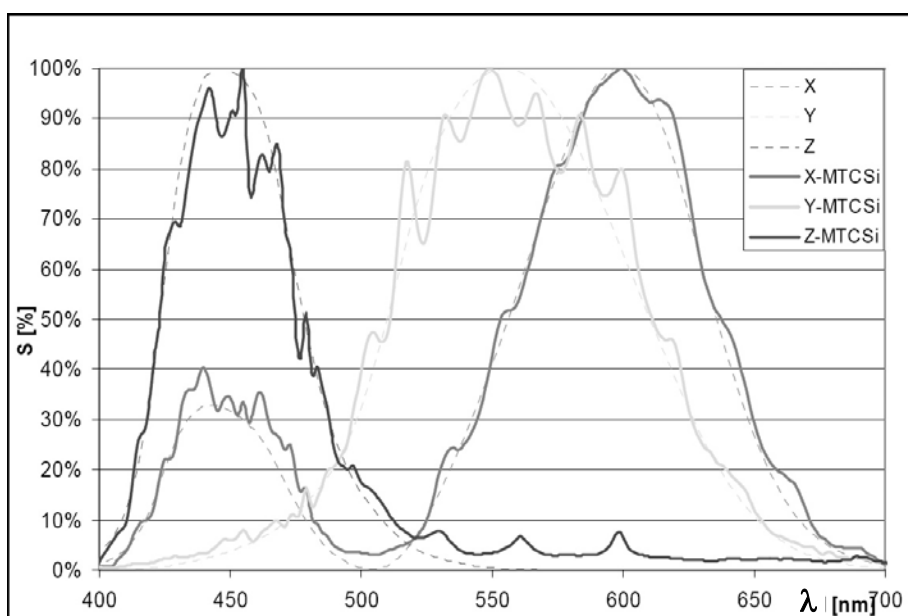
Główne problemy i własności monitorów LCD, które należy wziąć pod uwagę przy konstrukcji przyrządów pomiarowych:

- Duża zależność obrazu od kąta obserwacji – przy średniej klasy matrycach obraz jest „użyteczny” dla grafika tylko wtedy, gdy patrzymy na niego w osi ekranu. Zmiana pozycji obserwacji o kilka stopni od osi powoduje zmniejszenie lub zwiększenie kontrastu i powstanie dominant barwnych. Najwyższej klasy monitory oparte o matryce IPS zapewniają najlepszą jakość obrazu, ale ich wysoki koszt wytwarzania powoduje, że większość użytkowników wybiera tańsze modele o nieco gorszych parametrach. Wysokiej klasy monitory graficzne mają bardzo rozbudowany system kompensacji przebarwień powierzchniowych obrazu.
- Światło emitowane przez monitor LCD jest spolaryzowane.
- Duża zmienność w czasie źródeł światła używanych do podświetlenia matrycy LCD.

- Rozkład spektralny emitowanego przez monitor światła jest zależny od typu oświetlacza i charakteryzuje się występowaniem stosunkowo wąskich pików.
- Wysoki kontrast nawet powyżej 1000:1.
- Regulacja jasności monitora jest realizowana przez zmianę współczynnika wypełnienia w układzie zasilającym oświetlacz w zakresie ok. 10-100% i częstotliwości w zakresie 100-200 Hz.

3. KONSTRUKCJA KALIBRATORA LMC 04

Wszystkie przedstawione powyżej czynniki zostały wzięte pod uwagę podczas konstruowania kalibratora monitorów LMC 04. Jako sensor został użyty zintegrowany czujnik koloru firmy MAZeT GmbH, typ: MTCSiCT. Rysunek 1 przedstawia charakterystyki czułości widmowej tego czujnika.



Rys. 1. Charakterystyki czułości widmowej sensora koloru MTCSiCT

Czujnik ten charakteryzuje się średnim dopasowaniem charakterystyk do krzywych teoretycznych, ale jego niska cena i dobre parametry elektroniczne, pozwalające uzyskać wysoką czułość i dużą dynamikę pomiarów – zdecydowały o ostatecznym wyborze. Pomimo faktu, że nieco „postrzępione” charak-

terystyki sensora w złożeniu ze stromymi zboczami światła monitorów zwiększają błąd pomiaru, to testy praktyczne potwierdziły w pełni trafność dokonanego wyboru. W stosunku do innych prostych kalibratorów monitorów, kalibrator LMC 04 zbudowany w oparciu o sensor MTCSiCT daje dużo lepsze wyniki.

Aby zminimalizować błędy wywołane przez wpływ kąta pomiaru na charakterystyki czujnika – wiązka mierzonego światła została ograniczona do 10° , poprzez zastosowanie układu przysłon. Przyjęcie takiego rozwiązania symuluje jednocześnie typowy układ, w jakim pracuje grafik z monitorem graficznym, co wydatnie zmniejsza błąd kalibracji monitorów niezależnie od charakterystyki katowej użytej matrycy monitora. Ograniczenie kąta pomiaru powoduje, że przy zalecanych w normalnej pracy luminancjach monitorów graficznych - sensor dostarcza nam fotoprąd rzędu zaledwie kilkudziesięciu pA.

Elektronika zastosowana w kalibratorze LMC 04 pozwala mierzyć luminancję do 500 cd/m^2 z częstością kilkunastu pomiarów na sekundę. Tak samo szybko mierzone są czernie monitorów, dla których poziom luminancji spada nawet do poziomu $0,1 \text{ cd/m}^2$. Pozwala to szybko i dokładnie mierzyć monitory o kontraście 3000:1. Jeden pomiar składa się z kilkuset pojedynczych pomiarów, co w pełni eliminuje błędy pomiaru mogące być wynikiem modulacji światła monitora.

Praktyczna dynamika układu pomiarowego wynosi 16 bitów. W czerniach dobrych monitorów LCD zachodzi konieczność pomiaru fotoprądu nawet na poziomie $0,1 \text{ pA}$. Zasilanie i przekazywanie danych do komputera odbywa się poprzez złącze USB.

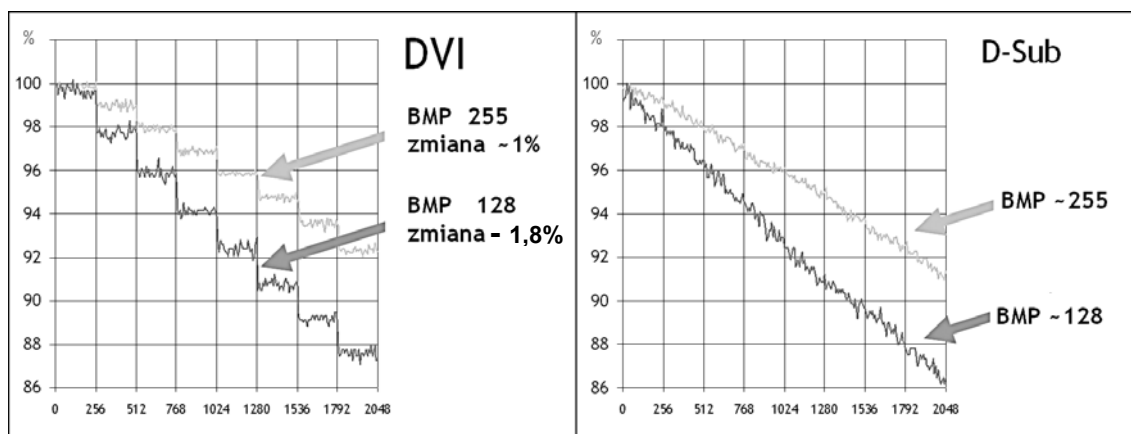
Niewielkie rozmiary, wysoka czułość, duża szybkość pomiarów, niewielki pobór mocy, duża dynamika i powtarzalność pozwalają na zastosowanie układu pomiarowego kalibratora monitorów w wielu innych urządzeniach służących do pomiaru kolorów.

4. WPŁYW ZŁĄCZA MONITOR-KOMPUTER NA JAKOŚĆ OBRAZU MONITORA GRAFICZNEGO

Wytwarzany przez nas kalibrator monitorów jest używany przez wielu naszych klientów, którzy oczekują, że po kalibracji wszystkie monitory będą praktycznie identycznie odtwarzać kolory. Szczególnie tzw. szarość będzie taka sama na każdym stanowisku pracy. Okazało się, że wystąpiły przypadki, w których dwa identyczne monitory po kalibracji miały nieco inny odcień

szarości, jak również występowały niewielkie przebarwienia niektórych części obrazu w zależności od gęstości. Problem ten jest najbardziej widoczny w obrazach monochromatycznych.

Po dokładnej analizie problemu i pomiarach okazało się, że przyczyną tych nieprawidłowości jest złącze, poprzez które został podłączony monitor do komputera. Jeden z monitorów był podłączony poprzez złącze cyfrowe DVI a drugi za pomocą tradycyjnego łącza analogowego D-Sub (rys. 2).



Rys. 2. Wykresy z pomiarów monitorów podłączonych z komputerem poprzez złącze cyfrowe DVI i analogowe D-Sub

Na osi poziomej zaznaczono względną zmianę wartości w 16 bitowej tabeli LUT karty graficznej monitora

Przeprowadzone przez nas pomiary potwierdziły to, co wynika ze specyfikacji złącz.

Złącze cyfrowe DVI, które stało się w chwili obecnej najbardziej popularnym standardem podłączenia monitora do komputera, przekazuje sygnał z rozdzielczością tylko 8 bitów na każdy z kanałów RGB. Typowa gamma dla monitorów wynosi 2,2 - co daje najmniejszy możliwy skok w danym kanale w zakresie tonów średnich (BMP 128) na poziomie 1,8%, w pobliżu bieli (BMP 255) jest nieco lepiej – 0,9%. Pomiary wykonane dla kilku typów kart graficznych w pełni potwierdziły ograniczenia wynikające ze specyfikacji DVI, co w szczególnych przypadkach może doprowadzić do rozbieżności pomiędzy kanałami RGB monitora wynoszącej nawet 3,6%. Tak duży błąd kalibracji jest natychmiast zauważony nawet przez mało doświadczzonego obserwatora.

Badania wykonane na monitorach podłączonych poprzez złącze analogowe pokazały, że rozdzielczość tego złącza wynosi 10 bitów na kanał, co daje nam czterokrotnie większą dokładność kalibracji monitora w stosunku do złącza cyfrowego DVI.

5. PODSUMOWANIE

Z powyższych rozważań wynika, że nie wystarczy skonstruować precyzyjny przyrząd, aby jego zastosowanie w danej dziedzinie dało oczekiwany rezultat. Brak podstawowej wiedzy z zakresu pomiaru kolorów i kalibracji urządzeń wykorzystywanych w fotografii, poligrafii i obróbce graficznej doprowadziło do wielu nieporozumień i powstania mitów na ten temat. Dla wielu użytkowników monitorów jedynym źródłem wiedzy są informacje przekazywane przez handlowców, dla których najważniejszym celem jest osiągnięcie planowanego poziomu sprzedaży.

Konstruowanie przyrządów pomiarowych bazujących na tanich i odpowiednich jakościowo elementach pomiarowych – przy wsparciu przez dobre i proste w obsłudze oprogramowanie – pozwoli na większą niż dotychczas kontrolę nad kolorem.

LITERATURA

1. Katalog firmowy MAZeT GmbH, Data Sheet MTCSiCT, JENA, 2007-08-01

Rękopis dostarczono, dnia 04.04.2008 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Maciej Rafałowski

GRAPHICAL MONITORS CALIBRATION

Jan LALEK

ABSTRACT *The following paper deals with the factors that influence CRT and LCD monitor calibration, as well as the construction problems of monitor controls and the dependence of the calibration errors on the types of monitor connector which is being used.*

Mgr Jan Lalek, ur.15.08.1955 w Rymanowie. W 1978 r. ukończył fizykę w WSP Kraków. Przez siedem lat pracuje jako nauczyciel fizyki w szkole. W 1986 roku zakłada firmę LAFOT, której jest właścicielem i głównym pomysłodawcą w zakresie konstruowanych urządzeń. Już podczas studiów jego zainteresowania skupiły się na fotografii, elektronice i optyce. LAFOT od ponad 20 lat dostarcza na rynek urządzenia dla laboratoriów fotograficznych takie jak analizatory barw, minilaby, minilaby cyfrowe, skanery, kalibratory monitorów i drukarek, oprogramowanie do obróbki graficznej i generowania profili ICC.

