أسس تصميم الدوائر المرنة كأحد التقنيات المستخدمة في إنتاج الملابس الذكية.

سهام أحمد سيد محمد
كلية الفنون التطبيقية
جامعة حلوان

أ.م.د/ شيرين سيد محمد حسن
أستاذ مساعد بقسم الملابس الجاهزة
كلية الفنون التطبيقية– جامعة حلوان

ملخص البحث

إرتبط مفهوم الموضة سابقا بالشكل الجمالي، ولكن حاليا دخلت عليها مستجدات متنوعة بفضل التقدم العلمي والتكنولوجيا، مما أدى إلى ظهور "الملابس الذكية. فلم تعد وظيفة الملابس والمنسوجات تنحصر في الوظائف الجسدية فقط مثل الحماية ولكنها إمتدت لتشمل الجانب التكنولوجي أيضا عن طريق دمج التكنولوجيا في المنسوجات من أجل الحصول علي وظائف جديدة. فلقد أدي التقدم الهائل في تكنولوجيا المنسوجات والملابس الذكية ومجال الإلكترونيات إلي نشأة جيل جديد من الملابس الوظيفية الذكية، وبناءاً عليه يهدف البحث إلي التعرف علي تكنولوجيا الدوائر الإلكترونية المرنة المستخدمة في تصميم الملابس الذكية وكذلك عرض للخامات والأدوات المستخدمة في تنفيذها علي الملابس. ويتناول البحث أسس ومباديء تصميم الدوائر المرنة علي الأقمشة من خلال التطبيق العملي لعدد ست عينات منفذة بإستخدام كل من الليدات – البطاريات – الخيوط الموصلة – الحساس الضوئي – مفاتيح للتحكم بفتح وغلق الدائرة الإلكترونية، مع تطبيق طرق التوصيل المختلفة لليدات مع البطارية "كالتوصيل علي التوالي والتوصيل علي التوازي"، وتوظيف بعض إكسسوارات الملابس كمفتاح لفتح وغلق الدائرة الإلكترونية.

Summery

The concept of fashion was previously associated with aesthetics, but now it has undergone various innovations through scientific progress and technology, leading to the emergence of smart clothing.

Garments and textiles are no longer limited to physical functions such as protection and coverage, but they also extend to integrating technology into textiles for new function. The advancement of textile technology, smart clothing and electronics has led to a new generation of smart functional clothing. The research aims to identify the flexible circuit technology used in smart clothing design. Display of materials and electronic tools used in implementation samples. The research produce principles of soft circuit design on fabrics through the practical application of six samples were applied using: LEDs, batteries, conductive threads, light sensor and switches to control the opening and closing of the electronic circuit. Apply different ways of connecting LEDs with battery, such as "parallel and Series circuit", and use some of clothing accessories as a switch to open and close the electronic circuit.

مشكلة البحث

يواجه مصممي الملابس مشكلة عند تصميم الملابس الذكية الإلكترونية وذلك لعدم توافر المعلومات الكافية للتعرف علي أسس وأساليب تصميم الدوائر المرنة من حيث مبادئ تصميم الدوائر الإلكترونية وكذلك التقنيات والأدوات المستخدمة في تنفيذها.

هدف البحث

التعرف علي التكنولوجيا الحديثة المستخدمة في تصميم الملابس الذكية وإمكانية التطبيق العملي لها.

التعرف علي أسس تصميم الدوائر المرنة والمنسوجات الإلكترونية.

التعرف علي الأدوات والتقنيات المستخدمة في تصميم الدوائر المرنة بالملابس الذكية.

منهج البحث

يتبع البحث المنهج الوصفي والمنهج التجريبي.

الكلمات المفتاحية

أسس تصميم – الدوائر المرنة – الملابس الذكية.

١ – الإطار النظري.

مقدمة

ارتبط مفهوم الموضة سابقا بالشكل الجمالي، ولكن حاليا دخلت عليها مستجدات متنوعة بفضل التقدم العلمي والتكنولوجيا، مما أدى إلى ظهور "الملابس الذكية."ولم تتوقف التكنولوجيا الحديثة عند حد معين ، بل تم توظيفها في عالم الملابس والأزياء بطريقة أقرب ما يمكن وصفها بأنها جزء من عالم الخيال العلمي الذي تحول إلى واقع ملموس على أرض الواقع. فلم يعد عالم الازياء بعيداً عن سطوة التقنية الحديثة.

اتفق خبراء الأزياء والإلكترونيات علي ان الملابس الذكية تمثل المستقبل ، وأهم ما يميزها هو قدرتها التفاعلية مع البيئة المحيطة بها بما فيها الإنسان ذاته، والقيمة المضافة التي تولدها وعبر استعمال التكنولوجيا المتقدمة يمكن دمج الوظائف الإلكترونية مع الملابس حتي تصبح ذكية، ونظرا للطبيعة المختلطة للملابس الذكية فإن هناك حاجة لفرق عمل متعددة التخصصات وتعاون جهات صناعية متنوعة كذلك المعرفة بعدد من التخصصات مثل الإلكترونيات والمنسوجات والطب والهندسة والاتصالات والكهرباء بجانب تصميم الأزياء.

١-١ تصميم الأزياء.

كلمة تصميم تلمس كل ما يتصل بالحياة العصرية المتطورة والحياة الإنسانية بشكل عام. وقديما اقتصرت كلمة تصميم علي الناحية الشكلية فقط وامتد المفهوم حديثا ليشمل أوجه النشاط المختلفة المتصلة اتصالا وثيقا بالحياة العصرية.

وتصميم الأزياء هو عملية الخلق والإبتكار والإبداع وإدخال أفكار جديدة عن طريق صياغة وتنظيم العلاقات التشكيلية التي تشمل تكوين الشخص من قمة الرأس حتي القدم، وتنظيم العلاقات الجمالية المنشودة بإستخدام الأقمشة والخامات والإكسسوارات مع نوع الجسم المراد التصميم له [١]. كذلك فإن تصميم الأزياء يعد عملية معقدة، تحتاج لعناصر أساسية كالشكل الظلي، والقصات والألوان، والنموذج الأولي، والتنفيذ، والزخارف"، لتعطي إطارا مبدئيا للملابس، وكذلك للحصول على نتيجة ثلاثية الأبعاد [٥].

١-٢ الملابس الذكية الإلكترونية.

لم يعد وظيفة الملابس والمنسوجات تنحصر في الوظائف الجسدية فقط مثل الحماية والإخفاء ولكنها إمتدت لتشمل الجانب التكنولوجي أيضا عن طريق دمج التكنولوجيا في المنسوجات من أجل الحصول علي وظائف جديدة [٦]. فلقد أدي التقدم الهائل في تكنولوجيا المنسوجات والملابس الذكية ومجال الإلكترونيات إلي نشاة جيل جديد من الملابس الوظيفية الذكية ولقد قام مصممو الموضة بإضافة أشياء جديدة مثل الألياف الضوئية والدوائر الإلكترونية إلي المنسوجات التقليدية من أجل إبتكار ملابس وأنسجة إلكترونية ذكية كالملابس التي تتلالا في الظلام [٢]، وكذلك خلق إمكانيات لدمج وتكامل الدوائر الإلكترونية والعناصر الكهربائية الضاغطة والكهربائية الضوئية والحساسات داخل المنتجات النسجية ويتم ذلك عادة عن طريق الخيوط الموصلة بدلا من الأسلاك للسماح بتمرير التيار الكهربي مما أدي إلي سهولة تلقي المعلومات والتعامل مع البيانات وسهولة الإستخدام [٣][٦].

فتكامل الأجهزة الإلكترونية مع المنسوجات يعني أنه من الممكن تقديم ملابس ذكية مريحة ذات خواص جمالية وخواص أخري جديدة ومتطورة لمرتديها ويهدف علم المنسوجات الإلكترونية Textronic – وهو فرع من فروع العلوم الحديثة – إلي تقوية أساس المجال التكنولوجي الذي يربط بين المنسوجات والإلكترونيات والمعارف[٣]. وتعد المنسوجات الإلكترونية جزءاً من نظم الكمبيوتر القابلة للارتداء.

١-٣ الموضة والتكنولوجيا.

لقد باتت أنماط عديدة من المنسوجات الذكية تلعب دوراً هاماً في صناعة أنواع مختلفة من الملابس من أجل توفير المتطلبات الوظيفية الحديثة والموائمة الأرجونوميكية، وكذلك من أجل إضفاء قيم جمالية بالموضات الحديثة [٢].

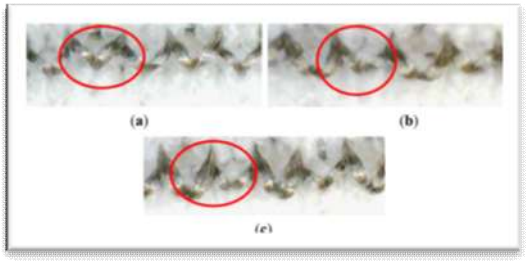
كيوت سيركت Cute circuit هي شركة رائدة في مجال التكنولوجيا القابلة للإرتداء، مقرها لندن، وتعمل كل من فرانشيسكا وريان – مؤسسي ومصممي الشركة – منذ عام ٢٠٠١ حتي تم تأسيس الشركة فعليا في عام ٢٠٠٤. حيث تقوم الشركة بعمل خط إنتاج للملابس يشمل تصميم الملابس الراقية Haut Couture مع المشاريع الخاصة بالملابس الوظيفية ذات الأداء الفريد من نوعه. أغلب التصميمات تركز علي الملابس التي تحتوي علي تقنية الليد والمواد العاكسة [٩] كما بالشكل رقم (١).

شكل رقم () يوضح بعض تصميمات الملابس التي تحتوي علي تقنية الليد من إنتاج شركة كيوت سيركت Cute circuit

١-٤ الأقمشة والمنسوجات الموصلة.

هي أقمشة تحتوي علي خيوط موصلة كهربيا تستخدم لصنع الدوائر الكهربائية المرنة في الملابس وغيرها من المنتجات. تتميز بخفة الوزن والمرونة وبعضها قابل للغسيل، يمكن حياكتها كالمنسوجات التقليدية مما يجعلها بديلا رائعا للأسلاك في المنسوجات الإلكترونية[٦].

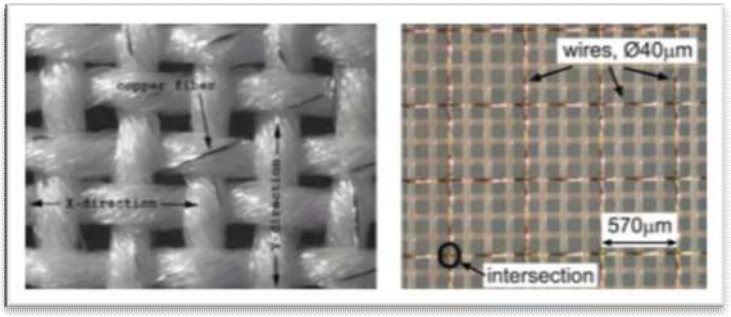
ولقد صُممت الخيوط الموصلة لخلق مساراً كهربياً من نقطة إلى الأخرى مثل الاسلاك الكهربية. ومع ذلك، فهي على عكس الأسلاك تكون مرنة ويمكن حياكتها، وكذلك يمكن نسجها أو تطريزها على النسيج من اجل الحصول علي الدوائر المرنة المراد إنشاؤه. حيث تحتوي على عناصر معدنية مثل الفولاذ المقاوم للصدأ أو الفضة، مع النايلون أو البوليستر كالألياف أساسية في النسيج كما بالشكل (٢) [٧][٦][٨].



شكل رقم (٢) صورة مكبرة توضح التركيب البنائي للخيوط الموصلة.

- وهناك طريقتين للحصول علي المنسوجات الموصلة.

الطريقة الأولى : يتم نسج الخيوط المعدنية الموصلة مع الخيوط العادية من أجل الحصول علي نسيج موصل كهربياً[٣] كما بالشكل رقم (٣). أو بتشابك الخيوط الموصلة مع الخيوط النسجية كما هو الحال في أقمشة التريكو كما بالشكل رقم (٤).



شكل رقم (٣) يوضح تصميم نسيج موصل من خيوط البولي إستر مع الخيوط النحاسية.

شكل رقم (٤) يوضح دمج الخيط النحاسي الموصل مع الخيوط النسجية في أقمشة التريكو.

الطريقة الثانية : بإستخدام الأحبار الموصلة كهربياً في طلاء الأقمشة أو رسم الدوائر الإلكترونية بعناصر معدنية مثل النيكل، الفضة، النحاس والكربون مخلوطة مع الاحبار العادية كما بشكل رقم (٥). ويمكن تطبيق الطلاء علي أنواع مختلفة من الألياف التقليدية والغزول والأقمشة، بدون تأثير على مرونة أو كثافة الأقمشة. ولقد أصبحت الأحبار موصلة أكثر إثارة للإهتمام المصممين والمطورين في هذا المجال [٣][٦][٨].

شكل رقم (٥) يوضح رسم دوائر إلكترونية بالأحبار الموصلة كهربياً.

١-٥ الدوائر المرنة Soft circuits.

هي أحد أشكال المنسوجات الإلكترونية، فهي عبارة عن دوائر إلكترونية تم إنشاؤها بإستخدام المواد الموصلة المرنة (مثل الخيوط والأقمشة موصلة) بالاشتراك مع المكونات الإلكترونية الأخري (كالمصابيح والبطاريات والمحولات، وأجهزة الاستشعار)[٤].

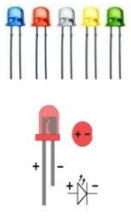
٢- الإطار العملي.

٢-١ <u>الخامات والأدوات المستخدمة في عمل الدوائر المرنة علي الملابس.</u>

لتنفيذ تطبيقات الدوائر المرنة علي الأقمشة نحتاج لبعض الأدوات والعدد الإلكترونية للمساعدة في بناء الدائرة الإلكترونية المراد تنفيذها وكذلك بعض الخامات المتعلقة بالحياكة والمنسوجات لتطبيق الدوائر الإلكترونية علي الأقمشة والملابس، وفيما يلي جدول يوضح إسم ووظيفة وشكل كل صنف من تلك الأدوات والخامات.

جدول رقم (١) يوضح الأدوات والخامات المستخدمة في عمل الدوائر الإلكترونية المرنة.

م	الصنف	الشكل	الإستخدام
١	أفوميتر		لقياس فرق الجهد وشدة التيار لمصدر التيار
٢	Power supply		جهاز يستخدم في تحويل التيار المتردد إلي تيار مستمر وكذلك للتأكد من توصيل الدائرة الكهربية بشكل سليم.

٣	كابلات توصيل		تستخدم لإختبار توصيل الدائرة الإلكترونية ومكوناتها بشكل سليم وذلك بإستخدام أحد الكابلاب للقطب الموجب والآخر للقطب السالب.
٤	لوحة إختبار		للمساعدة في تصميم وبناء الدائرة الإلكترونية وإختبارها.
٥	حساس ضوئي LDR sensor		مقاومة كهربائية حساسة للضوء تقل مقاومتها عند شدة سطوع الضوء عليها.
٦	بطارية ٩ فولت		مصدر لإمداد الدائرة بالتيار الكهربي.
٧	حافظة توصيل لبطارية ٩ فولت		لسهولة توصيل البطارية بالدائرة الإلكترونية المصممة.
٨	بطارية ليثيوم ٣ فولت		مصدر لإمداد الدائرة بالتيار الكهربي.
٩	حامل بطارية ٣ فولت Buttery holder		لسهولة توصيل البطارية الليثيوم بالدائرة الإلكترونية المصممة.
١٠	ليدات		الديودات الباعثة للضوء، لها أشكال وأحجام وألوان عديدة تصدر ضوء عند مرور التيار الكهربي بها.

١١	مفتاح ضغط للدائرة الإكترونية		للتحكم في غلق وفتح الدائرة الإلكترونية عن طريق الضغط.
١٢	مفتاح هيدروليكي Relay		يستخدم عند عمل دائرتين إلكترونيتين معا للتحكم في فتح إحداهما وغلق الأخري.
١٢	المقاومة الإلكترونية		تعمل المقاومة كمجزئ للجهد ومجزئ لشدة التيار بالدائرة الإلكترونية من أجل التحكم في كمية التيار أو الجهد الكهربي المطلوب مروره بالدائرة الكهربية لتشغيل الجهاز أو الليد.
١٣	كاوية لحام		تستخدم لصهر سلك اللحام القصدير بهدف ربط العناصر والمكونات الإلكترونية معا حتي يمر التيار الكهربي بالدائرة الإلكترونية بشكل سليم. ويوجد منها عدة أنواع مختلفة وتصنف بحسب قدرتها على إنتاج الحرارة.
١٥	سلك لحام من القصدير.		يستخدم للربط المكونات بالدائرة الإلكترونية معا عن طريق صهره بكاوية اللحام. ويتكون سلك اللحام من مادتي الرصاص بنسبة ٤٠% ومادة القصدير بنسبة ٦٠ .% كما يحتوي بداخله على مادة مساعدة لعملية اللحام تسمى (Solder Flux).ويفضل أن يكون قطر السلك ٠.٨

			ميللمتر.
١٦	مسدس شمع		لتثبيت بعض أجزاء الدائرة الإلكترونية علي القماش.
١٧	لاصق ذو وجهين		لتثبيت بعض أجزاء الدائرة الإلكترونية علي القماش.
١٨	الزرادية ذات الاطراف الطويلة needle nose pliers		تستخدم لثني وتعديل الأجزاء المعدنية في القطع الإلكترونية مثل طرفي الليد.
١٩	قصافة wire cutter		تستخدم لقطع الأسلاك وكذلك أطراف العناصر الإلكترونية الغير مرغوب فيها بعد عملية اللحام.
٢٠	جفت "ماسك"		لسهولة إلتقاط الأجزاء الصغيرة والدقيقة.
٢١	خيط حياكة موصل معزول Conductive thread		يستخدم في توصيل التيار الكهربي لمكونات الدائرة الإلكترونية ببعضها ويتميز بسهولة إستخدامة في الحياكة اليدوية علي القماش.
٢٢	خيط موصل نحاسي معزول		يستخدم في توصيل التيار الكهربي لمكونات الدائرة الإلكترونية، ولكن غير

			مناسب للحياكة علي القماش.
٢٣	كباسين معدنية Snaps		يمكن إستخدامها كمفتاح لفتح وغلق الدائرة الإلكترونية.
٢٤	سوست معدنية Metal zipper		يمكن إستخدامها كمفتاح لفتح وغلق الدائرة الإلكترونية.
٢٥	قماش جوخ Felt		لعمل عينات للدوائر الإلكترونية علي القماش.
٢٦	طباشير للأقمشة sewing chalks		لأخذ العلامات علي القماش.
٢٧	إبر حياكة sewing needles		لحياكة الخيوط الموصلة المعزولة بالدائرة الإلكترونية علي القماش.

٢-٢ التطبيق العملي وتنفيذ العينات.

- يتضمن هذا الجزء من البحث تطبيق عملي لتوضيح طريقة توصيل الدائرة الإلكترونية البسيطة علي القماش الجوخ بإستخدام كل من :-

الليدات – البطاريات – الخيوط الموصلة – حساس ضوئي – مفاتيح للتحكم بفتح وغلق الدائرة الإلكترونية.

- تطبيق طرق التوصيل المختلفة لليدات مع البطارية "كالتوصيل علي التوالي والتوصيل علي التوازي".

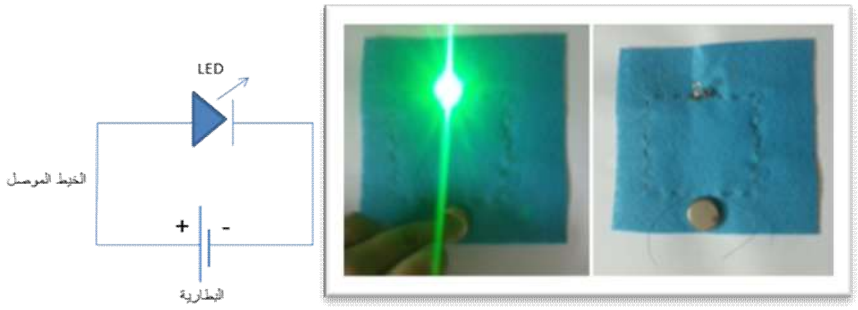
التطبيق رقم ١: الدائرة البسيطة A Simple Circuit

توصيل الإضاءة "الليد" والبطارية علي القماش بإستخدام الخيوط الموصلة.

يتم توصيل الليد بالبطارية عن طريق الخيط الموصل بحيث يتصل الطرف الموجب "الأنود" لمصدر الضوء "LED" مع الطرف الموجب للبطارية. ويتصل الطرف السالب "الكاثود" لليد مع الطرف السالب للبطارية.

تتم عملية التوصيل الكهربائي عن طريق سريان التيار الكهربائي من البطارية إلي الليد عبر الخيط الموصل المستخدم في الحياكة.

- يراعي عدم إتصال طرفي الخيط الموصل "الموجب والسالب" معا في أي جزء من الدائرة لتجنب إنقطاع التيار الكهربي المار بالدائرة.



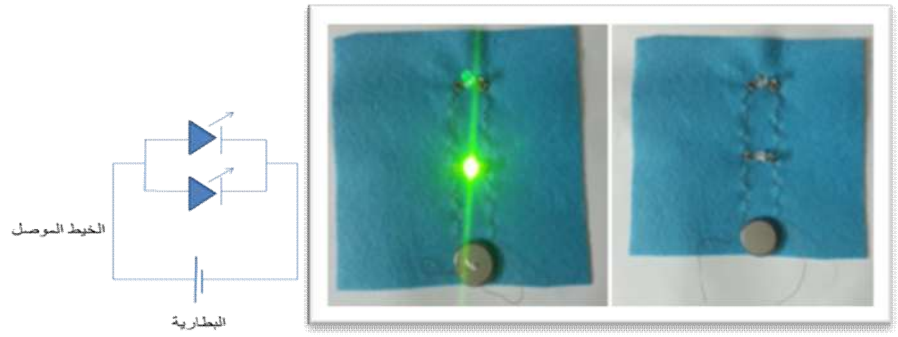
شكل رقم (٦) يوضع عينة تنفيذية لعمل دائرة إلكترونية بسيطة علي القماش.

التطبيق رقم ٢ : التوصيل علي التوازي Parallel Circuits

توصيل الليدات معا علي التوازي ثم توصيلهم بالبطارية بإستخدام الخيط الموصل في الدائرة الإلكترونية.

يتم توصيل الطرف الموجب لكل ليد مع الطرف الموجب لليد الذي يليه، وكذلك توصيل الطرف السالب لكل ليد مع الطرف السالب لليد الذي يليه.

وفي النهاية يتم توصيل الطرف الموجب النهائي لمجوعة الليدات مع الطرف الموجب للبطارية، والطرف السالب النهائي لمجموعة الليدات مع الطرف السالب للبطارية.



شكل رقم (٧) يوضح عينة منفذة لدائرة إلكترونية علي القماش بإستخدام الليدات الموصلة علي التوازي.

التطبيق رقم ٣ : التوصيل علي التوالي Consequent Circuits

توصيل الليدات علي التوالي في الدائرة الكهربية.

حيث يتم توصيل الليدات معا بطريقة التوالي بحيث يتم توصيل الطرف الموجب لكل ليد مع الطرف السالب لليد الذي يليه وفي النهاية يتم توصيل الطرف النهائي الموجب لمجموعة الليدات الموصلة مع الطرف الموجب للبطارية والطرف النهائي السالب لمجموعة الليدات الموصلة مع الطرف السالب للبطارية.

شكل رقم (٨) يوضح عينة منفذة لدائرة إلكترونية علي القماش بإستخدام الليدات الموصلة علي التوالي.

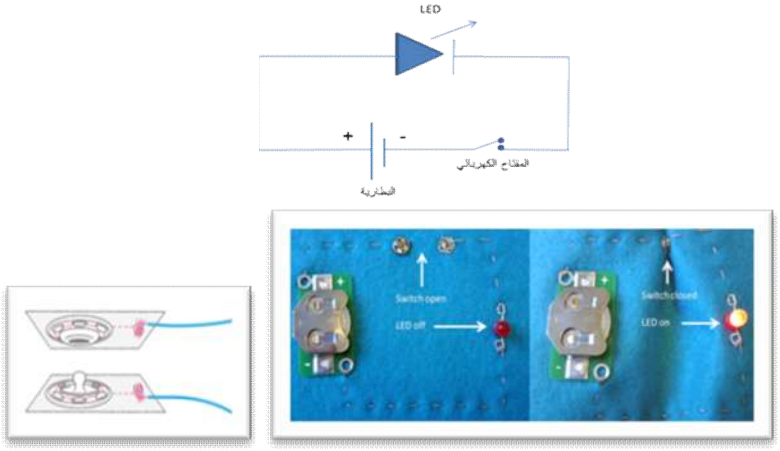
التطبيق رقم ٤: المفتاح الكهربائي Switch Template.

فتح وغلق الدائرة الكهربية عن طريق مفتاح كهربي.

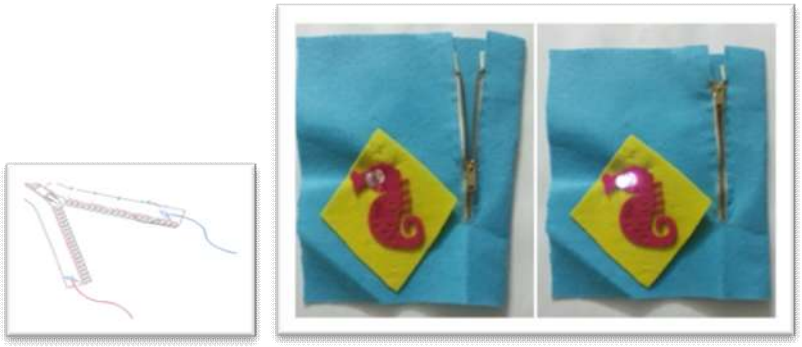
يتم توصيل الليدات مع البطارية بأي طريقة "التوالي أو التوازي"، ثم يتم توصيل المفتاح المستخدم في فتح وغلق الدائرة بين مجموعة الليدات والبطارية.

إستخدام السوستة المعدنية كمفتاح للتحكم في فتح وغلق الدائرة الإلكترونية حيث تم حياكة السوستة بالخيط الموصل مع البطارية والليدات كما بالشكل رقم (١٠).

إستخدام الكبسون المعدني كمفتاح للتحكم في فتح وغلق الدائرة الإلكترونية بتثبيته علي القماش وتوصيلة مع البطارية والليدات بالخيط الموصل كما بالشكل رقم (٩).



شكل رقم (٩) يوضح عينة منفذة لتطبيق إستخدام الكبسون كمفتاح للدائرة الإلكترونية.



شكل رقم (١٠) عينة منفذة لتطبيق إستخدام السوستة المعدنية كمفتاح للدائرة الإلكترونية.

التطبيق رقم ٥: إستخدام طريقتي توصيل الليدات "التوالي – التوازي" مع المفتاح الكهربائي.

يتم توصيل مجموعتين من الليدات معا علي التوازي ثم توصيل كلتاهما مع ليد علي التوالي ثم يتم تجميعهم معا في الدائرة الإلكترونية بالبطارية بإستخدام السلك الموصل، مع إستخدام مفتاح ضغط لفتح وغلق الدائرة الإلكترونية كما بالشكل رقم (١١).

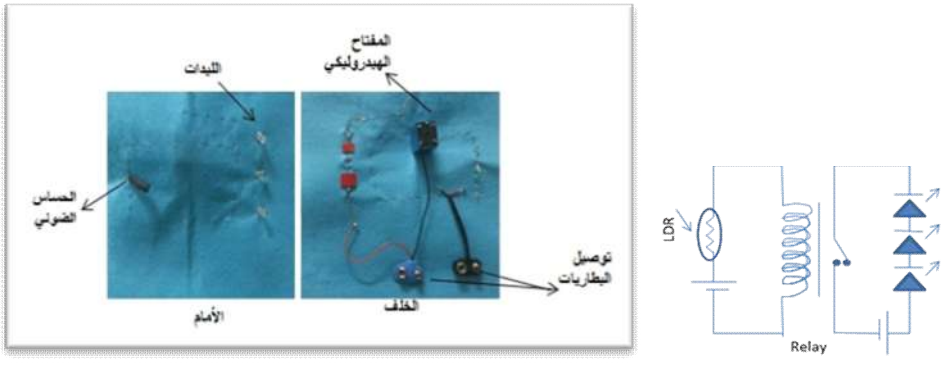
شكل رقم (١٢) يوضح عينة منفذة لتطبيق طريقة توصيل الليدات علي التوازي والتوالي مع إستخدام مفتاح ضغط للدائرة الإلكترونية.

التطبيق رقم ٦: إستخدام الحساس الضوئي والمفتاح الهيدروليكي للتحكم في إضاءة وإطفاء الليدات.

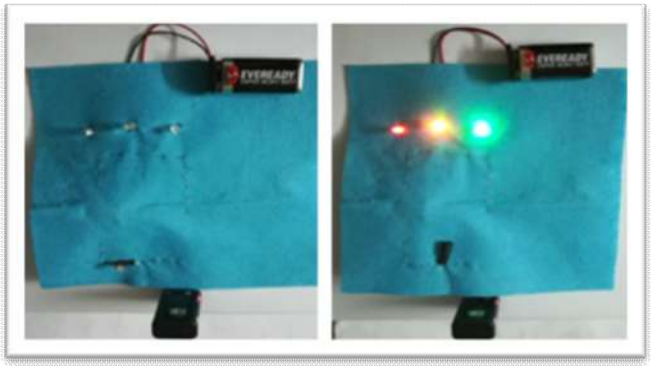
يتم توصيل مجموعة من الليدات علي التوالي ثم توصيلهم مع البطارية والمفتاح الهيدروليكي Relay في دائرة إلكترونية بإستخدام الخيط الموصل، كذلك توصيل الحساس الضوئي LDR مع المفتاح الهيدروليكي وبطارية بإستخدام الخيط الموصل في دائرة إلكترونية أخري، بحث يتصل المفتاح الهيدروليكي بالدائرتين معاً كما بالشكل رقم (١٣).

يتم عمل غطاء علي الحساس الضوئي، بحيث عند حجب الضوء عن الحساس الضوئي يقوم المفتاح الهيدروليكي بالتحكم في الدائرة الإلكترونية ويمر التيار الكهربي في الليدات وبالتالي تضيء الليدات في الظلام.

عند تعريض الحساس للضوء يقوم المفتاح الهيدروليكي بالتحكم في الدائرة الإلكترونية ويمنع مرور التيار الكهربي في الليدات فلا تضيء كم يوضح الشكل رقم (١٤).



شكل رقم (١٣) يوضح إستخدام الحساس الضوئي والمفتاح الهيدروليكي للتحكم في إضاءة وإطفاء الليدات.

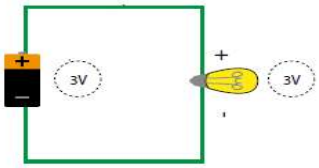


شكل رقم (١٤) يوضح إضاءة الليدات عند تغطية حساس الضوء، وإنطفائها عند تعريض الحساس للضوء.

٣- النتـائج والمناقشة.

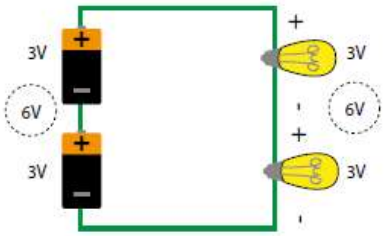
- قدم البحث عدد ٥ عينات كتطبيق عملي لتصميم الدوائر المرنة علي القماش بإستخدام مكونات الدائرة الإلكترونية المتمثلة في كل من (الليدات – الخيط الموصل – البطاريات – المفاتيح الكهربائية).
- عند عمل الدائرة الإلكترونية يجب مراعاه التالي :-

تناسب مقدار القدرة الكهربية للبطارية مع القدرة القصوي لليدات لإستيعاب الطاقة المصدرة من البطارية ، حيث أنه عند إستخدام بطارية قدرتها الكهربية أعلي من قدرة الليد علي استيعاب تلك الطاقة يودي ذلك إلي تلف الليد المستخدم وإحتراقه، وكذلك إذا كانت القدرة الكهربية للبطارية أقل من القدرة الكهربية التي يحتاجها الليد لا تعمل الدائرة الألكترونية لأن كمية التيار الكهربي المار بالدائرة غير كافي لإضاءة الليد.



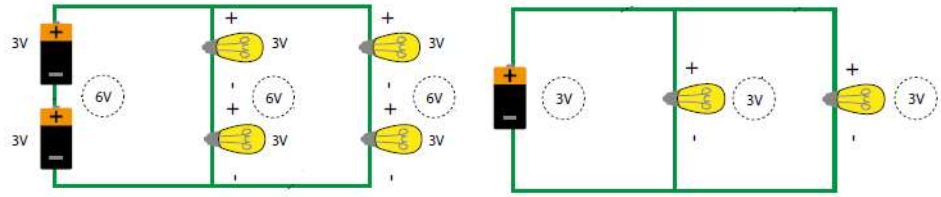
شكل رقم (١٥) يوضح تناسب مقدار القدرة الكهربية للبطارية مع القدرة الإستيعابية لليدات.

- عند توصيل الليدات علي التوالي تحتاج الدائرة الإلكترونية لبطارية قيمة فرق الجهد لها "voltage" يساوي مجموع فرق الجهد لكل ليد كما بالشكل رقم (١٦). ولكن شدة التيار المار بجميع الليدات مساوية لشدة التيار الخارج من البطارية.



شكل رقم (١٦) يوضح تناسب القدرة الكهربية للبطاريات مع لليدات الموصلة علي التوالي.

- عند توصيل الليدات علي التوازي تحتاج الدائرة الإلكترونية لبطارية قيمة فرق الجهد لها "voltage" يساوي قيمة فرق الجهد لليد الواحد مهما كان عدد الليدات المستخدم في الدائرة كما يوضح الشكل رقم (١٧)، ولكن شدة التيار المسحوب من البطارية يساوي مجموع شدة التيار المطلوب لكل ليد بالدائرة الإلكترونية.



شكل رقم (١٧) يوضح تناسب القدرة الكهربية للبطاريات مع لليدات الموصلة علي التوازي.

- عند توصيل مجموعة من الليدات علي التوالي بالدائرة الإلكترونية، وحدث تلف في أحد الليدات لا يمر التيار الكهربي بالدائرة كلها وبالتالي لا يضيء أي من الليدات الأخر بالدائرة الإلكترونية.
- عند توصيل مجموعة من الليدات علي التوازي بالدائرة الإلكترونية، وحدث تلف في أحد الليدات يمر التيار الكهربي بالدائرة، فتضيء باقي الليدات بالدائرة الإلكترونية ولا يتأثر مرور التيار بالليد التالف.

التوصيات.

- زيادة الأبحاث المتخصصة التي تربط تصميم الملابس بالتكنولوجيا الحديثة التي تنعكس بدورها علي تحقيق متطلبات إبداعية غير تقليدية للملابس الذكية.
- ضرورة وعي المصمم بالتطورات التكنولوجية المتغيرة مما يساعد في إبتكار العديد من الأفكار والتصميمات المسايرة لتكنولوجيا تصميم وإنتاج الموضة الحديثة.

المراجع.

١- أحمد فتحي بيبرس – ٢٠٠٣ – فعالية برنامج مقترح لتنمية الإبداع قي تصميم الأزياء – رسالة دكتوراه – كلية الإقتصاد المنزلي – جامعة حلوان.

٢- محمد عبد الله الجمل – ٢٠٠٤ – الملابس الذكية : التاريخ، التقنيات، المستقبل – مجلد إدارة منظومة الملابس الجاهزة – الحملة القومية للنهوض بالصناعات النسجية – وزارة البحث العلمي.

٣- نهال عفيفي محمد شفيق رزق – ٢٠١٣ – إستخدام التقنيات الحديثة للمنسوجات الذكية في تحسين الأداء الوظيفي للملابس – رسالة دكتوراه – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.

4- Emily Lovell - Getting Hands-On with Soft Circuits - May 17, 2011 - CopyrightStandard Copyright License - BindingSaddle-stitch Paperback

5- Kathryn McKelvey, Janine Munslow - 2003 - Fashion Design: Process, Innovation and Practice - first edition - U.S.A

6- Marija Andonovska - spring 2009 - E-textiles: The intersection of computation and traditional textiles - Master Thesis – Medialogy - Aalborg University Copenhagen.

7- Matteo Stoppa, Alessandro Chiolerio - July 2014 - Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review – Sensors.

8- Roya Ashayer, Soltani – 14 November 2015 - Conductive Textiles: Towards True Wearable Technology - National Physical Laboratory.

9- http://cutecircuit.com/wearable-technology/#after_full_slider_1