التحكم في درجة حرارة نظام مغلق باستخدام المتحكم PI

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية تخصص (تحكم)

إعداد الطلاب:

أصيل محمد حسن عبد الله شايع
سمر صلاح محمد عبد اللطيف
محمد يوسف عمر احمد

إشراف:

أ/ وائل كمال الدين علي

قسم الهندسة الكهربائية

كلـية الـهندسة

جـامعة الـشيخ عـبد الله الـبدري

مارس 2022م

الآية

بسم الله الرحمن الرحيم

(وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله

والمؤمنون وستردون إلى عالم الغيب والشهادة

فينبئكم بما كنتم تعملون)

صدق الله العظيم

آية (105) سورة التوبة

الإهداء

إلى من روى الأرض بعرقه ليصنع مني رجلا يعتمد عليه

إلى من بث فيَ حب المثابرة والاجتهاد

والدي العزيز

إلى نجمة سطعت في سمائي وربيع ينشر الأزهار

إلى التي دعائها لازمني مدة الدراسة

امي الحبيبة

إلى من أعطوني بدون مقابل وأحبوني بلا حدود إلى من أفتخر بهم

إخواني

إلى من كان لنا خير سند وموجه مشرفنا الأستاذ

أ. وائل كمال الدين علي

إلى كل من أضاء شمعة تنير طريق العابرين في سلم العلم

معلمينا الأعزاء

إلى من عشت معهم طوال فترة دراستي وكانوا نعم

الاخوة والأصدقاء

شكر وتقدير

يطيب لنا وقد فرغنا من إعداد هذا البحث ان نتضرع بالحمد والشكر لله العلي القدير على كرم فضله وجزيل نعمه وتوفيقه فلله الحمد والشكر على كل حال.

هي مساحة بسيطة نخصصها لمن أعطوا ومازالوا يعطوا الكثير لطلابهم ،
كلمات شكر كلمات عرفان وجميل على ثقة منحونا إياها فجزاكم الله عنا خير الجزاء وكتبها في ميزان حسناتكم
كما نخص بالشكر الجزيل لمشرفنا لما قدمه لنا من إرشاد وتوجيه حتى تم إخراج هذا المشروع إلى حيز الوجود سائلين المولى عز وجل أن يبارك في علمه

الأستاذ المهندس / وائل كمال الدين علي

كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى رئيس قسم الهندسة الكهربائية

الأستاذ المهندس / نزار علي الحاج

كما نتقدم بالشكر والعرفان إلى الشموع النيرة التي أنارت لنا دروب العلم والمعرفة/ **مدرسينا الأعزاء**

كما نتقدم بباقة شكر وعرفان إلى/ **إدارة الجامعة**

ونتقدم بالشكر لكل من قدم يد العون لنا في إعداد هذا المشروع.

فهرس المحتويات

التسلسل	المحتوى	رقم الصفحة
	الآية	I
	الإهداء	II
	الشكر والعرفان	III
	فهرس المحتويات	IV
	فهرس الأشكال	VI
	المستخلص	VII
	Abstract	VIII
	الفصل الأول المقدمة	
1-1	المقدمة	2
2-1	مشكلة البحث	2
3-1	أهمية البحث	2
4-1	الهدف من البحث	3
5-1	منهجية البحث	3
6-1	بنية البحث	3
	الفصل الثاني الخلفية التاريخية والدراسات السابقة ومكونات النظام الحراري	
1-2	مقدمة	5
2-2	الطاقة الداخلية للنظام	8
3-2	الدراسات السابقة	8
4-2	مكونات النظام الحراري	9

1-4-2	تمهيد	9
2-4-2	الأردوينو	9
3-4-2	أنواع لوحات الأردوينو	10
4-4-2	أردوينو ليوناردو	10
5-4-2	حساس LM35	12
6-4-2	السخان	13
7-4-2	المشتت الحراري	14
	الفصل الثالث إثبات النموذج الرياضي للنظام الحراري	
1-3	مقدمة	16
2-3	بناء النموذج الحراري	16
1-2-3	اختبار (1)	19
2-2-3	اختبار (2)	20
	الفصل الرابع النتائج والمناقشة	
1-4	مقدمة	23
2-4	نظرية عمل الدائرة	23
3-4	النتائج	25
	الفصل الخامس الخلاصة والتوصيات	
1-5	الخلاصة	29
2-5	التوصيات	30
	المراجع	32
	الملاحق	34

فهرس الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
1-2	مثل لنظام مغلق	5
2-2	مثل لنظام مفتوح	6
3-2	اردوينو ليوناردو	11
4-2	حساس LM35	13
5-2	السخان الكهربائي	13
6-2	المشتت الحراري	14
1-3	شكل تخطيطي للنظام المغلق	18
2-3	مخطط للنظام الحراري بصفحة Simulink	19
3-3	استجابة النظام	19
3-4	مخطط النظام الحراري مع المتحكم PI	20
5-3	استجابة النظام الحراري مع المتحكم PI	21
1-4	مخطط توصيل أردوينو ليوناردو	23
2-4	الدائرة العملية على Simulink	24
3-4	درجة حرارة منخفضة	25
4-4	درجة حرارة مرتفعة	26
5-4	استجابة النظام قبل المتحكم PI	27
6-4	استجابة النظام بعد المتحكم PI	27

المستخلص

يعد ضبط تغير درجة الحرارة باستخدام دارات التحكم الإلكترونية موضوعا مهما لما له من استخدامات متعددة منها التطبيقات الصحية وغرف التدفئة وحتى أنه يفيد في التحكم بحرارة المعامل والمصانع وغيرها.

يعرض هذا العمل تفاصيل بناء نظام ضبط تغير درجة الحرارة في وسط قمنا باستخدام المتحكم أردوينو ليوناردو الذي يتمتع بسرعة أداء عالية وذاكرة مناسبة، تم استخدام حساس حراري LM35 للتعرف على درجات الحرارة داخل الوسط ولتفعيل دائرة المخرج تم الإعتماد على مبدأ التغذية العكسية وتم الحصول على قراءات أولية من خلال أردوينو ليوناردو.

ولتحسين أداء النظام تم استخدام المتحكم PI وذلك لتسريع استجابة النظام وتحقيق الاستقرار عند درجة الحرارة المطلوبة والتحكم في نسبة درجة الحرارة الداخلة إلى النظام وتم استخدام صفحة السيمولينك على الماتلاب لمراقبة عمل النظام الحراري والتحكم فيه وتعديل قيم PI يدويا على برنامج الماتلاب وملاحظة التغيرات التي تحصل على النظام حتى تم التوصل إلى القيمة المناسبة.

تم الاعتماد على المنهج العلمي الوصفي القائم على جمع المعلومات من المراجع والأوراق العلمية وكذلك على التجارب المعملية للوصول إلى خصائص وبيانات النظام .

وتم التوصل إلى نظام حراري يتم ضبط درجة حرارته عند درجة معينة .

Abstract

Adjusting the temperature change using electronic control circuits is an important topic because of its multiple uses, including health applications and heating rooms, and it is even useful in controlling the temperature of laboratories, factories, and others.

This work presents the details of building a temperature control system in a medium. We used the Arduino Leonardo microcontroller, which has a high performance speed and an appropriate memory. An LM35 thermal sensor was used to identify the temperatures inside the medium and to activate the output circuit. The principle of feedback was relied on and preliminary readings were obtained through Arduino Leonardo.

And to improve the performance of the system, the PI controller was used to speed up the system's response, achieve stability at the required temperature, and control the temperature ratio entering the system.

Until the appropriate value has been reached. The descriptive scientific method was relied on, based on collecting information from references and scientific papers, as well as on laboratory experiments to reach its characteristicsand system data.

A thermodynamic system has been reached whose temperature is set at a certain degree.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

1-1 المقدمة:

لماذا نحتاج إلى أجهزة التحكم في درجة الحرارة؟

هناك حاجة إلى أجهزة التحكم في درجة الحرارة في أي حالة تتطلب الحفاظ على درجة حرارة معينة ثابتة، يمكن أن يكون هذا في موقف يتطلب فيه تسخين الجسم أو تبريده أو كليهما والبقاء عند درجة الحرارة المستهدفة (نقطة الضبط) بغض النظر عن البيئة المتغيرة من حوله، وهنالك نوعان أساسيان من التحكم في درجة الحرارة التحكم في حلقة مفتوحة والتحكم في حلقة مغلقة.

الحلقة المفتوحة هي الشكل الأساسي وتطبق التسخين / التبريد المستمر دون أي اعتبار لإخراج درجة الحرارة الفعلية، أما التحكم في الحلقة المغلقة أكثر تعقيدا من الحلقة المفتوحة حيث يتم فيها التحكم في الخرج المطلوب ومقارنته بقيمة مرغوبة ومطلوبة ولابد من اتخاذ إجراء ما لإزالة الخطأ الناتج إن وجد.

2-1 مشكلة البحث:

يتزايد الطلب على الطاقة بسرعة في جميع أنحاء العالم بسبب أنماط الحياة الحديثة في الضواحي والميل إلى الراحة الداخلية. يؤدي اشتراط الطاقة هذا إلى تصميم استراتيجيات تحكم ذكية لجعل النظام فعالاً في استخدام الطاقة.

تصميم نظام حراري مغلق لجعله موفرًا للطاقة باستخدام التحكم الذكي هو موضوع بحث جذاب اليوم صمم هذا البحث (تصميم وحدة التحكم في درجة الحرارة) بغرض استشعار درجة حرارة نظام ما والحفاظ عليها بقيمة ثابتة مطلوبة.

3-1 أهمية البحث:

تكمن أهمية االبحث في تطبيق الحلقة المغلقة في قياس درة حرارة الخرج وتعديلها باستمرار للحفاظ على خرج ثابت عند درجة الحرارة المطلوبة ويدرك التحكم في الحلقة دائما إشارة الخرج وسيعيد إدخالها في عملية التحكم.

4-1 الهدف من البحث:

نستخدم أنظمة التحكم في نظام الحلقة المغلقة ووحدات تحكم في الطاقة، ووحدة تحكم في درجة الحرارة، ومزدوجات حرارية لمراقبة وتزويد النظام بجهد خرج ثابت بغض النظر عن التغيرات في تدفق الهواء يتم قياس درجة الحرارة باستمرار للحفاظ على العمليات وحماية النظام عند درجة الحرارة المطلوبة.

توفر وحدة التحكم في درجة الحرارة عرضا مناسبا لدرجة حرارة النظام وتوفر تعديلات ميدانية بناء على متطلبات العملاء ولتحقيق استقراريه النظام بشكل أسرع نستخدم المتحكم PI.

5-1 منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج العلمي الوصفي الذي يقوم على جمع البيانات والمعلومات من المراجع والأوراق العلمية ذات الصلة بمجال الدراسة، كما يعتمد البحث أيضا في الدراسة العملية على تصميم وتنفيذ نظام حراري مغلق، بحيث يتم جمع المعلومات الكافية عن كل المكونات وكيفية عملها ثم يتم عمل اختبار لأجهزه الاستشعار المستخدمة.

6-1 بنية البحث:

يتكون هذا البحث من خمسة فصول

الفصل الأول: يحتوي على التمهيد ومشكلة البحث وأهداف البحث وأهمية البحث

والمنهجية المتبعة.

الفصل الثاني: يحتوي على الخلفية التاريخية والدراسات السابقة ومكونات النظام المقترح.

الفصل الثالث: اثبات النموذج الرياضي للنظام الحراري.

الفصل الرابع: النموذج العملي للنظام ويظهر النتائج التجريبية.

الفصل الخامس: يقدم الاستنتاجات والتوصيات

الفصل الثاني

الخلفية التاريخية والدراسات السابقة ومكونات النظام الحراري

الفصل الثاني

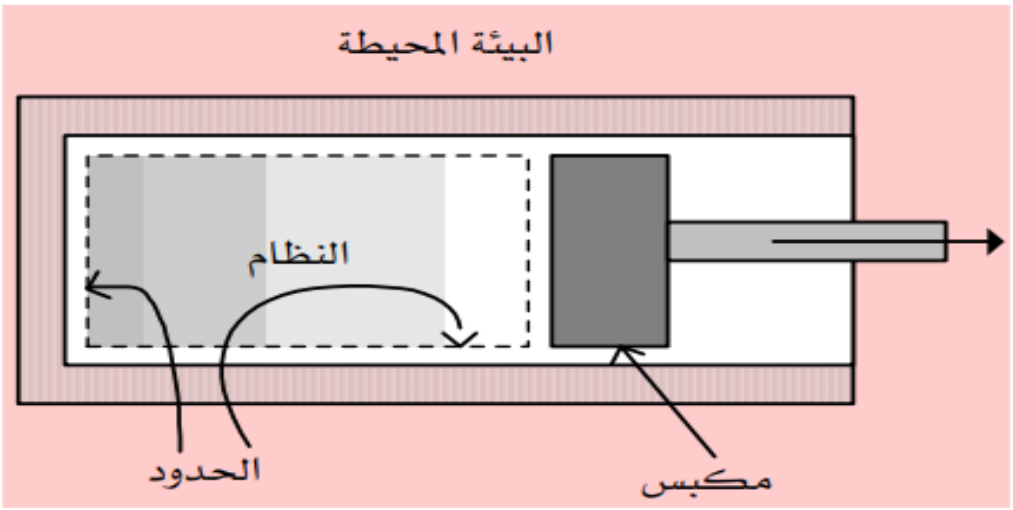
الخلفية التاريخية والدراسات السابقة ومكونات النظام الحراري

1-2 مقدمة:

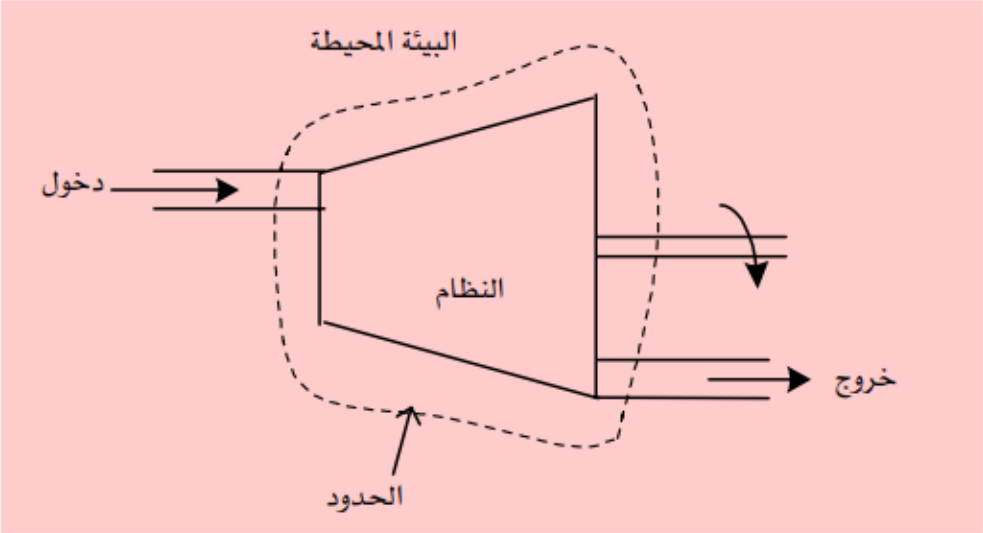
لدراسة أي ظاهرة فيزيائية فإننا نبدأ بعزل منطقة محددة أو جزء صغير من تلك المادة في الأوساط المحيطة بها والجزء الذي يعزل ويتم دراسته يسمى بالنظام أما الأشياء التي تكون خارج هذا النظام ولها تأثير مباشر على سلوكه فتعرف بالأوساط المحيطة ويعرف النظام في علم الديناميكا الحرارية بأنه تلك المادة الموجودة في حيز معين من الفراغ له حدود معينة وتكون تحت الدراسة قد تكون هذه الحدود ثابتة أو متحركة.

ويكون النظام الحراري مغلقا إذا كانت كتلته ثابته ويتبادل الطاقة فقط مع الوسط المحيط ويكون مفتوحا إذا كانت هناك عملية تبادل في الكتلة والطاقة مع الوسط المحيط يوضح الشكل (2-1)

مثالا لنظام مغلق وشكل (2-2) مثالا لنظام مفتوح



شكل: (2-1) مثال للنظام المغلق



شكل: (2-2) مثال للنظام المفتوح

وهناك نوع ثالث من أنواع الأنظمة الحرارية وهو النظام المعزول وهو ذلك النظام الذي لا يحدث فيه تبادل للطاقة أو المادة مع الوسط المحيط على سبيل المثال يُنظر إلى وعاء الحساء المغلي الذي يتلقى الطاقة من الموقد ويشع حرارة من المقلاة ويُصدر المادة على شكل بخار يحمل طاقة حرارية، على أنه نظام مفتوح أما إذا وضعنا غطاءً محكماً على القدر فإنه يستمر في بعث طاقة حرارية دون إصدار للمادة على شكل بخار وبذلك يكون نظاماً مغلقاً لكن إذا تم صب الحساء في وعاء معزول تماماً ووضع الغطاء بإحكام بالتالي لن يكون هناك أي مجال لخروج/دخول الطاقة أو المادة من/إلى النظام ليعطينا نظاماً معزولاً لكن على أرض الواقع تلك الأنظمة المعزولة تماماً لا وجود لها فجميع الأنظمة تنقل الطاقة إلى البيئة المحيطة عبر الإشعاع مهما كانت معزولة بشكل جيد فمثلاً الحساء الموجود في وعاء معزول سيبقى ساخناً لبضع ساعات فقط، ومن ثم سيصل إلى درجة حرارة الغرفة بحلول اليوم التالي.

ومن أمثلة الأنظمة الحرارية: الآلة البخارية، والتدفئة المركزية، ونظام التكييف والتبريد في الآلات.

تعريف الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي ترافق حركة أو أي جسيم يدخل في تركيب المادة (النواة أو مكوناتها) ويمكن الحصول على الحرارة إما بطرق فيزيائية مثل الاحتكاك أو تهيج جزيئات المادة أو بطرق كيميائية مثل الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاحتراق والتفاعلات النووية وغيرها والحرارة طاقة قابلة للانتقال بطرق مختلفة مثل الإشعاع والحمل والتوصيل ولا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين إلا في حالة اختلاف درجة حرارتهما.

درجة الحرارة هي كمية فيزيائية تعتبر مقياس لدرجة سخونة الجسم وتقاس وفق أجهزة خاصة تسمى موازين الحرارة والتي يمكن معايرتها لإظهار تدريجات مختلفة للحرارة وهناك أنظمة عديدة لقياس درجة الحرارة ولكن النظامان الأكثر شيوعا هما درجة الحرارة المطلقة (كلفن)

والدرجة المئوية.

وتعرف السعة الحرارية بأنها مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة مئوية واحـــدة ومن تعريف السعة الحرارية نستنتج أن كمية الحرارة التي تضاف للمادة تساوي التغير في درجات الحرارة مضروبة في السعة الحرارية

$$Q = C\Delta T$$

Q : كمية الحرارة

ΔT: التغير في درجات الحرارة.

C: السعة الحرارية.

وبما ان وحدة كمية الحرارة هي الجول فتكون وحدة السعة الحرارية J/°C من المؤكد بأن السعة الحرارية تتناسب طرديا مع كتلة المادة ولذلك سنقوم بتقسيم السعة الحرارية على الكتلة حتى نحصل على كمية فيزيائية جديدة لا تعتمد على الكتلة وهي السعة الحرارية النوعية والتي تعتمد فقط على نوع المادة.

$$c = \frac{C}{m}\ \left(\frac{J}{℃\,.\,Kg}\right)$$

C : الحرارة النوعية.

m : كتلة المادة.

2-2 الطاقة الداخلية للنظام:

عنـد تلامـس جسـمين مختلفيـن فـي درجـة الحـرارة معا فإن الحـرارة تسـري مـن الجسـم الساخن (الأعلـى درجـة حـرارة) إلى الجسم البارد (الأقـل درجـة حـرارة) حتـى تتساوى درجـة حرارتهما ، ويصبـح هناك اتـزان حـراري كما نعلـم فإن جزيئات المادة فـي حركـة مسـتمرة وبالتالي فإنها تمتلـك طاقـة حركيـة، كما تخـزن بداخلها طاقـة وضـع بفعـل قـوة التجاذب فيما بينها إن مجمـوع طاقة الحركـة وطاقـة الوضع يعــرف

بالطاقـة الداخلية للنظام.

يمكن زيادة الطاقة الداخلية بإحدى الطريقتين :

- تزويد النظام بالطاقة الحرارية من خلال مصدر حرارة.

- بذل شغل على النظام.

في حالة خسر النظام جزء من الطاقة الحرارية أو بذل شغلاً فإن طاقته الداخلية تقل.

3-2 الدراسات السابقة:

تصميم نظام التحكم في درجة حرارة الحلقة المغلقة باستخدام وحدة التحكم الذكية التقليدية والمتقدمة

يتزايد الطلب على الطاقة بسرعة في جميع أنحاء العالم بسبب أنماط الحياة الحديثة في الضواحي والميل إلى الراحة الداخلية يؤدي اشتراط هذه الطاقة إلى تصميم استراتيجيات تحكم ذكية لجعل النظام فعالاً في استخدام الطاقة يعد تصميم سخان غرفة فعال لجعله موفرًا للطاقة باستخدام التحكم الذكي موضوعًا بحثيًا جذابًا اليوم اقترحت هذه المقالة تصميم وحدة التحكم في درجة الحرارة بغرض استشعار درجة حرارة الغرفة والحفاظ عليها عند القيمة الثابتة المرغوبة تم استخدام وحدة التحكم التكاملية التقليدية (PI) بالإضافة إلى وحدة التحكم PI المعتمدة على الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) كإستراتيجيات تحكم عندما تم تقديم نموذج لوحدة تحكم PI على أساس ANN مع خوارزمية Levenberg-Marquardtlearning في هذه المقالة تم عرض تقرير محاكاة التصميم المتوقع وخلص إلى أن استراتيجية التحكم المقترحة مفيدة للغاية نظرًا لتجاوزها الصغير والاستجابة السريعة والدقة العالية تم إجراء جميع التصميمات والمحاكاة في Simulink لمنصة Matllab. الكلمات الرئيسية - الشبكة العصبية الاصطناعية وخوارزمية التعلم Levenberg-Marquardt وحدة التحكم المتكاملة النسبية.

ضبط التغيرفي درجة الحرارة باستخدام بعض دارات التحكم الالكتروني

يعد ضبط درجة الحرارة باستخدام دارات التحكم الإلكترونية موضوعا مهما لما له من استخدامات متعددة منها التطبيقات الصحية كمراقبة درجة حرارة الحواضن وضبطها

وضبط درجة حرارة الصيدليات ومخازن الأدوية وتحسين المحصولات الزراعية المعتمدة على الزراعة البلاستيكية بضبط حرارة الوسط فيها وحتى أنه يفيد في التحكم بحرارة المعامل والمصانع وغيرها يعرض هذا

العمل تفاصيل بناء نظام ضبط تغير درجة الحرارة في وسط قمنا باستخدام المتحكم Atmega8 الذي يتمتع بسرعة أداءعالية وذاكرة مناسبة وتم استخدام حساس حراري LM35.
للتعرف على درجات الحرارة داخل الوسط وتحويل درجات الحرارة المقاسة داخل وسط ذي ظروف معينة إلى جهد كهربائي متناسب معها ولتعيل دارة المخرج تم الإعتماد على مبدأ التغذية العكسية ولتحسين أداء النظام تم برمجة المتحكم باستخدام لغة C عالية المستوى تم ضبط درجة حرارة الوسط باستخدام دارة للتبريد والتسخين متصلة مع المتحكم بحاكمة حرارية ralay .

2-4 مكونات النظام الحراري:

2-4-1 تمهيد:

يوجد العديد من العناصر الإلكترونية مختلفة الاشكال والاحجام والانواع التي يمكن ان تستخدم لنفس الغرض والوظيفة وفي هذا الفصل سوف نتحدث عن الطريقة المتبعة في تصميم المشروع وكذلك شرح القطع الالكترونية والكهربائية التي تم استخدامها في تصميم المشروع وكيفية توصيلها ونظرية عملها يتناول المكونات الرئيسة (المادية – البرمجية) المستخدمة في تصميم النظام الحراري المغلق وهي:

2-4-2 الاردوينو:

هو لوحة تطوير الكتروني تتكون من دائرة الكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق يبرمج عن طريق الحاسوب وهو مصمم لتسهيل استخدام الالكترونات التفاعلية في المشاريع متعددة التخصصات يستخدم الاردوينو بصورة أساسية في تصمميم المشاريع الالكترونية التفاعلية او المشاريع التي تستهدف بناء حساسات بيئية مختلفة كدرجات الحرارة ، الرياح ، الضوء والضغط وغيرها يمكن توصيل الاردوينو ببرامج مختلفة علي الحاسب الشخصي ، ويعتمد في برمجته علي لغة البرمجة مفتوحة المصدر بروسيسنج ، وتتميز الاكواد البرمجية الخاصة بلغة الاردوينو انها تشبه لغة (C++) وتعتبر من اسهل لغات البرمجة المستخدمة في كتابة برامج المتحكمات .

يتميز الاردوينو عن باقي اللوحات التطويرية للمتحكمات الدقيقة الاخرى هو سهولة التعامل معه وسهولة اللغة البرمجية التي تم اشتقاقها من لغة البرمجة C والتي تعد اساس لغات البرمجة الحديثة ايضا يتميز الاردوينو بإمكانية دمجه مع مشاريع اخرى يتم برمجتها بلغات هندسية أكثر تطوراً مثل Javaو Matlab.

2-4-3 انواع لوحات الأردوينو:

تختلف لوحات الأردوينو عن بعضها من حيث عدد المداخل والمخارج التي تحدد عدد الأجهزة التي يمكن التحكم بها وكذلك عدد الحساسات التي يتم دمجها مع لوحة أردوينو إضافة لنوعه وسرعته وهذه بعض انواع لوحات الأردوينو المتحكم الدقيق.

- اردوينو اونو

- اردوينو نانو

- اردوينو ليوناردو

- اردوينو ميقا

في هذا البحث تم استخدام لوحة Arduino Leonardo

2-4-4 أردوينو ليوناردو:

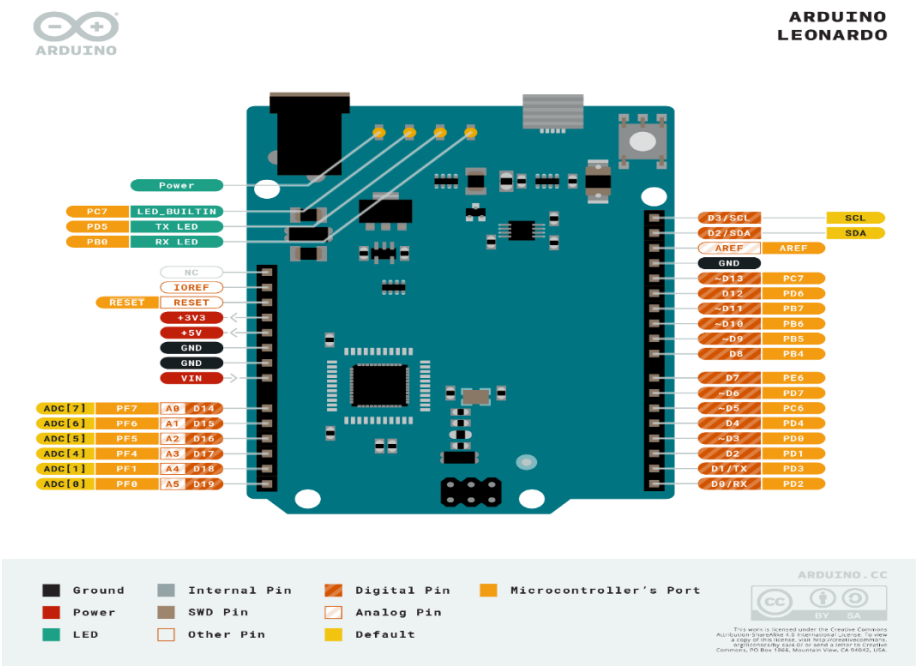
عبارة عن لوحة متحكم تعتمد على ATmega32u4 (ورقة البيانات) يحتوي على 20 دبوس إدخال / إخراج رقمي (يمكن استخدام 7 منها كمخرجات PWM و12كمدخلات تمثيلية) ومذبذب كريستالي 16 ميجا هرتز، ووصلة USB صغيرة، ومقبس طاقة، ورأس ICSP، وزر إعادة ضبط.

يحتوي على كل ما هو مطلوب لدعم متحكم ما عليك سوى توصيله بجهاز كمبيوتر باستخدام كبل USB أو تشغيله باستخدام محول(AC-to-DC) أو بطارية للبدء.

يختلف اردوينو ليوناردوعن جميع اللوحات السابقة في أن ATmega32u4 يحتوي على اتصال USB مدمج مما يلغي الحاجة إلى معالج ثانوي هذا يسمح ليوناردو بالظهور على جهاز كمبيوتر متصل مثل الماوس ولوحة المفاتيح بالإضافة إلى منفذ تسلسلي (COM) افتراضي (CDC) كما أن لها آثارًا أخرى على سلوك لوحة التحكم هذه مفصلة عن بدء استخدام اردوينو ليوناردو.

يمكن تشغيل اردوينو ليوناردو عبر اتصال micro USB أو بمصدر طاقة خارجي يتم تحديد مصدر الطاقة تلقائيًا يمكن أن تأتي الطاقة الخارجية (غير USB) إما من محول تيار متردد إلى تيار مستمر أو بطارية يمكن توصيل المحول عن طريق توصيل قابس موجب مركزي مقاس 2.1 مم بمقبس طاقة اللوحة ويمكن إدخال

الوصلات من البطارية في رأسي Gnd وVin لموصل POWER الشكل (3-2) يوضح صورة أردوينو ليوناردو.



شكل: (3-2) اردوينو ليوناردو

دبابيس الطاقة هي كما يلي:

VIN: جهد الإدخال للوحة Arduino عند استخدام مصدر طاقة خارجي (على عكس 5-فولت من اتصال USB أو مصدر طاقة منظم آخر) يمكنك إمداد الجهد من خلال هذا الدبوس، أو في حالة توفير الجهد عبر مقبس الطاقة، يمكنك الوصول إليه من خلال هذا الدبوس.

5V: مصدر الطاقة المنظم المستخدم لتشغيل وحدة التحكم الدقيقة والمكونات الأخرى الموجودة على اللوحة يمكن أن يأتي هذا إما من VIN عبر منظم على اللوحة ، أو يتم توفيره بواسطة USB أو مصدر 5V منظم آخر.

3.3V: إمداد 3.3 فولت يولده المنظم الموجود على اللوحة الحد الأقصى للسحب الحالي هو 50-ملي أمبير.

GND: دبابيس أرضية.

IOREF: الجهد الذي تعمل به دبابيس الإدخال / الإخراج باللوحة (أي VCC للوحة) ويكون 5V على ليوناردو.

5-4-2 حساس LM35 :

هو حساس لقياس درجة الحرارة يمكنه قياس درجة الحرارة في الوسط المحيط به ويمتاز بموثوقية جيده حيث لديه نسبة خطأ 0.5 درجة مئوية أي أن درجة الحرارة التي يعطينا لها قد تزيد أو تنفص بمقدار نصف درجة مئوية.

التركيب:

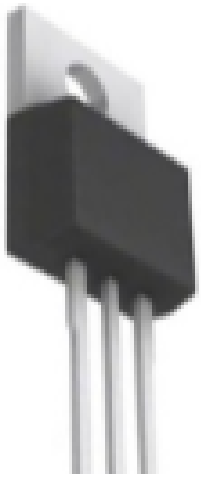
يتكون حساس LM35 كما هو مبين في الشكل من ثلاث أرجل، الطرف اليسار هو دخل الحساس وهو 5 فولت ويوصل مع خرج منظم الجهد، والطرف الأوسط هو خرج الحساس ويتغير حسب درجة الحرارة الوسط المحيط ويتم توصيله بالمتحكم الدقيق والطرف الأيمن هو الأرضي ويوصل مع أرضي الدائرة.

بعد توصيل الحساس أصبح لدينا جهد خارج من الحساس يمثل درجة الحرارة يتم إدخاله إلى المتحكم الدقيق الذي سوف يقوم ببعض المعالجات ثم يتخذ قرارات حسب نتيجة هذه المعالجات يكون هذا الخرج عبارة عن جهد متغير أي أنه إشارة تماثلية والمطلوب إشارة رقمية لكي يفهمها المتحكم الدقيق الذي لا يتعامل مع الإشارة التماثلية لذلك يتم استخدام المحول ADC أي المحول من تماثلي إلى رقمي كوسيط وليس العكس

(Analog to Digital Converter) ويحتوي المتحكم الدقيق على ADC داخلي ولسنا بحاجة لمحول خارجي يوضح حساس LM35 .

شكل: (4-2) حساس LM35

2-4-6 السخان:



الشكل (2-5): السخان

2 -4 -7 المشتت الحراري:

هو مبادل حراري ينقل الحرارة التي يولدها السخان الي الغرفة تصرف فيه الحرارة بعيدا عن الجهاز، الشكل (2-6) يوضح شكل المشتت الحراري.

الشكل (2-6): المشتت الحراري

الفصل الثالث

إثبات النموذج الرياضي للنظام الحراري

الفصل الثالث

إثبات النموذج الرياضي للنظام الحراري

3-1 مقدمة:

الأنظمة الحرارية هي تلك التي تتضمن انتقال الحرارة من مادة على أخرى ويتميز سلوك الأنظمة الحرارية بقوانين الديناميكا الحرارية التي تتضمن تدفق الحرارة والسعة، والمتغيران الرئيسيان اللذان يصفان النظام الحراري هما:

- درجة الحرارة.

- معدل التدفق الحراري (q).

3-2 بناء النموذج الحراري:

تسمح قوانين الديناميكا الحرارية فقط بوجود نوعين من العناصر الحرارية المجهولة هما السعة الحرارية والمقاومة الحرارية.

والسعة الحرارية مقياس للطاقة الحرارية المخزنة في الجسم.

إذا كان ($q_{i(t)} - q_{o(t)}$) هي الحرارة الصافية التي تتدفق إلى الجسم ، فإن صافي الحرارة التي يتم توفيرها من وقت لآخر هي

$$\int_{t_0}^{t}\left(q_{i(t)} - q_{o(t)}\right)dt \qquad \text{..... (1-3)}$$

افترض أن الحرارة التي يتم توفيرها خلال هذه الفترة الزمنية تساوي تغيرًا ثابتًا في درجة الحرارة C مرة

$$C.\theta = \int_{t_0}^{t}\left(q_{i(t)} - q_{o(t)}\right)dt \qquad \text{..... (2-3)}$$

حيث C هي السعة الحرارية بالجول لكل كلفن [J / K].

نقوم بمفاضلة المعادلة (2-2) نحصل على ما يلي

$$\theta^{\cdot} = \frac{1}{C}\left(q_{i(t)} - q_{o(t)}\right) \quad \text{..... (3-3)}$$

وهي تمثل العلاقة بين معدل تغير درة الحرارة والتدفق اللحظي للحرارة في الجسم.

في التوصيل الحراري تتدفق الحرارة عبر جسمين متصلين حرارياً بمعدل يتناسب مع اختلاف درجات الحرارة بين الجسمين كما تمثله المعادلة التالية:

$$q(t) = \frac{1}{R}\left(\theta_1(t) - \theta_2(t)\right) \quad \text{..... (4-3)}$$

حيث R هي المقاومة الحرارية للمسار الذي يربط الجسمين بالكلفن لكل واط [K / W].

الآن بعد أن أصبح لدينا القانون الفيزيائي الذي يصف الأنظمة الحرارية، نحن مستعدون لنمذجة النظام (التحكم في درجة حرارة الصندوق باستخدام السخان الكهربائي).

نحن بحاجة إلى قليل من الافتراضات:

- من وجهة نظر ديناميكية بدلاً من القيم الفعلية لدرجة الحرارة، فقط إن انحراف درجات الحرارة عن قيمها الاسمية (التوازن) أمر مهم.

افترض أن:

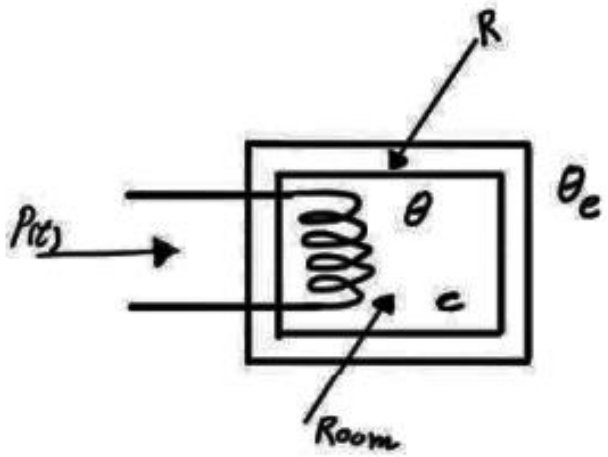
$$y(t) = \theta(t) - \theta_e \quad \text{..... (5-3)}$$

حيث (θ_e) هي درجة حرارة التوازن التي هي في نموذجنا درجة الحرارة البيئة المحيطة .

- افترض أن تدفق الحرارة إلى الصندوق يتم فقط عن طريق التوصيل (من السخان الكهربائي) والحاجزأو المسار الذي يربط الغرفة بالبيئة مقاوم بشكل مثالي مما يعني عدم وجود طاقة مخزنة في هذا المسار.

المعادلة (3-3) تلتقط الحرارة الخارجة من الغرفة إلى البيئة.

يتم ضبط خرج طاقة السخان للحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة ويتم نقل الطاقة الحرارية بالتوصيل والحمل الحراري والإشعاع إلى مستشعر درجة الحرارة والشكل (1-3) أدناه هو مخطط النظام.



شكل (3-1): شكل تخطيطي للنظام الحراري المغلق

حيث تتدفق الحرارة إلى النظام p(t)بالواط(W) تدفق الحرارة خارج النظام هي qi(t)

من المعادلة (3-4):

$$q(t) = \frac{1}{R}(\theta(t) - \theta_e) \quad \text{.....(6-3)}$$

عوض المعادلة (3-6) و (3-5) في (3-2) نجد ان:

$$y^{\cdot} = \frac{1}{C}(P(t - t_d) - \frac{1}{R}y(t)) \quad \text{..... (7-3)}$$

المعادلة (3-2) هي معادلة النموذج الرئيسية المتعلقة بالتدفق الحراري p(t) إلى الانحراف في درجة الحرارة y(t)(كمخرج) في معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى.

بأخذ تحويل لابلاس (بافتراض صفر للشروط الأولية) والترتيب:

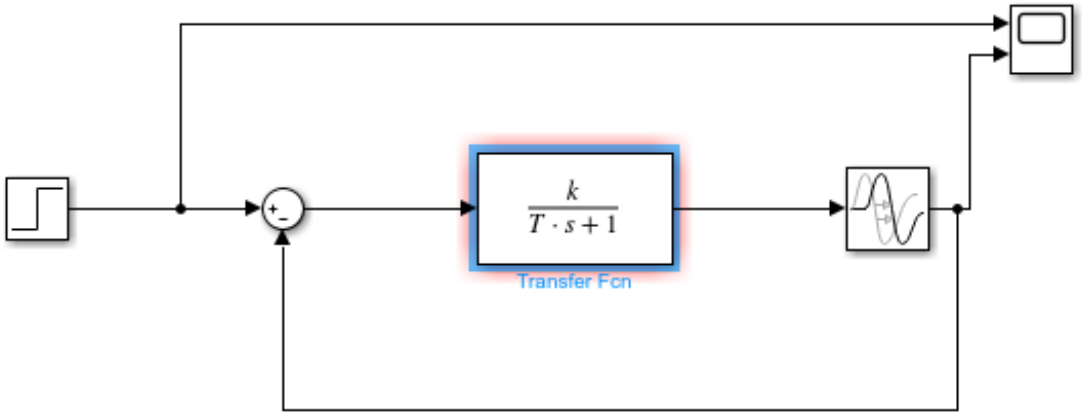
$$G(s) = \frac{y(s)}{P(s)} = \frac{1/C}{s+\frac{1}{Rc}}\ e^{-t_d * s} \quad \text{..... (8-3)}$$

وهذه هي دالة التحويل للنظام الحراري

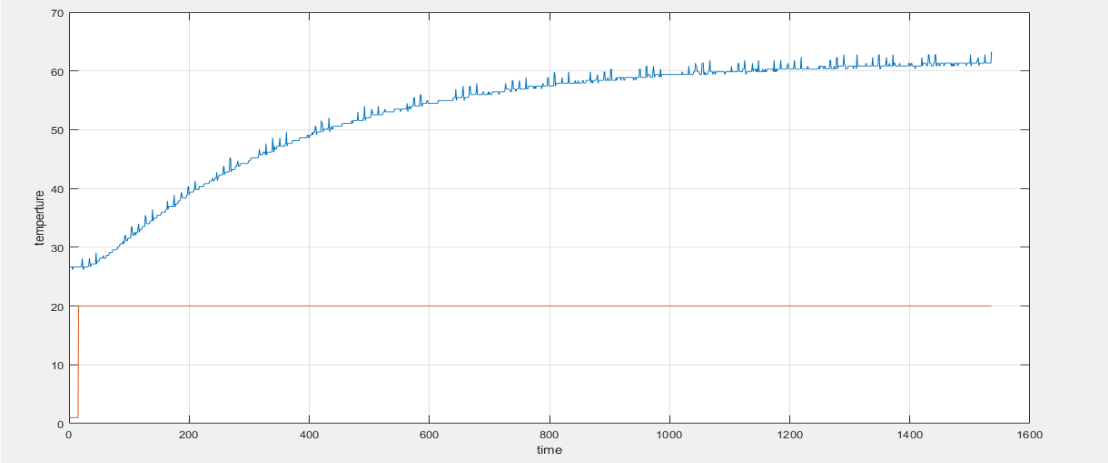
نلاحظ أنه يصعب إيجاد قيم R,c بدقة بسبب الظروف البيئية المحيطة ولذلك نلجأ إلى النمذجة بالتجارب المعملية.

1-2-3 الاختبار (1):

يوضح الشكل (2-3) أدناه مخطط تم إنشاؤه في Simulink، كما يوضح الشكل (3-3) استجابة النظام بدون المتحكم PID Controller وذلك لبيان حالة النظام.



الشكل: (2-3) شكل النظام الحراري



الشكل: (3-3) استجابة النظام

من خلال تطبيق الاختبار (1) الذي تم أخذ قيمة عمليا نتوصل إلى دالة التحويل الخاصة بالنظام الحراري وهي كما يلي:

$$G(s) = \frac{3.0101}{187.1958s+1}\, e^{-11s} \quad \text{..... (1-3)}$$

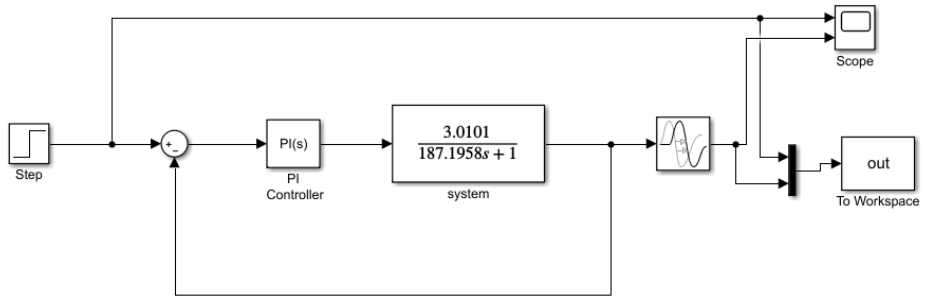
2-2-3 الإختبار (2):

المتحكم التناسبي التكاملي (PI) يأخذ في الحسبان تكامل خطأ

$$C(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} \quad \text{..... (9-3)}$$

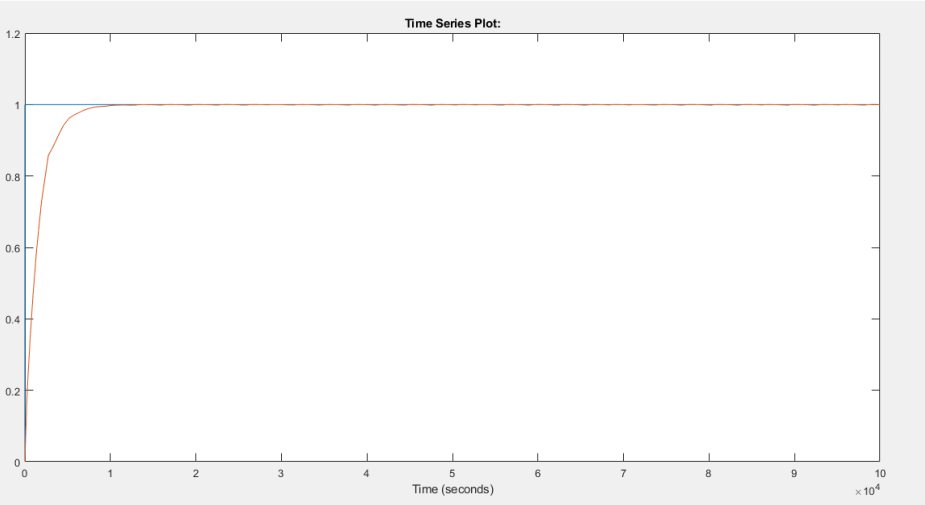
حيثKp هو الكسب التناسبي وTi الكسب التكاملي.

يمكن حساب الثابتين باستخدام ماتلاب PID Tuner للحصول على هذه القيم.
الشكل (3-4)يوضح صورة النظام.



الشكل: (3-4) مخطط النظام الحراري مع المتحكم PI

عند تعديل قيم المتحكم التناسبي التكاملي نحصل على الاستجابة في الشكل (3-5).



الشكل: (3-5) استجابة النظام الحراري مع المتحكم PI

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

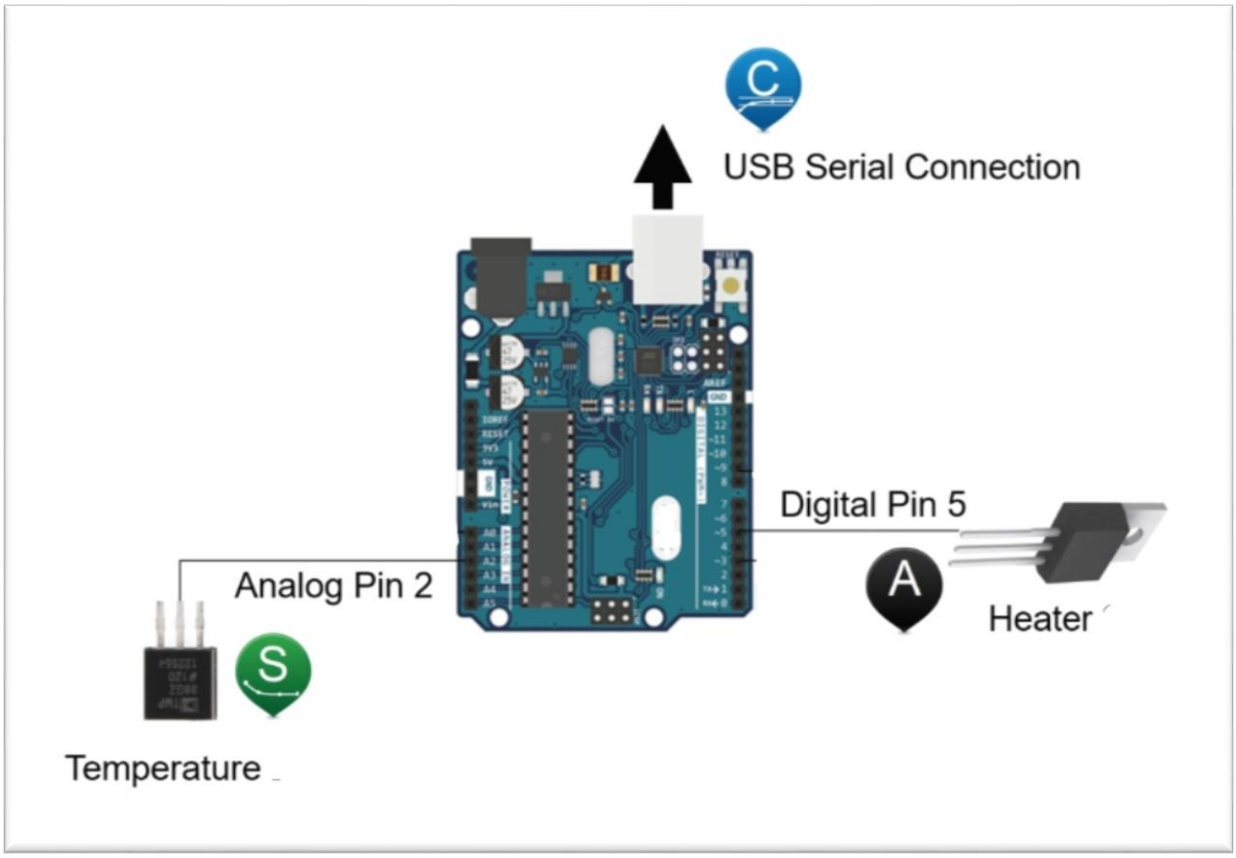
4-1 المقدمة:

في هذا الفصل نتناول الشرح التفصيلي لعمل النظام الحراري والنتائج المتحصلة.

4-2 نظرية عمل الدائرة:

تم تصميم نظام حراري مغلق يعمل على التحكم في درجة حرارة الغرفة عند درجة حرارة معينة يتم غطاؤها للمتحكم أردوينو ليوناردو من خلال الماتلاب.

يوضح الشكل (4-1) مخطط توصيل الدائرة العملية الخاصة بالمتحكم أردوينو ليوناردو.



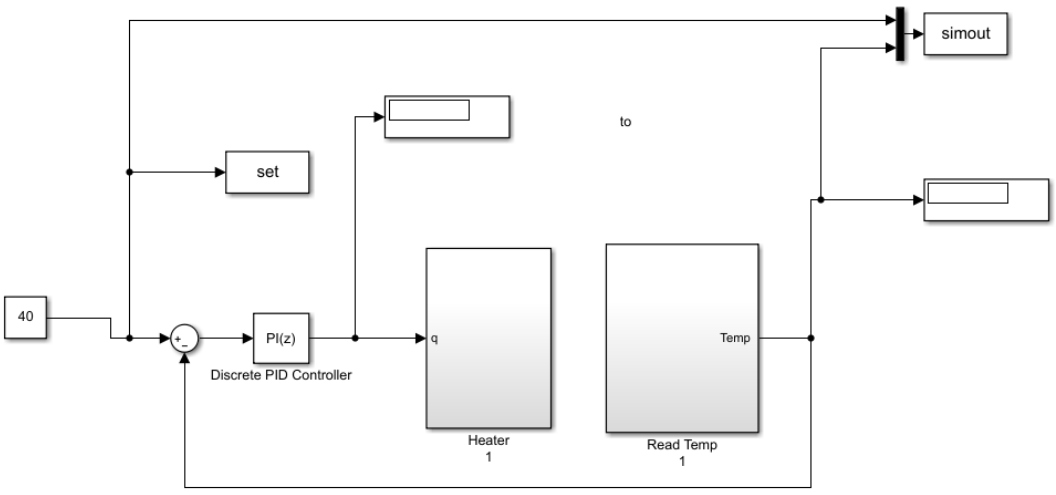
شكل: (4-1) مخطط توصيل أردوينو ليوناردو

حيث أنه تم تخصيص وبرمجة أردوينو ليوناردو ليعمل مع حساس الحرارة، حيث يقوم حساس الحرارة LM35بقراءة قيمة الحرارة داخل الغرفة عبر الطرف (Pin-2) للمتحكم أردوينو ليوناردو وإرسالها إليه عبر

الطرف (Pin-5) للمتحكم وتظهر نتيجة هذه القراءة على صفحة Simulinkفي لوحة displayوتتم العملية كما يلي:

- يتم إدخال النسبة المطلوبة للتسخين من خلال Setpoint (علما أن هذه القيمة تعطي قيم من 0-255 والتي تماثل 0-12 فولت من قدرة الحساس) على Simulink وعندها يبدأ السخان بالتسخين ويقوم حساس الحرارة LM35 بإظهار درجات الحرارة على display باستمرار حتى نحصل على النسبة المطلوبة ويقوم PID Controller بتسريع الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة والتقليل من التأخير الزمني قدر الإمكان وفي حالة ارتفاع درجة الحرارة الى الحد المطلوب فإن حساس الحرارة LM35 يقوم بقراءة هذه القيمة وإرسالها إلى المتحكم بفصل التغذية عن السخان ويستمر هبوط درجة الحرارة حتى نحصل على النسبة المطلوبة.

يوضح الشكل (4-2)الدائرة العملية على Simulink.

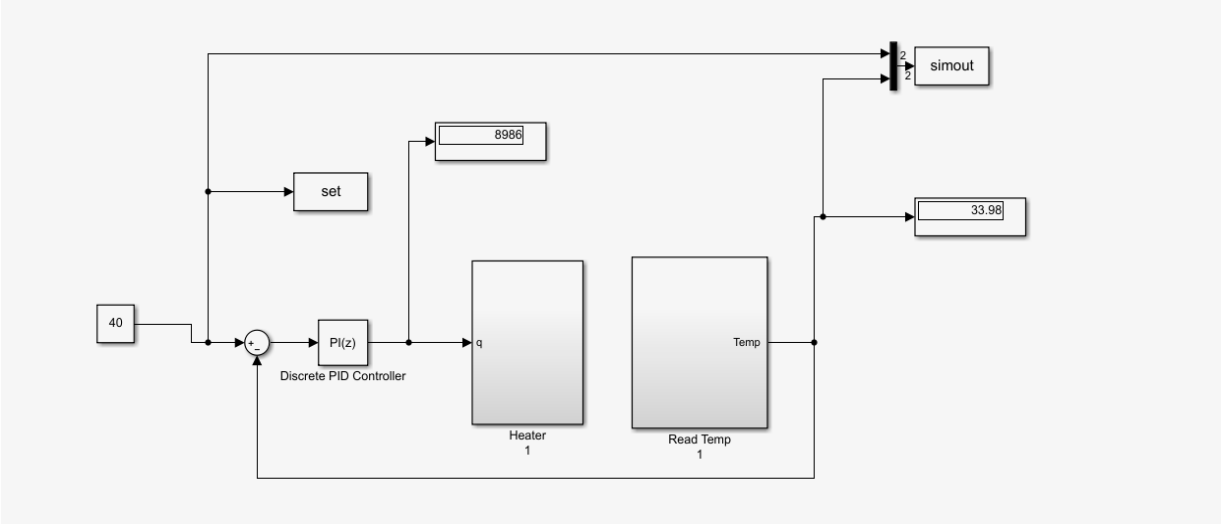


الشكل: (4-2) الدائرة العملية على Simulink

4-3 النتائج:

- في حالة انخفاض درجة الحرارة:

يقوم المتحكم أردوينو ليوناردو بإرسال إشارة للسخان حتى يبدا في عملية التسخين طبقا للنسبة التي تم إعطاؤها من خلال قيمة Setpoint ويوضح الشكل (4-3) صورة لقراءة درجة حرارة منخفضة.

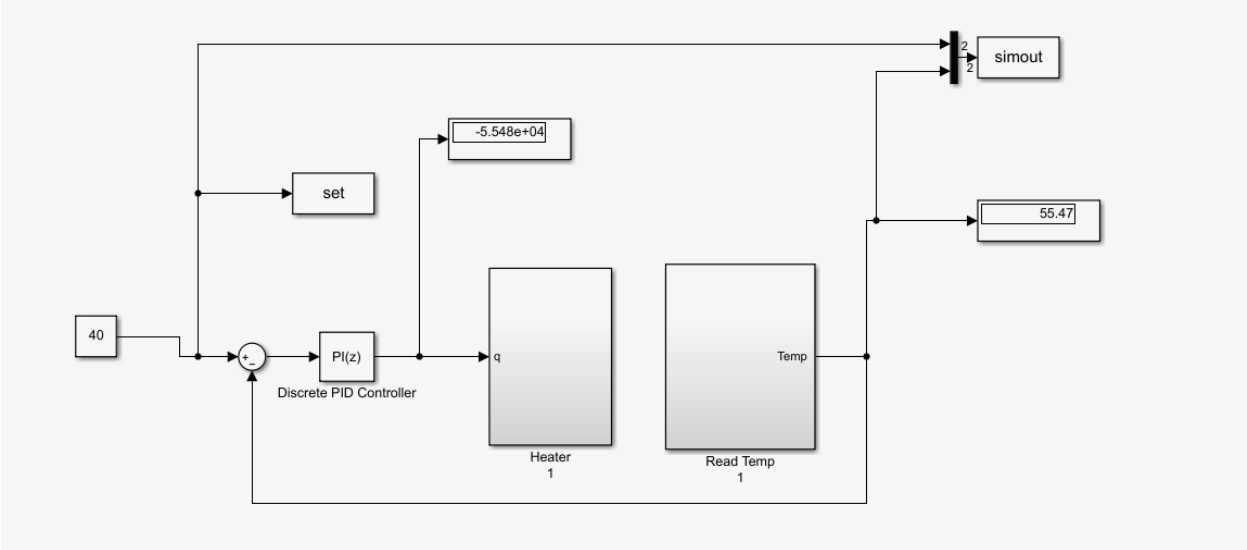


شكل: (4-3) درجة حرارة منخفضة

- في حالة ارتفاع درجة الحرارة:

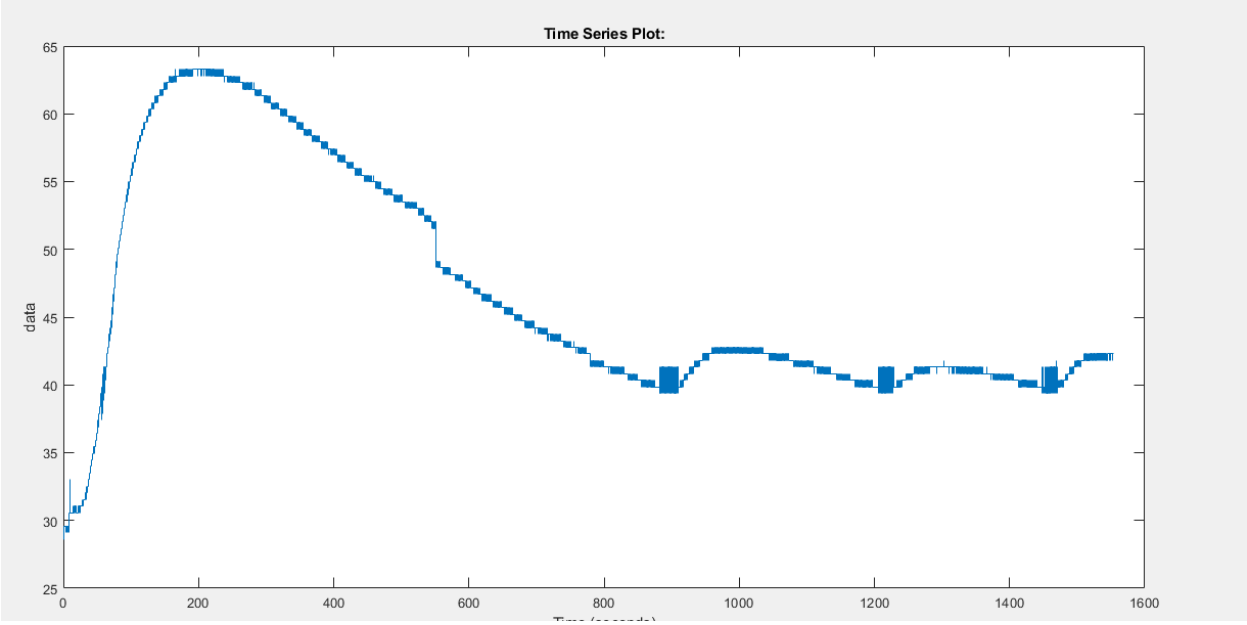
عند ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المسموح به يقوم المتحكم PI Controller بتقليل نسبة Setpoint الداخلة إلى النظام وذلك للحصول على التوازن.

وهكذا تستمر عملية التوازن حتى تستقر درجة الحرارة داخل النظام ويتم ذلك في فترة زمنية صغيرة وذلك بواسطة المتحكم التناسبي التكاملي (PI Controller) الذي يعمل على تسريع استجابة النظام ويوضح الشكل (4-4) حالة عدم التسخين من خلال تقليل نسبة Setpoint.



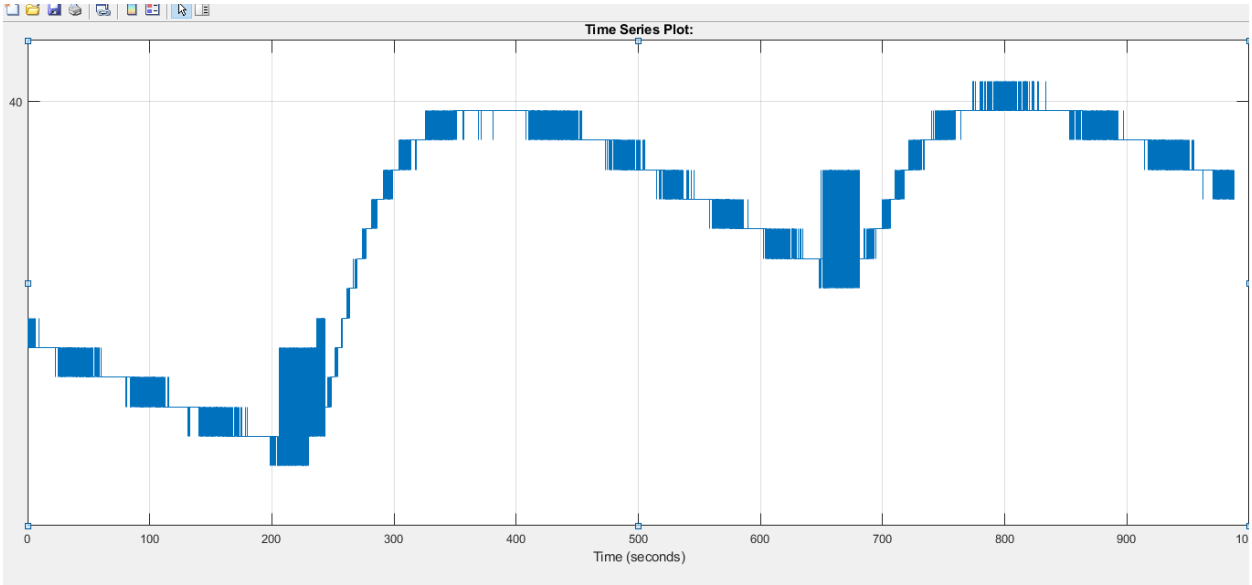
شكل: (4-4) درجة حرارة مرتفعة

كما يوضح الشكل (4-5) شكل استجابة النظام الحراري قبل إضافة المتحكم PI ونلاحظ أنه يعطي استجابة بطيئة حتى يصل على درجة الحرارة المطلوبة.



شكل: (4-5) استجابة النظام قبل المتحكم PI

وسوضح الشكل (4-6) استجابة النظام بعد إضافة المتحكم PI نلاحظ أنه يصل إلى درجة الحرارة المطلوبة بشكل أسرع .



شكل: (4-6) استجابة النظام بعد المتحكم PI

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

5-1 الخلاصة:

تم ضبط درجة حرارة نظام مغلق وذلك من خلال التحكم في درجة حرارة السخان ارتفاعا وانخفاضا بواسطة المتحكم التناسبي التكاملي PI وذلك لتوفير التدفئة اللازمة للغرفة حسب درجة الحرارة المحددة ،كما استخدم المتحكم أردوينو ليوناردو الذي يستقبل قراءة الحساس LM35 واستخدم برنامج الماتلاب وصفحة Simulink لتشغيل النظام الحراري عند التعديل باستخدام المتحكم التناسبي التكاملي ،وتم دراسة ضبط درجة الحرارة باستخدام الماتلاب من خلال ربط برنامج الأردوينو بالماتلاب والحصول على دارة تحكم مبرمجة تعطي تعطي درجة حرارة بشكل مستمر تظهر قيمتها على display بصفحة Simulink وبذلك تم الحصول على نظام تحكم يحافظ على درجة الحرارة المطلوبة.

وفي ختام هذا البحث المتواضع نتمنى أن يكون قد حقق الأهداف المطلوبة منه ونأمل أن يكون مرجعا لنا ولكل من يحتاجه في مجال التحكم ووفق الله الجميع إلى ما فيه الخير والصلاح.

5-2 التوصيات:

- تطوير العمل وإظهار النتائج باستخدام المنطق الضبابي.
- استخدام المروحة في حالة الأنظمة المغلقة التي تحتاج إلى مروحة لطرد الحرارة الزائدة كحواضن الدجاج.
- يمكن تطوير هذا النظام ليشمل مجالات أوسع لدرجات الحرارة حيث تكون الحدود التي يتحملها تتراوح ما بين (0-100) درجة مئوية.

المراجع

المراجع العربية:

1- المهندس. ضياء العسال – نظرية التحكم الآلي وتطبيقاته – دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – 2005.

2- أ. رضا الصدر وآخرون – الفيزياء – مركز المناهج بدولة فلسطين –الطبعة الثالثة -2020 م.

3- ماري إلياس فرانسس – ضبط التغير في درجة الحرارة باستخدام بعض دارات التحكم الإلكتروني – جامعة البعث – سوريا.

4- عبد الله علي عبد الله – اردوينو ببساطة – مكتبة الكتب – الطبعة الأولى-2015.

المراجع الإنجليزية:

1- Closed Loop Temperature Control System design using Conventional and Advanced Intelligent Controller (Sudip Haldera*Angshuman Khanb#, Shubhajit pala aDepartment of Electrical Engineering, University of Engineering & Management, Jaipur, PIN-303807, India , Jaipur, PIN-303807, India .

2- Arduino Leonardo – https://apmonitor.com/hrat.htm .

الملاحق

الملاحق

ملحق (أ) : Arduino Leonardo code Program setpoint

```
int setpoint ;
int val ;
int temp_pin= A2 ;
int heater = 5 ;
int temp ;
unsigned long t = 0 ;
const int sampleTime= 500 ;
unsigned long previousTime = 0 ;
void setup()
{
Serial.begin(9600)
pinMode(heater,OUTPUT) ;
{

void loop()
{
val =  analogRead(temp_pin)   ;
float mv = (val/1024.0)*5.0  ;
float cel = (mv-0.5)*100.0  ;
if(millis() - previousTime>= sampleTime)
{
if(Serial.available())
setpoint = Serial.parseInt  ( )
if(setpoint>0)
```

```
temp = setpoint  ;

setpoint = temp  ;

analogWrite( heater, setpoint)  ;

Serial.print(cel) ;

Serial.print("\t")  ;

Serial.println(setpoint) ;

if(cel >75)

}

digitalWrite(heater,LOW) ;

}

previousTime = millis  () ;

}


}
```

ملحق (ب) : صورة الأردوينو مع المودل الحراري (السخان + المشتت + المستشعر)