

Poprawna aplikacja wyświetlacza OLED

Wyświetlacze OLED coraz wyraźniej zaznaczają swoją pozycję na rynku i już niebawem mogą stać się dominującym produktem w zastosowaniach zarówno przemysłowych, jak i powszechnych. Cechuje je bardzo wysoki kontrast i energooszczędność nieosiągalna dla wyświetlaczy LCD. Nowe technologie wymagają jednak nowych rozwiązań.

W artykule omówiono podstawy poprawnego korzystania z tego typu wyświetlaczy oraz rozwiązania praktyczne mające na celu zapewnienie ich długiej żywotności. Skupiono się przede wszystkim na monochromatycznych wyświetlaczach alfanumerycznych oraz graficznych. Dystrybucją takich wyświetlaczy w Polsce zajmuje się Unisystem, przedsiębiorstwo reprezentujące tajwańskiego producenta Winstar, który jako pierwszy wyprodukował linię organicznych wyświetlaczy o długiej żywotności.

Piksel pikselowi nierówny, czyli geneza różnic

Od początku pojawienia się i zastosowania w wyświetlaczach, technologia organicznych diod elektroluminescencyjnych (Organic Light-Emitting Diode) obrosła w wiele mitów, a jednym z najbardziej rozpowszechnionych jest szybkie i nierównomierne „wypalanie się” pikseli. Jak w każdym micie, jest w nim ziarenko prawdy, jednak temat jest nieco bardziej złożony i wymaga gruntownego omówienia.

Oczywiście, piksele w wyświetlaczach OLED „wypalają się” w czasie pracy, ale należy sobie zdawać sprawę z tego, że to samo zjawisko zachodzi również w wyświetlaczach LCD. Rzeczywiście, do niedawna wyświetlacze OLED charakteryzowały się mniejszą trwałością w porównaniu do swoich ciekłokrystalicznych odpowiedników, jednak przestało to być aktualne, gdy Winstar wyprodukował serię wyświetlaczy, których trwałość wielokrotnie przewyższała trwałość produktów dotychczas dostępnych w handlu. Aktualnie czas życia wyświetlaczy tego producenta, określany jako czas spadku jasności do 50% wartości początkowej, to nawet 100 tys. godzin.

Pomimo porównywalnych czasów życia obu typów wyświetlaczy, istnieje pewna kluczowa różnica w ich zużywaniu się, która leży

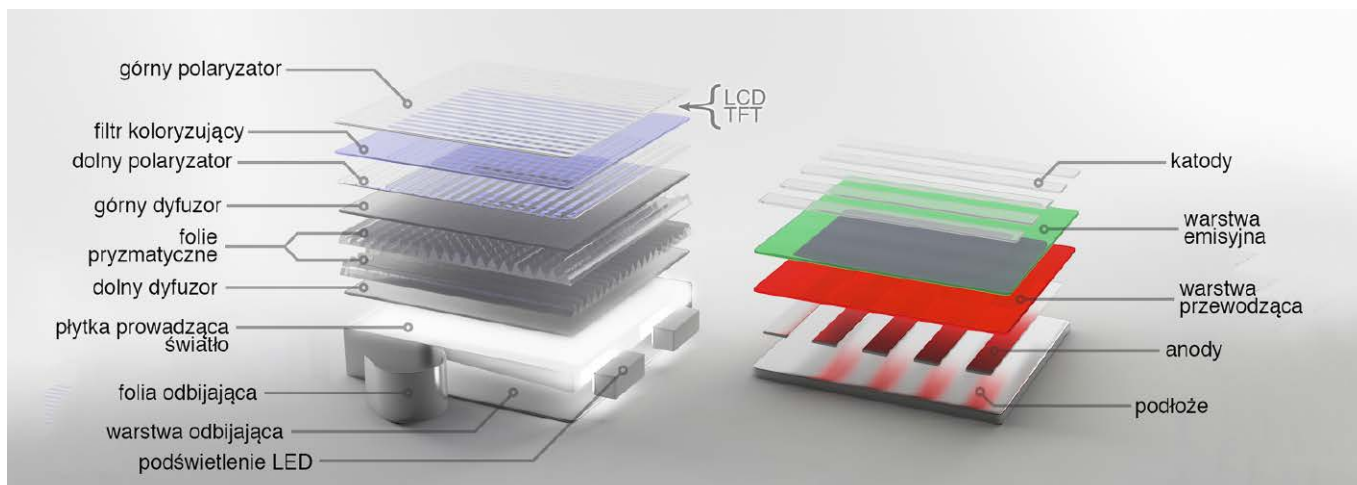
u podstaw ich budowy. Mianowicie, w wyświetlaczach LCD „wypalaniu” ulega jednocześnie całe podświetlenie ekranu. W technologii OLED nie ma podświetlenia matrycy, ponieważ każdy piksel sam emituje światło. Porównanie budowy obu typów wyświetlaczy zobrazowano na **rysunku 1**.

W wyświetlaczach LCD wykorzystuje się podświetlenie w formie szeregow diod LED, które równomiernie oświetlają całą jego powierzchnię dzięki kombinacji różnego typu folii refleksyjnych, dyfuzorów i folii pryzmatycznych. W tego typu wyświetlaczach jasność spada równomiernie na całej ich powierzchni w miarę „wypalania się” diod, a sama budowa podświetlenia jest bardzo skomplikowana ze względu na dużą liczbę warstw.

Zasada działania wyświetlaczy OLED bazuje na wykorzystaniu emisji promieniowania elektromagnetycznego podczas przejścia elektronu na niższy poziom energetyczny. To przejście uzyskuje się poprzez wymuszenie rekombinacji elektronów i dziur. Dlatego „wypalaniu” ulega nie cały wyświetlacz, a jedynie obszary aktualnie emitujące światło. Dodatkowym atutem jest prostsza budowa, a więc mniej elementów narażonych na uszkodzenie. Takie wyświetlacze wymagają użycia o połowę mniejszej liczby warstw niż LCD. Podsumowując: w wyświetlaczach ciekłokrystalicznych „wypala się” całe podświetlenie matrycy, a w technologii OLED każdy piksel z osobna. Pojawianie się różnicy w jasności poszczególnych pikseli matrycy OLED jest możliwe, lecz nie jest wynikiem wady wyświetlacza, a jedynie jego cechą. Istotne jest też, że pojawienie się różnicy jasności nie jest nieuniknione, jeżeli wyświetlacz jest używany we właściwy sposób, co zostało omówione dalej. Zanim jednak do tego przejdziemy, należy zbudować stosowne podstawy teoretyczne.

O kontraście słów kilka – czyli podstawy teoretyczne

Podstawą umiejętnego użycia wyświetlaczy OLED jest znajomość zjawisk fizycznych determinujących odbierany przez nas obraz. Pierwszą istotną kwestią jest fakt, że ludzkie oko nie jest zbyt efektywne w bezwzględnym rozpoznawaniu barw i jasności, ale za to jest bardzo dobre w ich porównywaniu. Aby to sobie uzmysłowić, wystarczy spojrzeć na **rysunek 2**.



Rysunek 1. Porównanie budowy wyświetlaczy LCD oraz OLED



Rysunek 2. Kontrast bezwzględny i względny

Gdy kwadraty A i B znajdują się daleko od siebie, trudno jest stwierdzić różnicę w ich kolorze, jednak gdy zostaną umieszczone tak, że stykają się bokami, od razu staje się widoczne to, że kwadrat B jest nieco ciemniejszy. Tak samo dzieje się, gdy sąsiadujące grupy pikseli różnią się intensywnością – łatwo jest to dostrzec. Zjawisko to trafnie opisuje prawo Webera–Fechnera, które mówi, że na naszą percepcję oddziałuje nie arytmetyczna różnica pomiędzy wielkością bodźców, a stosunek porównywanych wielkości. Widziany przez nas kontrast można w praktyce zdefiniować jako:

$$C = \frac{L(B) - L(O)}{L(B)}$$

gdzie:

C – kontrast,

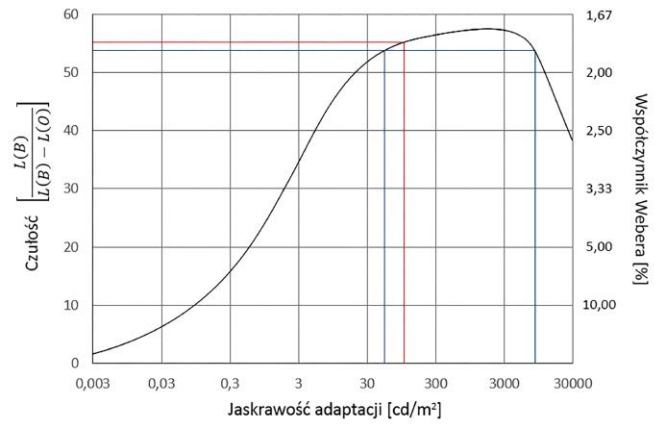
L(B) – luminacja tła,

L(O) – luminacja obiektu.

Przy założeniu, że luminacja obiektu jest mniejsza od luminacji tła, wartość kontrastu zawiera się w przedziale od 0 do 1. Wartość progową kontrastu, po przekroczeniu której oko dostrzega różnicę luminacji, nazywa się współczynnikiem Webera, który przeważnie wyraża się procentowo, jak na wykresie zamieszczonym na **rysunku 3**. Odwrotność kontrastu nazywa się stopniem czułości oka.

Przy zastosowaniu tego prawa do wyświetlaczy OLED, kluczowe będzie określenie najmniejszej dostrzegalnej różnicy luminacji i odniesienie jej do różnicy w czasie świecenia sąsiadujących obszarów pikseli. Wartość tę nazywa się też progiem czułości kontrastowej oka lub progiem kontrastu. Prawo Webera–Fechnera jest prawem fenomenologicznym, a więc bazującym na obserwacjach praktycznych.

Na rysunku 3 pokazano wykres czułości oka w funkcji jaskrawości adaptacji, który jest odwzorowaniem owych obserwacji i testów statystycznych. Oś pionowa wykresu (czułość) określa różnicę luminacji tła i obiektu, która może być wykryta przez oko dla danego zakresu jaskrawości adaptacji (oś pozioma). Z wykresu wynika,

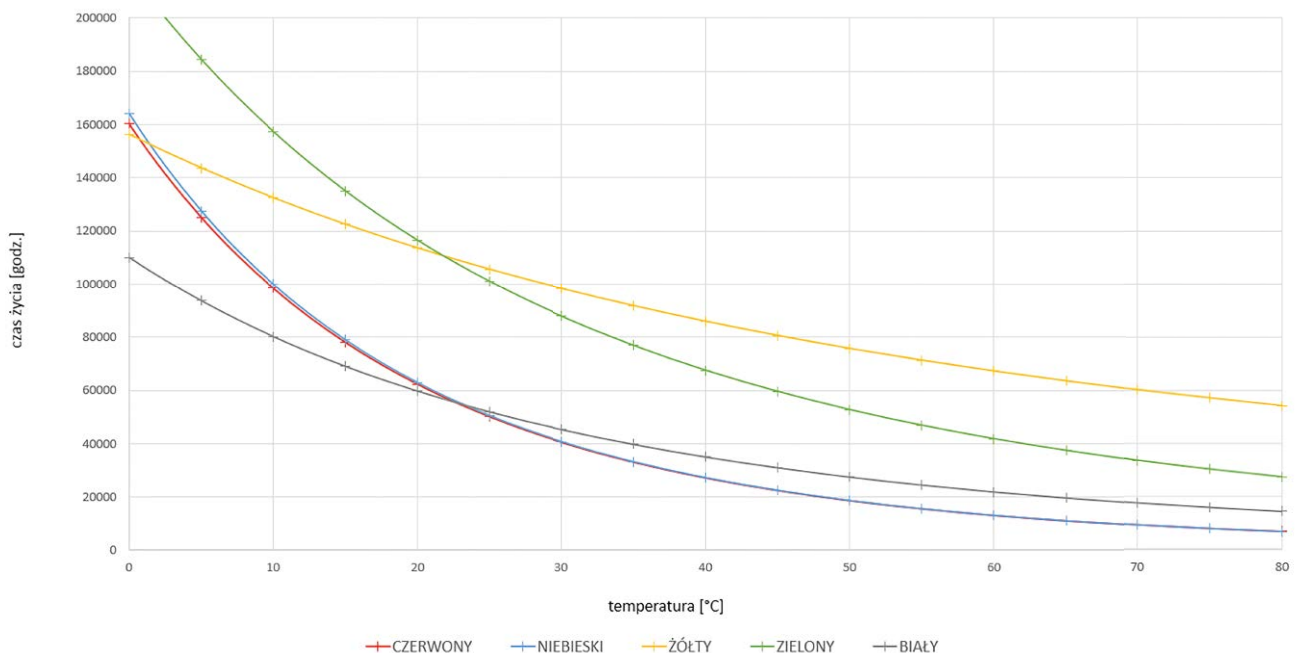


Rysunek 3. Czułość oka na różnicę luminacji w funkcji jaskrawości adaptacji

że w wypadku najbardziej popularnej wśród monochromatycznych OLED-ów jasności 100 cd/m² (zaznaczona czerwoną linią) współczynnik Webera wynosi poniżej 2%. Ważnym wnioskiem płynącym z obserwacji jest też fakt, że dla całego przedziału 50–10 000 cd/m² (zaznaczony niebieskimi liniami), odpowiadającego zakresowi luminacji widzenia dziennego, wartość współczynnika Webera utrzymuje się mniej więcej na tym samym poziomie, co potwierdzają badania Unisystemu. W praktyce, biorąc pod uwagę budowę oka i zjawiska optyczne, przyjmuje się w całym tym przedziale współczynnik na poziomie około 2%. Kolejnym wnioskiem płynącym z analizy wykresu jest nieliniowy przyrost kontrastu w funkcji jaskrawości adaptacji. Wywnioskować można, że wraz z przyrostem jasności tła konieczna jest również większa różnica między luminacją tła i obiektu, aby została ona wykryta. Odnosząc tę zależność do wyświetlaczy, można dojść do konkluzji, że wraz ze wzrostem jasności wyświetlacza, aż do pewnej wartości progowej, spada wrażliwość na kontrast.

Gołym okiem – wykrywalna różnica luminacji

Przyjmując współczynnik Webera na poziomie 2% (a więc odpowiadający czułości równej 50), określona zostanie maksymalna różnica w czasie świecenia sąsiadujących obszarów, która nie zostanie zauważona. Na potrzeby artykułu nazwano ją czasem dyferencji i wyrażono w godzinach.



Rysunek 4. Czas życia wyświetlaczy OLED w funkcji temperatury

W notach katalogowych wyświetlaczy zazwyczaj znajdują się dane o czasie, po którym jasność wyświetlacza spadnie do 50%. Istotne jest jednak, że ten czas jest podany dla określonych warunków pracy (25°C) oraz że istnieje szereg elementów rzutujących na tę wartość. Głównym źródłem odchylenia czasu pracy wyświetlacza jest temperatura pracy. Różnice mogą tu sięgać rzędu setek procent w zależności od typu ekranu oraz temperatury. Czas życia wyświetlacza w funkcji temperatury opisuje równanie:

$$t = t_0 \cdot \exp\left\{\frac{E_a}{k} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right\}$$

gdzie:

t – czas życia,

t₀ – czas życia w temperaturze 298,15 K (25°C),

E_a – energia aktywacji,

k – stała Boltzmanna,

T – temperatura otoczenia,

T₀ – temperatura 298,15 K (25°C).

Energia aktywacji jest w tym przypadku wielkością bariery potencjału, która musi zostać pokonana przez układ, aby doszło do emisji światła. Różni się ona w zależności od typu wyświetlacza i jego struktury.

Wykres czasu pracy wyświetlaczy w zależności od temperatury pokazano na **rysunku 4**. Wynika z niego, że im niższa temperatura, tym dłuższy czas pracy wyświetlacza, niezależnie od jego koloru. Największe różnice w czasie pracy można zaobserwować dla wyświetlaczy zielonych, niebieskich oraz czerwonych. Wartość jasności wyświetlacza (w stałej temperaturze pracy) w funkcji czasu można aproksymować następującą funkcją:

$$L(t) = A \cdot e^{-Bt}$$

Współczynniki A oraz B zależą od koloru wyświetlacza oraz temperatury pracy. Dla temperatury 25°C, wykres pokazano na **rysunku 5**.

Przykładowo, aby wyznaczyć maksymalną różnicę czasu, po której dostrzegalna będzie różnica luminancji dwóch sąsiadujących obszarów (przy założeniu, że w chwili t₀ oba świecą z tą samą jasnością oraz że temperatura pracy wyświetlacza jest stała i wynosi 25°), należy skorzystać z następującego przekształcenia:

$$L_1 = Ae^{-Bt_1}$$

$$L_2 = Ae^{-Bt_2}$$

$$L_2 = 0,98 \cdot L_1$$

$$Ae^{-Bt_2} = \frac{98}{100} \cdot Ae^{-Bt_1}$$

$$Bt_2 = \ln(98) - \ln(100) + Bt_1$$

$$\Delta t = (t_2 - t_1) = \frac{\ln(98) - \ln(100)}{B} \approx - \frac{0,020202707}{B}$$

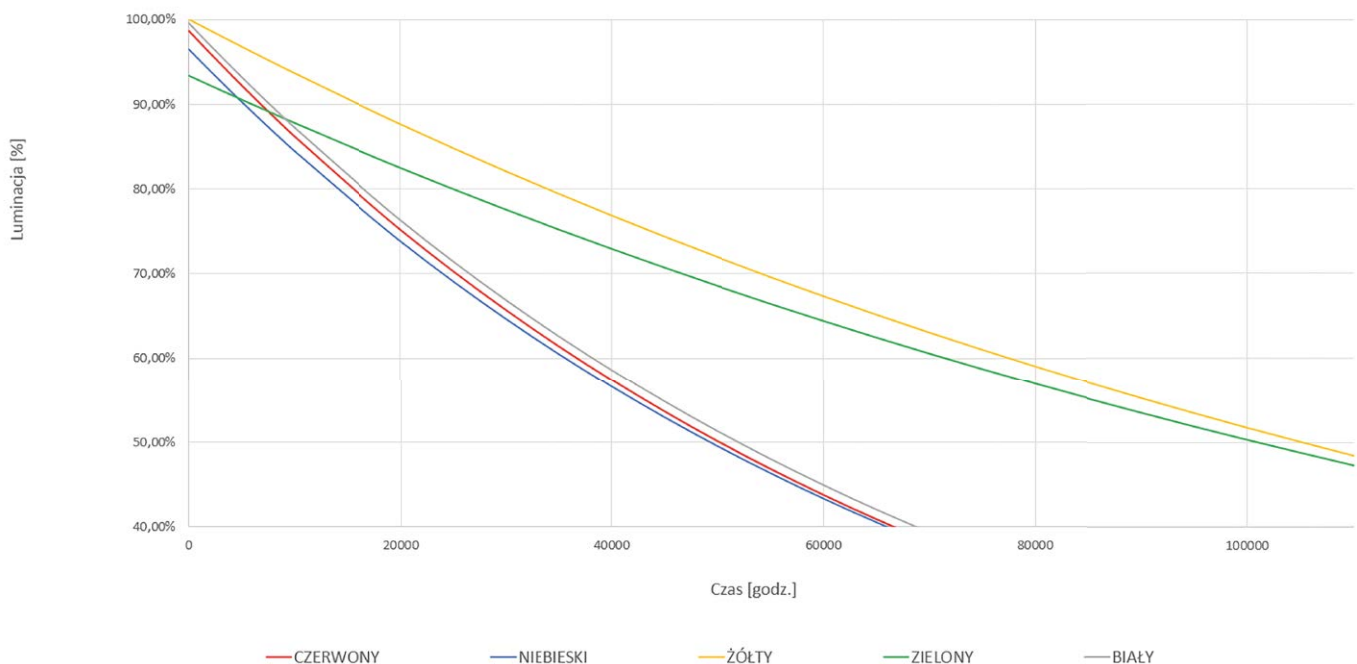
Otrzymany wynik jest zgodny z własnością funkcji wykładniczych mówiącą, że w stałych przyrostach argumentu względny spadek wartości funkcji jest stały. Czyli spadki luminancji o 2% od wartości odniesienia zachodzą będą w tych samych odcinkach czasu pomimo nieliniowości funkcji. Wartości czasów dwu procentowych spadków dla najpopularniejszych kolorów wyświetlaczy pracujących w temperaturze pokojowej będą następujące:

CZERWONY	NIEBIESKI	ŻÓŁTY	ZIELONY	BIAŁY
1492 h	1516 h	3067 h	3264 h	1524 h

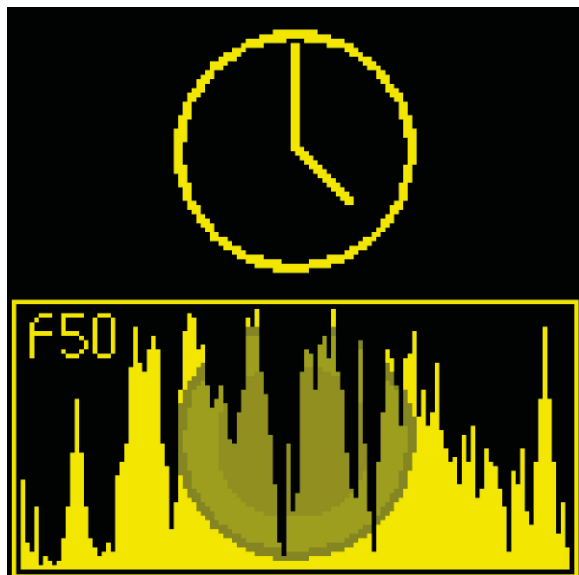
Aby dostosować równanie do innych zakresów temperatur, należy wprowadzić dodatkowy parametr związany z czasem i będący współczynnikiem różnicy czasu życia wyświetlacza w danej temperaturze pracy w stosunku do temperatury pokojowej. Wszelkie bardziej skomplikowane wzory, które np. uwzględniałyby również spadek luminancji obszaru odniesienia, można wyprowadzić na podstawie wspomnianego wcześniej wzoru na luminancję.

Rozwiązania praktyczne

Często zdarza się, że wyświetlacze są używane np. do pokazania zegara lub logo firmy, gdy urządzenie jest w trybie spoczynku. Na podstawie wyznaczonych wcześniej danych wiadomo, że w zależności od rodzaju wyświetlacza, różnica jasności stanie się widoczna już po zaledwie 1500...3000 godzin ciągłej pracy. **Gdy przez długi czas wyświetlany będzie sam zegar, to w momencie wyświetlenia innej grafiki efekt będzie w przerysowaniu**, jak pokazano na **rysunku 6**. Wyraźnie widoczny jest tu cień obramowania zegara i wskazówek. Efektu tego można uniknąć, odwracając kolory w równych odstępach czasu, czyli wyświetlać naprzemiennie podświetlony zegar na czarnym tle oraz czarny zegar na podświetlonym tle. Takie rozwiązanie może okazać się szczególnie praktyczne przy wyświetlaniu informacji w trybie nocnym i dziennym, jeżeli urządzenie wykorzystywane jest przez całą dobę. Dzięki temu piksele będą się równomiernie starzeć i nie zostanie zaobserwowana różnica kontrastu.



Rysunek 5. Spadek luminancji wyświetlaczy OLED w funkcji czasu



Rysunek 6. Niepoprawne użycie wyświetlacza OLED

Z pierwszego przykładu wynika kolejne rozwiązanie, jakim jest równomierne wykorzystywanie całego wyświetlacza przez cały czas użytkowania. Sprawdzi się to szczególnie w przypadku urządzeń mających za zadanie wyświetlenie tylko jednego zestawu informacji, mieszczących się na ekranie.

Niektóre typy kontrolerów dają użytkownikom doskonale narzędzie pod postacią skali szarości. Jest ono o tyle interesujące, że daje możliwość sterowania jasnością poszczególnych pikseli. Możliwe więc jest wyrównywanie luminacji lub nawet wykonanie programowej funkcji auto korygującej, która przy zmianie ramki sumuje czas wykorzystania pikseli i aktualizuje tablicę współczynników skali szarości. Po uwzględnieniu współczynników przy wyświetlaniu obrazu, jasność wszystkich pikseli powinna zostać obniżona do najciemniejszego z nich. Z wykorzystaniem tego narzędzia możliwe jest też stworzenie pseudo inteligentnej funkcji przewidującej zużycie pikseli i przyciemniającej najczęściej używane obszary takie jak

np. wspomniany wcześniej zegar tak, aby wydłużyć czas dyferencji. Obniżenie jasności całego wyświetlacza o kilka procent nie będzie wyraźnie zauważalne dla użytkownika, ponieważ nie będzie miał on wartości odniesienia (tak jak na rys. 2).

Kolejnym rozwiązaniem problemów z nierównym „wypalaniem” jest przemiatanie obrazu, a więc optymalne wykorzystanie całej powierzchni wyświetlacza poprzez przesuwanie wyświetlanych danych lub obrazów.

Ostatnią trywialną, ale jakże często pomijaną przez programistów kwestią, jest wyłączenie wyświetlacza, gdy nie ma potrzeby jego używania. Ta najprostsza czynność może znacznie przedłużyć jego żywotność i nie należy o niej zapominać.

Podsumowanie

Niewątpliwie nadchodzi czas organicznych wyświetlaczy ledowych i warto być przygotowanym do ich szerokiego zastosowania. Wiadomości zawarte w artykule dają podstawy do tworzenia własnych zaawansowanych projektów opartych na nowych technologiach. Przy programowaniu układów sterujących OLED-ami należy przede wszystkim analizować zestaw wyświetlanych danych i dobrać formę optymalizacji zużycia pikseli najbardziej adekwatną do danego przypadku. Nie istnieje bowiem jedna unikalna recepta, która byłaby dobrym rozwiązaniem w każdym przypadku. Przykładowo, dla omawianego wcześniej zagadnienia wyświetlania zegara, świetnie sprawdzi się inwersja pikseli, podczas gdy przemiatanie byłoby już raczej mało praktyczne. Zadaniem stojącym przed programistą jest dobranie najlepszej metody optymalizacji do danego przypadku.

Michał Onosko

Inżynier projektu, Unisystem
michal.onosko@unisystem.pl

Bibliografia:

1. Valberg, A. (2005) „Light Vision Color”. John Wiley & Sons, Ltd.
2. Masahiko Ishii „Luminance decay mechanisms in organic light-emitting diodes”.
3. Winstar „OLED lifetime”.
4. Unisystem: badania własne.

REKLAMA

m.technik
Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencji
na
każdą okazję



<https://goo.gl/TiDLmR>

