

Skaner do digitalizacji taśm filmowych

Bartosz Piekarczyk*, Mariusz Sosnowski**

*MUFI Kompania Muzyczno Filmowa

**Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zakład Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania i Inżynierii Jakości

Streszczenie: W artykule przedstawiono budowę, układ sterowania i oprogramowanie sterujące zautomatyzowanym systemem do skanowania taśm filmowych. Interfejs sterowania oraz oprogramowanie opracowano w Zakładzie Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania i Inżynierii Jakości Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, przy udziale doświadczonego pracownika z branży filmowej. Celem zbudowanego układu sterowania i oprogramowania jest prowadzenie automatycznego skanowania klatek filmowych i kopiowania ich do komputera w celu digitalizacji pojedynczych kadrów oraz poprawienia jakości filmów.

Słowa kluczowe: zrobotyzowany skaner, kadr, taśma celuloidea, silnik krokowy, mikroprocesor

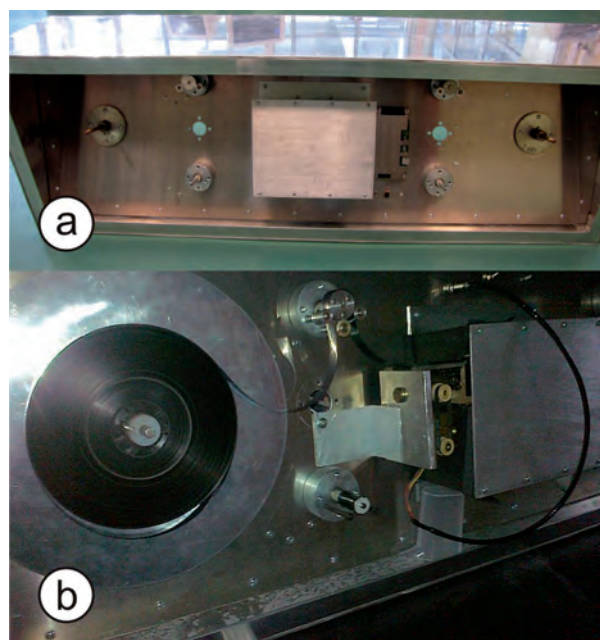
DOI: 10.14313/PAR_204/100

1. Wprowadzenie

Współczesna kinematografia rozwija się bardzo szybko, a w ostatnim czasie rozwój tej dziedziny nauki wyraźnie przyspieszył. Choć w historii filmu było kilka momentów przełomowych, które zmieniły sposób przekazywania ruchomych obrazów publiczności, jak np. wprowadzenie dźwięku, później koloru czy różnych formatów ekranów (np. ekran panoramiczny), co wywoływało wielki zachwyt wśród ówczesnych widzów, to jednak współczesnym odbiorcom filmu nie wystarcza. Wzrost potrzeb współczesnego widza, łaknącego coraz większych wrażeń wymusił zastosowanie m.in. technologii cyfrowej, zarówno przy efektach inscenizacyjnych jak i przy rejestracji obrazu HD (ang. *High Definition*). A największym osiągnięciem ostatnich lat są filmy trójwymiarowe 3D.

Do chwili opracowania technologii zapisu informacji na nośnikach cyfrowych, podstawowym nośnikiem filmowym była światłoczuła błona fotograficzna o różnych szerokościach, np. 8 mm, 16 mm, 35 mm. Stosuje się ją w mniejszym stopniu do dziś w kinie i telewizji, przy czym zazwyczaj każdy utwór audiowizualny ma swoją cyfrową kopie.

Oczywiście są filmy, których jedyna kopia znajduje się na taśmie filmowej, których bez dostępu do projektora filmowego nie można odtworzyć. Ale to nie jedyny problem – z czasem bezcenne nagrania na taśmach celulo-



Rys. 1. Digitalizator filmów analogowych; a) wygląd obudowy, b) skaner z taśmą celuloidową

Fig. 1. Analog video digitizer; a) the appearance of the case, b) scanner with celluloid tape

wych tracą na jakości. Czas niszczy nośnik filmu w sposób nieodwracalny i nagrania przepadają. Przegranie materiału do postaci cyfrowej zatrzymuje ten proces, jakość pozostaje taka sama jak w oryginale, dodatkowo cyfrowe nagrania można łatwiej odtwarzać nie tylko na odtwarzaczach DVD ale też na komputerach, telefonach itd. [1].

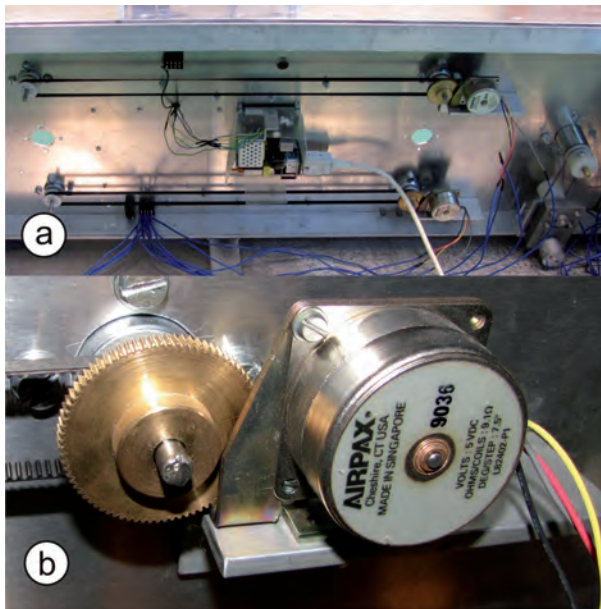
W Zakładzie Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania i Inżynierii Jakości Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, przy udziale doświadczonego technika z branży filmowej zaprojektowano i zbudowano układ sterowania zrobotyzowanym skanerem do filmów zapisanych na taśmie celuloidowej, które są poddawane cyfrowej rekonstrukcji. Zautomatyzowany skaner nie ma jeszcze ultradźwiękowego systemu do usuwania kurzu ani systemu do naprawy odkształceń taśm, ale spełnia podstawowe cele w zakresie praktycznych zastosowań środków automatyki w kinematografii.

Zbudowany układ sterowania i oprogramowania umożliwia prowadzenie automatycznego skanowania klatek filmowych i kopiowania ich do komputera, gdzie jest realizowana digitalizacja pojedynczych kadrów i poprawa jakości filmów.

2. Konstrukcja digitalizatora taśm filmowych

Cechą digitalizatora będącego przedmiotem analizy jest proste rozwiązanie mechaniczne (rys. 1). Stanowisko ma jednolitą konstrukcję w postaci skrzynki o wymiarach 1250 mm × 370 mm × 400 mm.

Skrzynka wykonana jest z duraluminiowej konstrukcji, którą oddziela płyta czołowa. Na czołowej części płyty znajdują się: szpula z nawiniętym filmem do skanowania, rolki pociągowe do filmów z perforacją, skaner fotograficzny firmy Nikon oraz pusta szpula, na którą nawijany jest zeskanowany film. Obracające się talerze, na których montuje się szpule z filmem oraz elementy pociągowe i naciągowe przytwierdzone są do płyty za pomocą łożysk kulkowych. Na tylnej części płyty, znajdują się: zasilacz elektryczny, układy sterowania, mechanizmy napędowe wraz z silnikami krokowymi, które za pomocą paszków zębatych przenoszą ruch obrotowy do sąsiednich rolek (rys. 2).



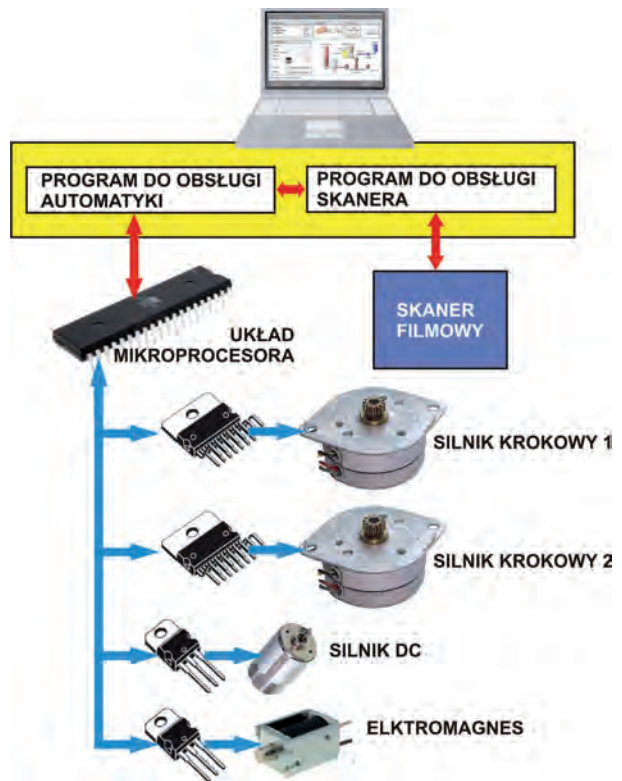
Rys. 2. Digitalizator filmów analogowych; a) wygląd mechanizmów napędowych, b) napęd krokowy

Fig. 2. Analog video digitizer; a) the appearance of the drive mechanisms, b) stepper drive

3. Układ sterowania digitalizatorem

Dla opracowanej konstrukcji zautomatyzowanego stanowiska opracowano układ sterujący, który steruje i nadzoruje pracę urządzenia. Ideę sterowania zautomatyzowanym skanerem przedstawiono na rys. 3. Układ sterowania

składa się z komputera centralnego z zainstalowanym programem do obsługi automatyki oraz programem do obsługi skanera zakupionym wraz z urządzeniem.



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania

Fig. 3. A block diagram of the control system

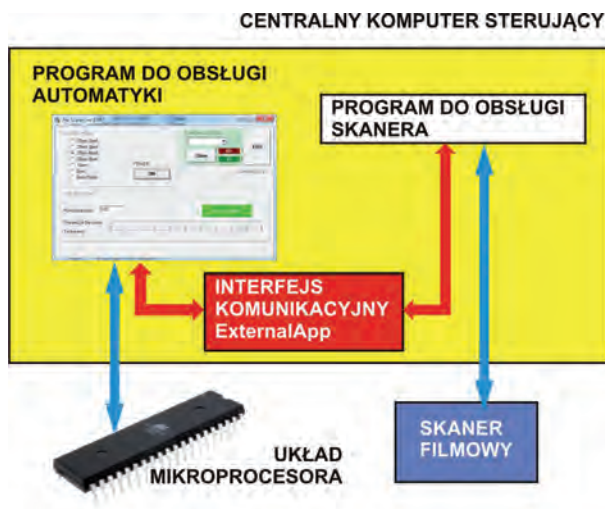
Program do obsługi automatyki steruje pracą układu mikroprocesorowego, do którego podłączone są moduły wykonawcze silników krokowych odpowiedzialne za dokładne przemieszczanie się kolejnych kadrów skanowanego filmu, silnika prądu stałego odpowiedzialnego za prawidłowy naciąg skanowanego filmu jak również moduł elektromagnesu (hamulca), który podczas skanowania unieruchamia film. Nad prawidłową pracą wszystkich aktuatorów czuwa zainstalowany program, który wysyła i odczytuje sygnały sterujące do/z modułów wykonawczych. Zadaniem tego programu jest również wymiana sygnałów sterujących z programem do obsługi skanera.

Cały układ sterowania opiera się na odpowiedniej liczbie modułów wykonawczych (sterowników) sprzęgniętych ze sobą równolegle.

Głównym założeniem układu sterowania jest odpowiednia kolejność działań poszczególnych modułów wykonawczych oraz skanera filmowego. Kolejność i czas działania modułów wykonawczych jest uzależniony od właściwości, a przede wszystkim od szerokości skanowanego filmu. Wszystkie elementy modułów wykonawczych, poza skanerem filmowym, umieszczone są w tylnej części płyty szafy sterowniczej.

3.1. Centralny komputer sterujący

Do prawidłowej pracy zautomatyzowanym digitalizatorem filmowym w centralnym komputerze sterującym zainstalowano trzy programy (rys. 4).



Rys. 4. Centralny komputer sterujący
Fig. 4. The central control computer

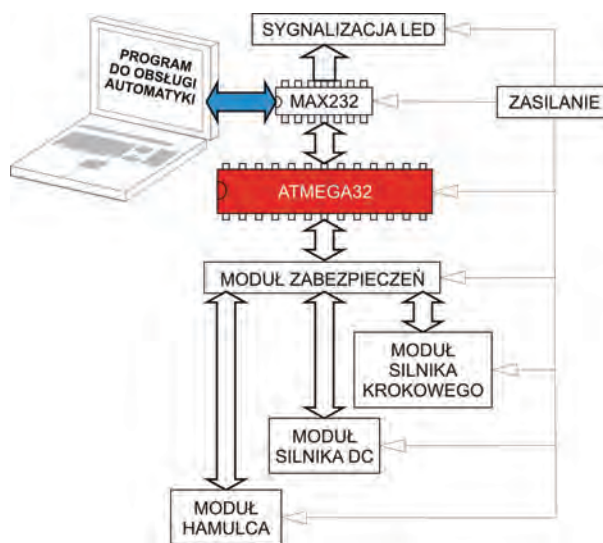
Do zakupionego programu do obsługi skanera filmowego należało opracować elastyczny program do sterowania modułami wykonawczymi, kontroli nad kolejnymi etapami pracy skanera filmowego oraz wymianą sygnałów sterujących. Problem sterowania z zewnątrz programem do skanowania filmów rozwiązano przez utworzenie dodatkowego interfejsu komunikacyjnego ExternalApp. Interfejs umożliwił obsługę wirtualnych przycisków w programie skanera oraz stałą wymianę sygnałów sterujących do/z programu do obsługi automatyki.

3.2. Układ mikroprocesora

Układ mikroprocesora jest najważniejszą częścią sterującą aktuatorami. Układ oparto na 8-bitowym mikroprocesorze ATmega32 firmy Atmel (rys. 5).

Dzięki architekturze RISC, mikroprocesor z częstotliwością 16 MHz wykonuje stabilnie zaimplementowany w pamięci program. Zaprogramowany mikroprocesor odczytuje rozkazy wysyłane przez komputer sterujący i za pośrednictwem modułu zabezpieczeń steruje modułami wykonawczymi.

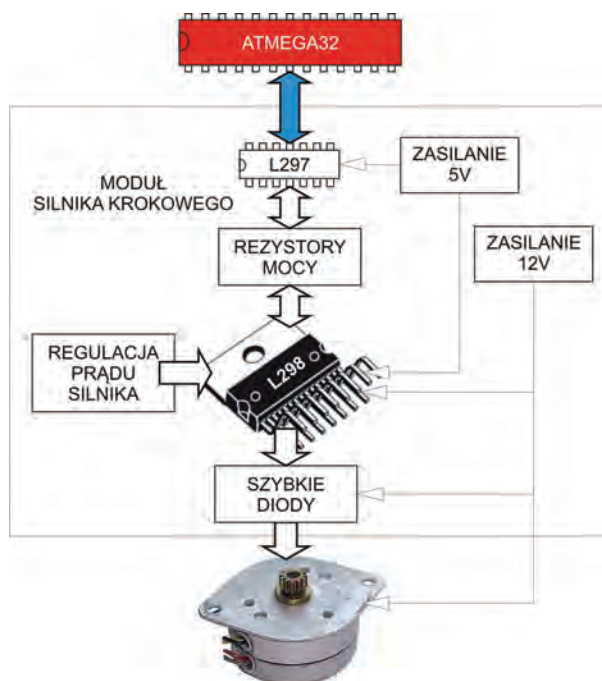
Każdy z modułów po wykonaniu określonej sekwencji działania zwraca sygnał zwrotny, który następnie jest wysyłany przez mikroprocesor do programu obsługi automatyki. Układ mikroprocesora czuwa nad poprawną wymianą sygnałów sterujących między programem do obsługi automatyki a modułami wykonawczymi. Zadaniem układu mikroprocesorowego jest również określona sekwencja ruchów aktuatorów [2].



Rys. 5. Układ mikroprocesora
Fig. 5. Microprocessor

3.3. Moduły silników krokowych

Do budowy modułów silników krokowych wykorzystano monolityczny układ scalony L298 firmy STMicroelectronics (rys. 6).



Rys. 6. Układ sterowania silnikiem krokowym
Fig. 6. Stepper motor control system

Układ scalony jest podwójnym mostkiem typu H do sterowania silnikami krokowymi, który współpracując z układem L297 umożliwia płynną zmianę prędkości.

ści, kierunku oraz zmianę trybu pracy silnika krokowego (praca cało-krokowa i pół-krokowa).

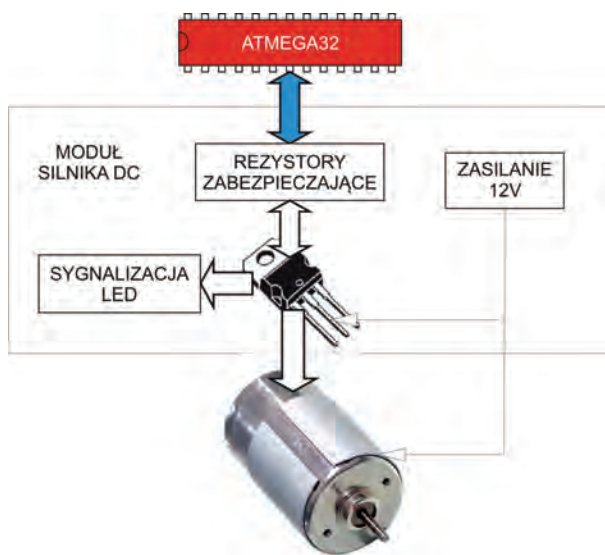
Największą zaletą układu L298 jest duży przedział napięć zasilania silników (do 50 V) oraz wysokie dopuszczalne maksymalne prądy przypadające na uzwojenie silnika – kanał (2 A ciągłego oraz aż 3 A chwilowego poboru prądu). Moduł silnika krokowego umożliwia regulację prądu silnika. Przy tak dużych wartościach chwilowych prądu konieczne jest stosowanie osobnego zabezpieczenia w postaci szybkich diod Schottky'ego.

Moduł silników krokowych umożliwia sterowanie silnikiem krokowymi bipolarnym (4-przewodowym). Ze względu na określone przemieszczenie kątowe wynikające z perforacji filmów analogowych zastosowano silnik firmy AIR-PAX 9036. Silnik charakteryzuje się napięciem zasilania 5 V, rezystancją 9,1 Ω przypadającą na jedno uzwojenie oraz nietypowym elementarnym skokiem wynoszącym 7,5°, koniecznym do realizacji prawidłowej pracy skanera [4].

Ponieważ działanie zautomatyzowanego skanera polega na dokładnym wprowadzeniu kolejnego kadru do skanera filmowego, a po zeskanowaniu wyprowadzeniu go na zewnątrz skanera filmowego, konieczne było zastosowanie podwójnych modułów sterowania silnikami krokowymi.

3.4. Moduł silnika DC i elektromagnesu

Kolejnymi modułami, które podlegają sterowaniu i kontroli przez układ mikroprocesorowy to moduł silnika prądu stałego i elektromagnesu. Zasadę działania modułu silnika DC przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Moduł silnika DC
Fig. 7. Module DC motor

Sterowanie tym modułem odbywa się za pomocą pojedynczego tranzystora polowego typu MOSFET, który umożliwia nie tylko regulowanie impulsowe prędkości silnika prądu stałego, ale również obsługiwanie silnika bezpośrednio z układów mikroprocesorowych.

Zadaniem modułu silnika DC jest zwijanie zeskanowanej części filmu na talerz oraz odpowiedni naciąg filmu za pomocą odpowiednio skonstruowanego sprzęgła (rys. 8).



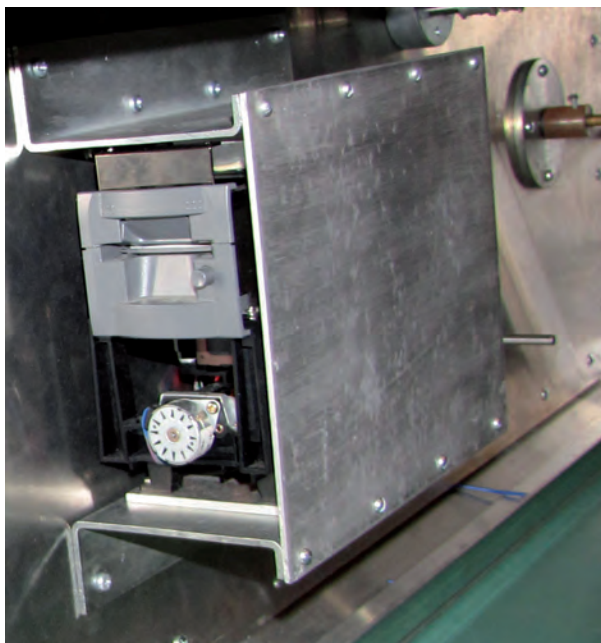
Rys. 8. Napęd silnika DC
Fig. 8. DC motor driver

3.5. Skaner filmowy

Urządzeniem odpowiedzialnym za zeskanowanie pojedynczej klatki filmu jest skaner filmowy firmy NICON COOLSCAN 5000 ED (rys. 9).

W zakupionym urządzeniu oryginalna obudowa została zdemonstrowana, a urządzenie skanujące zamocowano w centralnym miejscu czołowej płyty zautomatyzowanego digitalizatora tak aby znajdował się w osi przemieszczającego się filmu.

Skaner filmowy jest stosowany przez profesjonalnych fotografów, którzy wymagają zarówno jakości, jak i szybkości. Urządzenie charakteryzuje się rzeczywistą rozdzielczością optyczną 4000 dpi i 16-bitową konwersją analogowo-cyfrową. Skaner filmowy oferuje nadzwyczajną jakość w połączeniu z niesamowitą szybkością skanowania pojedynczych kadrów filmu wynoszącą maksymalnie do 20 s na klatkę. Funkcje, jakość i szybkość oferowane przez skaner filmowy czynią z niego idealne rozwiązanie dla osób profesjonalnie zajmujących się obrazami cyfrowymi. Skaner filmowy jest wyposażony w wysokiej jakości 2-liniowy przetwornik CCD oraz nowym zaawansowany algorytmem przetwarzania obrazu dla kolorowych filmów negatywnych [5].

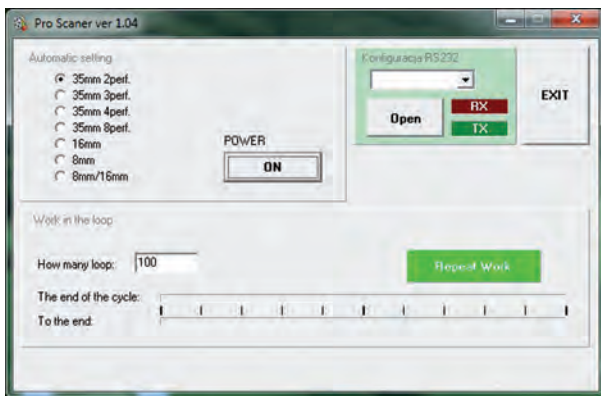


Rys. 9. Skaner filmowy
Fig. 9. Scanner

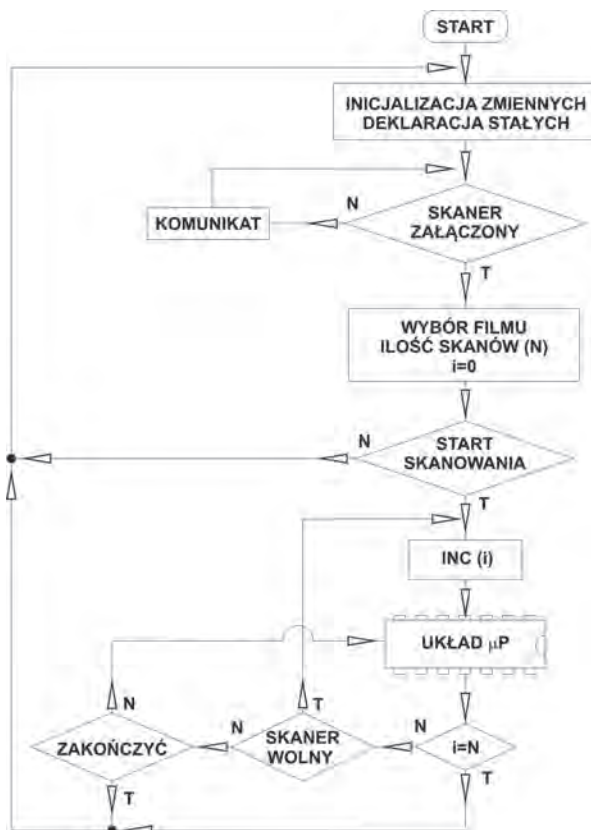
4. Oprogramowanie

W zaprojektowanym i wykonanym układzie sterowania zautomatyzowanym digitalizatorem zaimplementowano program sterujący automatyką opracowany w środowisku programistycznym Delphi 7.0. Przed uruchomieniem programu sterującego automatyką, użytkownik wprowadza dane dotyczące szerokości skanowanej klatki filmowej, a następnie włącza zasilanie wszystkich modułów wykonawczych. Wygląd głównego okna programu do automatyki dostępnego dla użytkownika zamieszczono na rys. 10.

Operator komunikuje się z programem za pomocą odpowiednich pól edycyjnych i przycisków, w których np. wprowadza liczbę kolejnych klatek filmu przeznaczonych do skanowania, pauzuje lub kontynuuje proces skanowania itd. Jednocześnie, podczas pracy, program komunikuje się nie tylko z układem mikroprocesora, ale również wy-



Rys. 10. Ekran główny programu automatyki
Fig. 10. The main screen of the control program



Rys. 11. Główny algorytm programu automatyki skanera
Fig. 11. The main algorithm of the automatic scanner

syła lub odbiera komendy sterujące do programu skanera. Konceptę programu automatyki oparto na głównym algorytmie sterującym (rys. 11).

Po uruchomieniu programu automatyki, główny algorytm sterowania prosi o włączenie skanera filmowego w celu kalibracji i dokonania procedur bazowania a następnie oczekuje na polecenie operatora. Operator wprowadza szerokość skanowanego filmu oraz liczbę wykonanych odczytów (zeskanowań) kadrów. Po naciśnięciu przycisku START następuje zautomatyzowany proces skanowania klatek filmu [3].

Równolegle z głównym programem automatyki skanera działa program Scan Image Enhancer odpowiedzialny za poprawną pracę urządzenia skanującego klatki filmowe. Program ten służy do sterowania skanerami firmy Nikon za pośrednictwem komputera oraz wyświetlania podglądu zdjęć i modyfikowania ustawień skanera przed skanowaniem. Zapewnia to użytkownikowi kontrolę nad zaawansowanymi funkcjami obsługiwanymi przez skanery do filmów. Oprogramowanie skanera Scan Image Enhancer umożliwia wielokrotne skanowanie (tzw. multisampling) oraz szybki autofokus czy korekcję graficzną zeskanowanych klatek filmu. Dzięki wbudowanej technologii obróbki obrazu Digital ICE4 Advanced(TM) skaner filmowy pozwala osiągnąć wysoką jakość, przy zachowaniu umiarkowanej prędkości skanowania [5]. Przykład zeskanowanej klatki filmu przed obróbką programową i po digitalizacji przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Przykładowa klatka filmu; a) przed zeskanowaniem, b) po digitalizacji

Fig. 12. An example of a frame of the movie; a) before you scan, b) after digitization

5. Podsumowanie

Zaprojektowane i zbudowane zrobotyzowane stanowisko (przy pomocy doświadczonego technika specjalisty od urządzeń filmowych) służy do digitalizacji starych, zniszczonych filmów celulojowych. Można je również wykorzystać do montażu filmu, łącząc z innymi rodzinnymi pamiątkami (nagrania wideo, audio, fotografie, slajdy, dokumenty). Zautomatyzowany skaner do digitalizacji taśm filmowych umożliwia w szybkim czasie przeprowadzenie konwersji filmu z analogowej na cyfrową z poprawą jakości jego odbioru. Prezentowana koncepcja budowy zrobotyzowanego stanowiska i układu sterowania do digitalizacji filmów stwarza szerokie możliwości rozbudowy o kolejne moduły w celu poprawienia np. zakurzonych, zabrudzonych i połamanych mechanicznie taśm filmowych.

Zastosowanie automatyki pozwala osiągnąć wysoką jakość, przy zachowaniu umiarkowanej ceny zabiegu profesjonalnych urządzeń do digitalizacji filmów analogowych. Obecnie skaner pracuje w prywatnym zakładzie filmowym, gdzie operator podejmuje próby ratowania starych archiwalnych filmów o Szczecinie, spełniając podstawowe cele w zakresie praktycznych zastosowań środków automatyki w kinematografii.

Bibliografia

1. Lis R., Montusiewicz J., *Zastosowanie technologii cyfrowych do poprawy jakości fotograficznych materiałów trans-*

- parentnych*, „Postęp Nauki i Techniki”, nr 4, 2010, 33–42.
2. Bączek Ł., Głowacz Z., *Sterowanie prędkością silnika krokowego z zastosowaniem mikrokontrolera ATmega8*, „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa”, vol. 49, nr 10, 2011, 5–10.
3. Altinat A., *A Graphical User Interface for Programming Stepper Motors Used at Different Kinds of Applications*, “Mathematical and Computational Applications”, vol. 14, nr 2, 2009, 139–146.
4. [www.electricosamperex.com].
5. [www.nikon.com].

Scanner to digitize cinema tapes

Abstract: This paper presents the design, control system and automated system control software to scan frame of film. Control interface and software developed at the Department of Automated Manufacturing Systems Engineering and Quality Technology of West Pomeranian University of Technology in Szczecin, with the participation of experienced staff from the film industry. The purpose-built control system and the software is running automatically scan film frames and copy them to your computer to digitize a single frame, and improve the quality of films.

Keywords: robotic scanner, frame, celluloid tape, stepper motor, a microprocessor

Artykuł recenzowany, nadesłany 22.11.2013 r., przyjęty do druku 15.12.2013 r.

Bartosz Piekarczyk

Absolwent Technikum Budowy Fortepianów w Kaliszu oraz Camerimage Film School w Toruniu. Absolwent Wyższej Szkoły Techniczno-Ekonomicznej w Szczecinie, kierunek Edukacja Techniczno-Ekonomiczna. Producent filmowy – reklamy, filmy dokumentalne, fabularne. Autor projektu „Stary Cyfrowy Szczecin”.

e-mail: bp@mufi.pl



dr inż. Mariusz Sosnowski

Pracuje w Zakładzie Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania i Inżynierii Jakości na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Głównym kierunkiem prowadzonych prac badawczych są zagadnienia elastycznej automatyzacji procesów produkcyjnych, robotyka, systemy sterowania, komputerowe wspomaganie projektowania jak również systemy sztucznej inteligencji i elektroniki.

e-mail: mariusz.sosnowski@zut.edu.pl

