

BİR NUMUNE DOKUMA MAKİNESİNİN AĞIZLIK AÇMA SİSTEMİNİN ELEKTRİK-ELEKTRONİK KONTROLÜ*

Deniz Mutlu Ala**

Dr.,
Çukurova Üniversitesi,
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Tekstil Giyim Ayakkabı ve Deri Bölümü, Adana
dmala@cu.edu.tr

Nihat Çelik

Prof. Dr.,
Çukurova Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana
celiknihat@cu.edu.tr

ÖZ

Mekanik armürlü ve manuel kullanımlı Gülas Makina (İstanbul) numune dokuma tezgâhları, bilgisayar kontrollü elektro-pnömatik ağızlık açma mekanizmalı olarak tasarlanmış ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Başlangıç çalışmalarında, ağızlık açma mekanizmasının hareket kontrolü, geliştirilen bir PLC sistemi ile sağlanmıştır. Daha sonra, PLC sistemi kullanmak yerine, ağızlık açma sistemini sistemi doğrudan kontrol etmek üzere, bir mikro denetleyici elektronik kart tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu çalışma, makinenin elektrik-elektronik kontrolü için geliştirilmiş olan PLC ve mikro denetleyici sistemleri hakkında bilgi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağızlık açma, dokuma, desen, PLC, mikrodenetleyici

ELECTRIC-ELECTRONIC CONTROL OF SHEDDING MECHANISM OF A SAMPLING LOOM

ABSTRACT

A prototype sampling loom was redesigned by introducing a computer-controlled electropneumatic shedding mechanism, weaving design and patterning as a new version of the semi-automated punched-card sampling loom, which is manufactured by Gulas-Machine (Istanbul). In initial studies, for control of shedding motion the mechanism was equipped with a PLC system. Later, instead of using PLC system, a microcontroller electronic card was designed, which than improved the control of the shedding system. This paper reports on the findings concerning the use of PLC and microcontroller systems which were both developed for electric-electronic control of the loom.

Keywords: Shedding, weave, pattern, PLC, microcontroller

** İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 10.02.2016
Kabul tarihi : 30.03.2016

* 14-16 Mayıs 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Adana'da Çukurova Üniversitesi'nde düzenlenen Endüstriyel Otomasyon Kongre ve Sergisi'nde sunulan bu bildiri, yazarlarınca Dergimiz için makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Ala, D. M., Çelik, N. 2016. "Bir Numune Dokuma Makinesinin Ağızlık Açma Sisteminin Elektrik-Elektronik Kontrolü," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 675, s. 54-62

1. GİRİŞ

Numune dokuma tezgâhları, üretilmek istenen kumaşın makineye uyarlanmadan önce yapısal olarak incelenmesine olanak sağlayan, temel olarak endüstriyel dokuma makinelerinde de bulunması gereken sistemleri bünyesinde bulunduran tezgâhlardır [1]. Tekstil dokuma işletmelerinin, tekstil ve dokuma eğitimi veren orta ve yükseköğretim kurumlarının yanı sıra, iplik işletmeleri, halk eğitim merkezleri ve sosyal projeler kapsamında yapılan mesleki faaliyetlerde numune dokuma tezgâhları önemli bir yer tutmaktadır. Sadece kumaş simülasyonlarına dayalı tasarım yapmak yerine, kısa uzunlukta gerçek dokuma kumaş örnekleri üreten öğrenciler daha yaratıcı çalışmakta ve tasarımlarını daha ileri götürmektedir [2, 3].

Ülkemizde numune dokuma tezgah üreticisi olan Gülas Makina (İstanbul), 60'lı yıllardan günümüze kadar 24 çerçeve kapasitesinde, mekanik armürlü, azami 45 cm dokuma enine sahip manuel kullanımlı numune dokuma tezgahları üretmektedir. Manuel kullanımlı bu tezgahlarda çerçeve seçimi armür tertibatı veya tuş takımı ile yapılmakta ve ayağa basmak suretiyle çerçeve hareketleri sağlanmaktadır [4, 5]. Halbuki günümüzde manuel kullanımlı tezgahların yerini CAD-CAM sistemleri ile birleştirilmiş otomatik numune dokuma tezgahları almaktadır [6]. Bu tezgahlarda dokuma için gerekli işlevler step motorlar, servo motorlar veya pnömatik sistemler ile yerine getirilmekte, bu amaçla, PLC destekli elektromekanik kontrol sistemleri tasarlanmaktadır [7].

Yapılan AR-GE çalışmaları ile mekanik armürlü ve manuel kullanımlı Gülas numune dokuma tezgahları, bilgisayar kontrollü elektro-pnömatik ağızlık açma mekanizmalı olarak tasarlanmış ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, mevcut model üzerindeki atkı atma, tefeleme, kumaş sarma ve çözgü salma gibi fonksiyonlar manuel olarak gerçekleştirilmiş ve bu anlamdaki tasarım unsurları genel yapısı ve prensipleri bakımından korunmuştur. Bu makinenin ağızlık açma fonksiyonlarını yönetebilen bir dokuma desen tasarım programı DELPHI XE5 sürümü kullanılarak geliştirilmiştir. Desen tasarım programı, elektrik-elektronik kontrol birimi ve ağızlık açma mekanizmasının birlikte entegre edilerek çerçeve hareketlerinin bilgisayarla kontrolü üzerine yapılan çalışmaların akabinde sistem başarılı bir şekilde çalıştırılmıştır. Başlangıç çalışmalarında tezgahın elektrik-elektronik kontrolü PLC sistemi ile gerçekleştirilmiş, ilerleyen AR-GE aşamalarında, sistemi doğrudan kontrol eden mikrodenetleyici elektronik kart tasarımı ve imalatı yapılmıştır [8, 9]. Bu çalışmada, makinenin elektrik-elektronik kontrolü için geliştirilen iki ayrı sistem hakkında bilgi verilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tüm armürlü kumaş numunelerinin dokunabilmesi için 24 çerçeve kapasiteli olarak tasarlanan ağızlık açma sisteminde, çerçevelere hareket vermek için çift etkili pnömatik silindirler kullanılmıştır. Elektrik elektronik kontrol sistemi, çerçevelere hareket vermek için kullanılan 24 adet pnömatik silindiri elektro-pnömatik valfler ile kontrol etmektedir.

PLC sisteminde DELTA 2-nesil PLC Modeli olan ve üzerinde 8 giriş, 6 çıkış noktası bulunan DVP-SS2 Serisi PLC ünitesi kullanılmıştır. Sisteme, üzerinde 8 giriş, 8 çıkış noktası bulunan genişleme modülleri bağlanmak suretiyle cihazın kapasitesi genişletilmiştir. Bir adet PLC ünitesi ve üç adet genişleme modülü ile 24 adet pnömatik silindirin kontrolü sağlanmaktadır. Daha düşük çerçeve sayısı ile (8-23 çerçeve) ağızlık açma sistemi imal edilmek istenildiği takdirde genişleme modüllerinin sayısını azaltarak maliyetten tasarruf etme imkanı bulunmaktadır. PLC sisteminde kullanılan operatör paneli, Delta DOP-B Serisi, DOP-B10S615 model dokunmatik ekran panelidir. PLC üniteleri, üretim aşamasında kalıcı bellek alanına yüklenen bir sistem programı ile denetlenmektedir. Kullanıcı arayüzü olan operatör panel yazılımı ScrEdit program ile hazırlanmıştır.

İlerleyen AR-GE aşamalarında, prototip tezgahın elektrik-elektronik kontrolü, ARM Cortex M4 32 bit işlemcili mikrodenetleyici elektronik kart ve tablet bilgisayar ile gerçekleştirilmiştir. Elektropnömatik ağızlık açma sistemine veri girmek ve sistemi kontrol etmek için gerekli yazılım iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, bir kişisel bilgisayara kurulan arayüz yazılımı olup, Delphi XE5 sürümü ile hazırlanmıştır. Arayüz yazılımı, tasarlanan dokuma desenine uygun veri girişi yapmak ve tasarlanan desenden elde edilen dijital bilgiyi bilgisayarın USB portundan mikro işlemciye göndermek için kullanılmaktadır. İkinci bölüm, elektronik kart (gömülü sistem) yazılımıdır. Mikrodenetleyici elektronik kart belleğine gömülen yazılımın görevi, ayak butonundan aldığı tetikleme sinyalinin ardından arayüz yazılımından aktarılan verileri işleyerek, pnömatik silindirlerin harekete geçmesi için gerekli sinyalleri üretmektir. Mikrodenetleyici elektronik kart yazılımının kodları KEIL programı kullanılarak yazılmış ve kart belleğine gömülmüştür [10].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Pnömatik, elektrik, elektronik ve mekanik kontrol tekniklerinin bir arada kullanıldığı elektropnömatik sistemler, endüstriyel otomasyon çözümlerinin uygulamalarında önemli rol oynamaktadır [11]. Otomasyon sistemlerinin en önemli kısmını, bu sistemlere büyük esneklik veren programlanabilen cihazlar oluşturmaktadır. Bu cihazların temelini de mikroişlemciler ya da mikrodenetleyiciler oluşturmaktadır. PLC'ler de mikro-

işlemciler ya da mikrodenetleyiciler kullanılarak gerçekleştirilmiş cihazlardır [12]. Projenin başlangıç çalışmalarında, PLC üniteleri ve kontrol rölelerinden oluşan elektrik-elektronik kontrol sistemi başarıyla çalıştırılmıştır. İlerleyen AR-GE aşamalarında, sistemi doğrudan kontrol eden elektronik kart sistemiyle ağızlık kontrolü gerçekleştirilmiştir.

3.1 PLC Sistemiyle Ağızlık Kontrolü

Otomotiv sektöründen gıda sektörüne, üretim hatlarından depolama sistemlerine kadar birçok endüstriyel alanda kullanılan PLC sistemleri tekstil endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır [13-15]. PLC program belleğine yüklenen kullanıcı programına uygun olarak, birinci komuttan başlayarak son program komutuna kadar bütün komutlar sırayla yürütülür. Son komuta erişildiğinde tekrar birinci komuta döner. Sonsuz bir çevrime girmiş bir program parçasına benzeyen bu çalışma şeklinde, her program çevriminin belirli bir sürede tamamlanması gerekir [16, 17].

Geliştirilmiş olan numune dokuma makinesinde PLC sistemiyle ağızlık kontrolü, PLC üniteleri ve kontrol rölelerinden oluşan elektrik-elektronik kontrol panosu ile sağlanmaktadır (Şekil 1). Desene ait armür bilgisi girişi operator panel aracılığıyla yapılmakta ve armür bilgileri PLC ünitesine aktarılmaktadır (Şekil 2). PLC ünitesi, elektropnömatik valfler aracılığıyla pnömatik silindirelerin hareketini sağlamaktadır.

Tasarlanan çalışma şekline göre, ilk olarak, çözgü hazırlıkları tamamlanmış olan makinede, ana şalter açılır. Makine, operatör panelde görünen firma logosu ile birlikte çalışmaya hazırdır. Menü'nün açılması için kullanıcıdan şifre girmesi istenir. Açılan sayfada kullanıcıya iki çalışma opsiyonu sunulmaktadır.

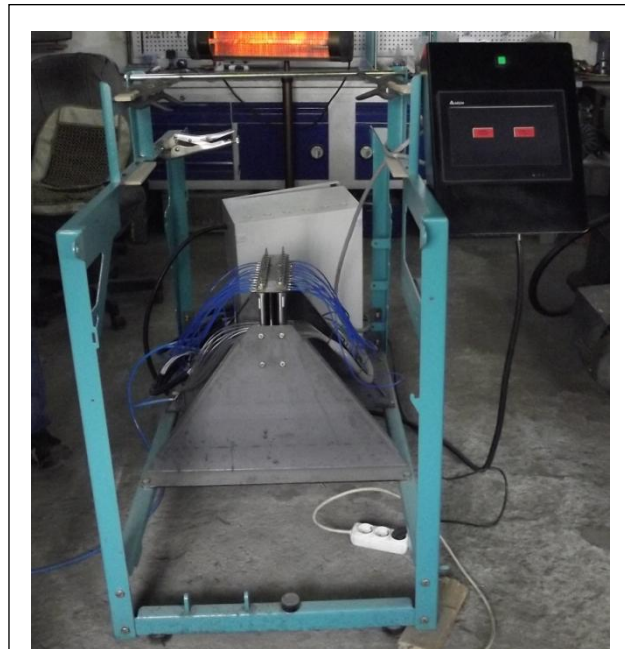
Manuel çalışma opsiyonu seçildiğinde açılan pencerede; desen alanı, çerçeve seçimi yapmak için çerçeve tuş paneli, deseni dokumaya başlamak için manuel start/manuel stop butonu, deseni kaydetmek için deseni kaydet butonu, ön izleme butonu, deseni tamamen silmek için tümünü temizle butonu, hatalı deseni geri almak için bir adım geri al butonu, aktif ağızlığı gösteren aktif satır no butonu ve kullanıcının yanlış giriş yapmasını önlemek için desene uygun çerçeve sayısının seçildiği armür planı çerçeve sayısı butonu bulunmaktadır (Şekil 3). Başlangıçta çerçevelerin hepsi aşağıdadır. Çerçeve tuş panelinde her çerçevenin bir tuşu bulunmaktadır. Şekil 4'te, ilk ağızlıkta pnömatik silindirler tarafından yukarı kaldırılmak üzere 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 ve 23 numaralı çerçeveler seçilmiştir. Desen hazır olduğunda ayak butonuna basılır ve pnömatik silindirler desene göre seçilen çerçeveleri kaldırır, diğerlerini kaldırmaz. Açılan ağızlıktan el ile atılır ve tefe vurulur. Böylece dokumanın ilk atkısı atılmış olur. Ayak butonuna basılarak çerçeveler tekrar aşağıya indirilir

ve panelden ikinci atkı deseni yazılır. Dokuma bitinceye kadar bu döngü devam eder. Manuel opsiyonu daha çok eğitim amaçlı çalışmalara uygun olacaktır.

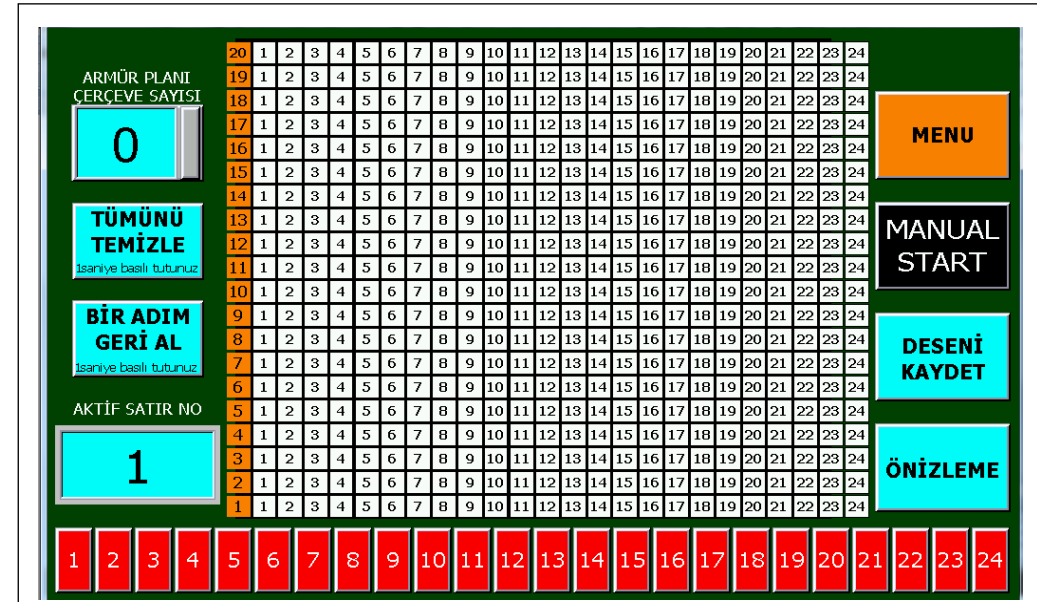
Otomatik çalışma opsiyonu seçildiğinde açılan pencerede; desen alanı, USB'den Desen Çağır butonu, hazırlanan deseni kaydetmek için Deseni USB'ye Kaydet butonu, yüklenen desen üzerinde değişiklik yapmak için Desen Düzenle butonu,



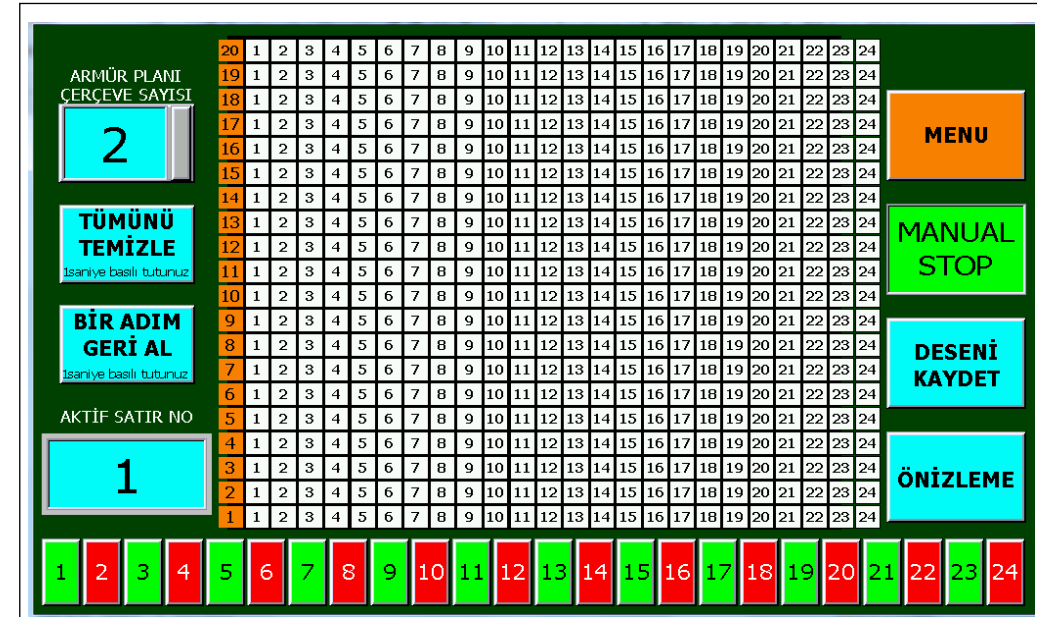
Şekil 1. Elektrik-Elektronik Kontrol Panosu [10]



Şekil 2. Ağızlık Açma Sistemi ve Elektrik-Elektronik Kontrol Sistemi [10]



Şekil 3. Manuel Çalışma Sayfası Ekran Görüntüsü [10]



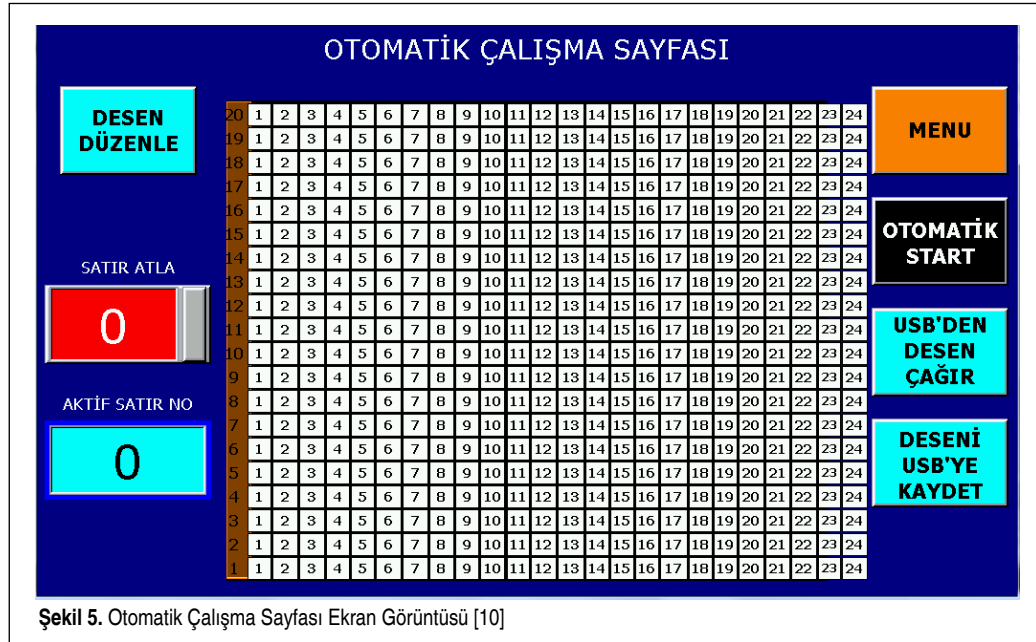
Şekil 4. Manuel Çalışma Sayfasında Çerçeve Seçimi [10]

istenilen atkı satırından devam etmek için Satır Atla butonu, aktif ağızlığı gösteren Aktif Satır No butonu ve deseni dokumaya başlamak için Otomatik Start/Otomatik Stop butonu bulunmaktadır (Şekil 5). Bilgisayarda desen tasarım programı ile hazırlanan desen, flash disk ile operatör panele yüklenebilir. Dokunmatik panel vasıtasıyla dokunacak desen hafızadan veya flash diskten seçilir. Başlangıçta çerçevelerin hepsi aşağıdadır. Ayak butonuna basıldığında makine, ilk atkının desenini okur ve pnömatik silindirler desene göre seçilen çerçeveleri kaldırır, diğerlerini kaldırmaz. Açılan ağızlıktan el ile atılır ve tefe vurulur. Böylece dokumanın ilk atkısı atılmış

olur. Tekrar ayak butonuna basıldığında makine, ikinci atkı desenini okur, ağız açar ve bekler. Dokuma bitinceye kadar bu döngü devam eder. Görüldüğü gibi, otomatik çalışmada makine sadece dokumacının atkısı atıp tefeyi vurması için durmaktadır. Diğer işleri makine yapar. Bu da dokumacıya zaman kazandırır. Kreasyon çalışmalarına ve ticari amaçlı çalışmalara uygun olacaktır [10].

3.2 Elektronik Kart Sistemiyle Ağızlık Kontrolü

Projenin ilerleyen AR-GE aşamalarında, sistemi doğrudan bilgisayardan aldığı komutlar ile kontrol edecek bir sistem



Şekil 5. Otomatik Çalışma Sayfası Ekran Görüntüsü [10]

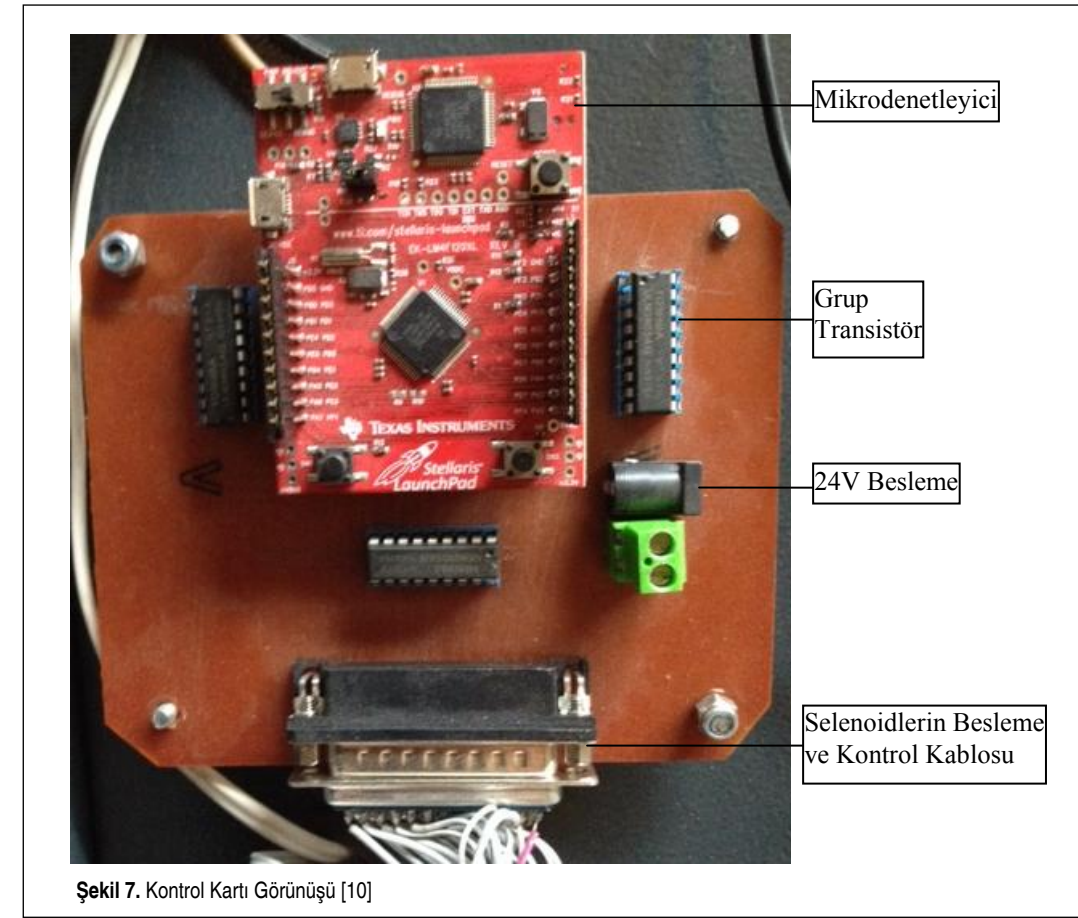


Şekil 6. PLC Sistemi ile Elektronik Kart Sisteminin Maliyet Bakımından Karşılaştırılması [10]

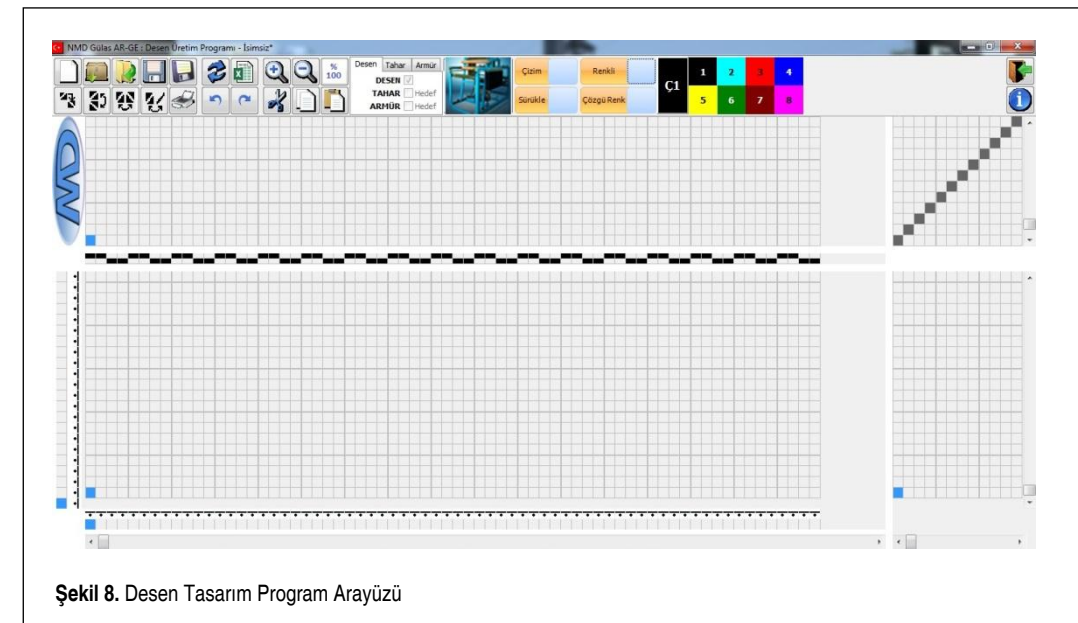
tasarımı üzerinde çalışılmış ve mikrodnetleyici elektronik kart sistemi ve tablet bilgisayar ile ağızlık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kontrol kartı, üzerinde takılı olan modüllerle tüm kontrollerin yürütüldüğü merkez kontrol ünitesidir. Geliştirilmiş olan bir Dokuma Desen Tasarım Programı aracılığıyla girilen komutlar elektronik kontrol kartına iletilmekte ve elektropnömatik valflere desene uygun şekilde komutlar aktarılmaktadır. Geliştirilmiş olan Dokuma Desen Tasarım Programı yalnızca makine fonksiyonlarını yönetmekle kalmayıp aynı zamanda ayrı ve bireysel olarak dokuma desenleri ve üretim planlamasına yönelik çalışmalar için de kullanılabilir [8, 9]. Desen tasarım programı, tablet bilgisayar ve

kontrol kartından oluşan elektrik-elektronik kontrol sisteminin PLC sistemine kıyasla maliyet yönünden büyük avantajı bulunmaktadır (Şekil 6).

Prototip imalatında Texas Instruments firması tarafından üretilen ARM Cortex M4 32 bit işlemcili mikrodnetleyici elektronik kart kullanılmıştır. ARM mimarisi (Acorn RISC Machine) RISC tabanlı bir işlemci mimarisidir [18]. Yüksek hızlara çıkabilmesi, 32-bit mimari yapısı, çok az enerji tüketmesi ve zengin çevresel donanım imkanlarından dolayı ARM çekirdekli birçok işlemci, birçok uygulamada tercih edilmektedir [19]. ST (STMicroelectronics), TI (Texas Instruments),



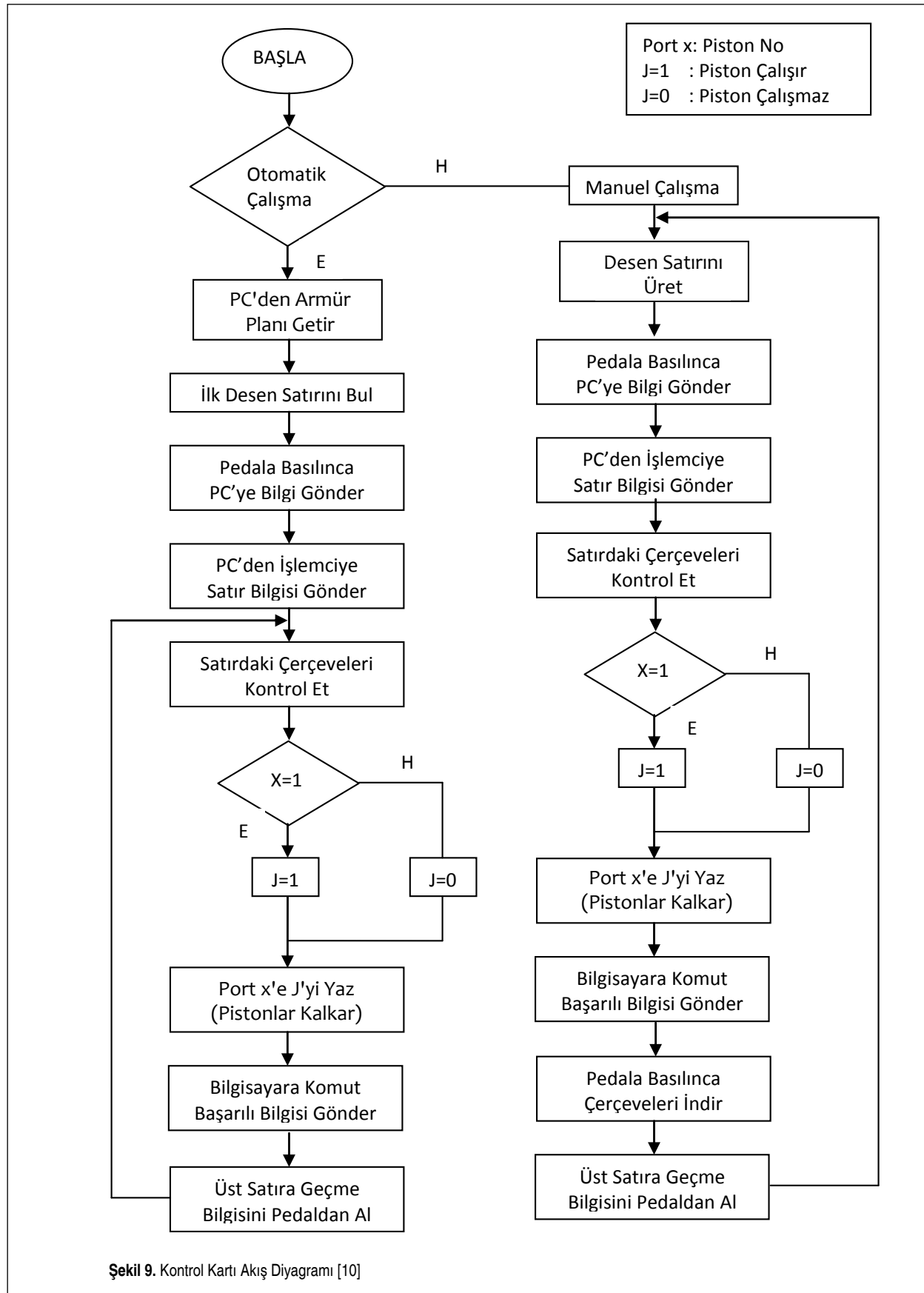
Şekil 7. Kontrol Kartı Görünüşü [10]



Şekil 8. Desen Tasarım Program Arayüzü

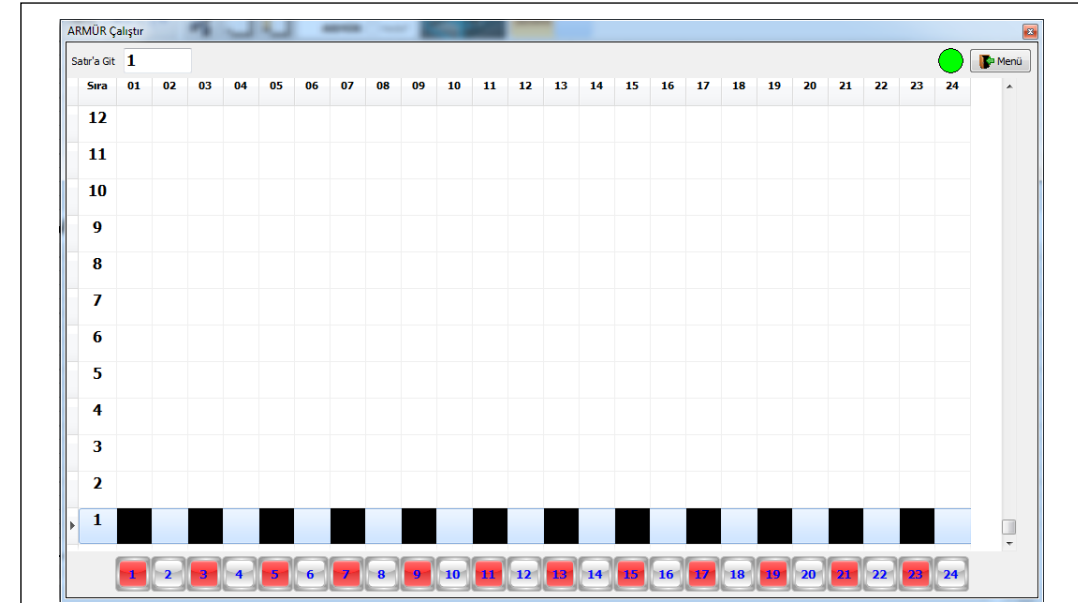
Philips, ATMEL gibi daha birçok firma, ARM firmasından bu işlemci mimarisini satın alıp, mimarinin özelliklerini kendi kültürlerine göre şekillendirerek kendi isimleriyle piyasaya sunmaktadır [20-23]. Geliştirilen deney kartı 12 x 13 cm

ebatlarındadır. Şekil 7'de kontrol kartının görünüşü verilmiştir. Kontrol kartının elektropnömatik valflerle bağlantısı bir soket üzerinden, bilgisayar bağlantısı USB port üzerinden gerçekleştirilmektedir.

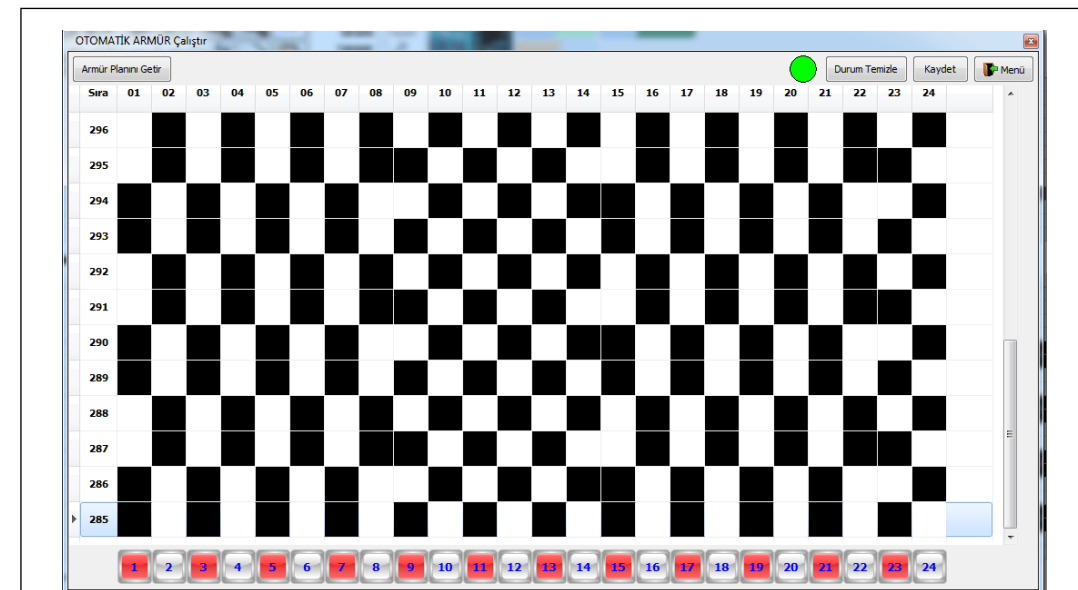


Tezgahın çalıştırılması ile ilgili daha önce hazırlanan makalelerde de bilgi verilmiştir. Tablet bilgisayara yüklenmiş olan desen tasarım programının menüsünde bulunan makine logosu tıklanarak dokuma işlemine başlanmaktadır (Şekil 8). Dokuma desen tasarım programı ve mikrodenetleyici kontrol kartı ile ağızlık açmak için hazırlanan akış diyagramı Şekil 9'da verilmiştir. Tasarlanan çalışma şekline göre kullanıcıya manuel ve otomatik çalışma opsiyonları sunulmaktadır. Başlangıçta çerçevelerin hepsi aşağıdadır. Manuel çalışma opsiyonunda çerçeve tuş takımı vasıtasıyla ilk ağızlıkta yukarı kalkması gereken çerçeveler seçilir (Şekil 10). İlk atkı için seçim tamamlandığında ayak butonuna basılır ve pnömatrik silindirler

desene göre seçilen çerçeveleri kaldırır. Açılan ağızlıkta el ile atkı atılır ve tefe vurulur. Diğer atıklar için aynı işlem tekrarlanır. Dokuma bitinceye kadar bu döngü devam eder. Otomatik çalışma opsiyonunda ise önceden çalışılmış olan bir desene ait armür planı ekrana çağrılır (Şekil 11). Ayak butonuna basıldığında, makine ilk atkının desenini okur ve pnömatrik silindirler desene göre seçilen çerçeveleri kaldırır, diğerlerini kaldırmaz. Açılan ağızlıktan el ile atkı atılır ve tefe vurulur. Tekrar ayak butonuna basıldığında makine, bir sonraki atkı desenini okur, ağız açar ve bekler. Dokuma bitinceye kadar bu döngü devam eder [8, 9]. Desende değişiklik yapılmak istenirse, çerçeve tuş takımı vasıtasıyla değişiklik yapılır ve desen son haliyle bilgisayar hafızasına kaydedilir.



Şekil 10. Manuel Çalışma Sayfasında Çerçeve Seçimi [10]



Şekil 11. Otomatik Çalışma Sayfası Ekran Görüntüsü [10]

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Geliştirilmiş olan elektronik numune dokuma makinesinin ağızlık açma sisteminin kontrolü proje başlangıç çalışmalarında PLC birimleri, operatör panel ve kontrol rölelerinden oluşan bir sistem ile gerçekleştirilmiş ve sistem için gerekli yazılımlar hazırlanarak ağızlık açma sistemi başarılı bir şekilde çalıştırılmıştır. Bu sistemde, desene ait armür bilgisi girişi operatör panel aracılığıyla yapılmakta ve armür bilgileri PLC birimine aktarılmaktadır. PLC birimi elektro pnömatik valfler aracılığıyla, armür planına uygun olarak pnömatik silindirlerin hareketini sağlamaktadır. İlerleyen AR-GE aşamalarında sistemi doğrudan bilgisayardan aldığı komutlar ile kontrol eden mikrodenetleyici elektronik kart ile ağızlık kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kontrol kartı, geliştirilmiş olan desen tasarım programında hazırlanan desen ve armür bilgilerine uygun olarak, ağızlık açma sistemini kontrol etmektedir. Her iki sistemde de kullanıcıya iki çalışma opsiyonu sunulmaktadır. Manuel opsiyon, eğitim amaçlı çalışmalara uygun olup, otomatik opsiyon kreasyon çalışmaları ve ticari amaçlı çalışmalara uygun olacaktır. PLC sistemi için 9500 TL olan ilk yatırım maliyetinin elektronik kart sistemi için 1500 TL olması, PLC sistemi için 3500 TL olan seri imalat maliyetinin elektronik kart sistemi için 1000 TL olması dikkate alındığında, kontrol kartı ile tasarlanan ve çalıştırılan sistemin oldukça avantajlı olduğu görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T. C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü tarafından Sanayi Tezleri Programı kapsamında desteklenmiştir (Proje Kodu: 01365. STZ.2012-1, Proje Ortağı Firma: Gülas Makina). Çalışmayı destekledikleri için T. C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. MEB. 2011. Tekstil Teknolojisi, Ana Örgülü Numune Kumaş Dokuma 2, MEB Yayınları, Ankara.
2. **First, D.** 2000. "From Upholstery to Installation: Educating Designers and Artists Using an Electronic Jacquard Loom," Textile Society of America Symposium Proceedings, 19-24 September 2000, Santa Fe, New Mexico, paper 794, Nebraska-Lincoln/USA.
3. **Holyoke, J.** 2010. "Jacquard: A Loom of Opportunity Workshop," Textile Society of America Symposium Proceedings, 6-9 October 2010, Nebraska-Lincoln/USA.
4. **Akelma, Y.** 2007. "Döner Gücü Sistemi ve Eğitim Amaçlı Armürlü Dokuma Tezgahlarına Uygulanabilirliği," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, El Sanatları Anabilim Dalı, Ankara.
5. Gülas Makina web sitesi. 2012. <http://www.gulasmakina.com.tr>, son erişim tarihi: 1.10.2012.

6. **Isaacs, M. A.** 2001. "New Sampling Loom Includes CAD-CAM," Textile World, October 2001, p. 38-39.
7. **Chongchang, Y., Bin, C., Chunlei, L.** 2010. "The Sample Loom Control System Based on PLC and The Configuration Software," 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering, 25-27 June 2010, TBD Wuhan China.
8. **Ala, D. M., Çelik, N.** 2015. "Bilgisayar Destekli Yarı-Otomatik Tasarlanmış ve Geliştirilmiş Yerli Bir Numune Dokuma Makinesi," Tekstil ve Mühendis, cilt 22, sayı 98, s. 17-23.
9. **Ala, D. M., Çelik, N.** 2015. "Geliştirilmiş Bir Yerli Dokuma Desen Tasarım Programı," Tekstil ve Mühendis, cilt 22, sayı 99, s. 27-40.
10. **Ala, D. M.** 2015. "Bilgisayar Kontrollü Ağızlık Açma ve Desenlendirme Yapabilen Bir Yarı-Otomatik Numune Kumaş Dokuma Tezgâhı Tasarımı, Geliştirilmesi ve Prototip İmalatı," Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
11. MEB. 2011. Elektrik Elektronik Teknolojisi, Elektro pnömatik Sistemler, MEB Yayınları, Ankara.
12. **Taştan, M., Aluçoğlu, A.** 2003. "Programlanabilir Lojik Denetleyici ile Endüstriyel Bir Sistemin Kontrolü," II. Otomasyon Sempozyumu, 2-3 Ekim 2003, Manisa.
13. **Çavuş, Ş., Güney, F.** 2010. "PLC ile İplik Numune Boyama Makinesi Otomasyonu," 2010-Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, 21-22 Ekim 2010, Düzce.
14. **Bayrak, G., Kaya, T.** 2011. "PLC ve Elektrik Kumanda Devreleri Eğitimi İçin Bir Deney Seti Tasarımı ve Uygulaması," Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 5-7 Ekim 2011, Elazığ.
15. MEB. 2006. Elektrik Elektronik Teknolojisi, Temel PLC Sistemleri, MEB Yayınları, Ankara.
16. **Yağmı, M., Akar, F.** 2004. Programlanabilir Lojik Denetleyiciler, Beta Yayınları, İstanbul.
17. **Kurtulan, S.** 2003. PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsan Yayınevi, İstanbul.
18. http://tr.wikipedia.org/wiki/ARM_mimarisi, son erişim tarihi: 30.1.2015.
19. **Albayrak, A., Mersinkaya, İ.** 2012. "Arm İşlemcili Deney Kartı Tasarımı," Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, 25-27 Mayıs 2012, Çankırı.
20. STMicroelectronics web sitesi. 2014. <http://www.st.com>, son erişim tarihi: 1.9.2014.
21. Texas Instruments web sitesi. 2014. <http://www.ti.com>, son erişim tarihi: 1.9.2014.
22. NXP Semiconductors web sitesi. 2014. <http://www.nxp.com>, son erişim tarihi: 1.9.2014.
23. Atmel Corporation web sitesi. 2014. <http://www.atmel.com>, son erişim tarihi: 1.9.2014.