

졸업논문청구논문

**소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system  
개발**

**Development of GS-system for Automation of Small  
Astronomical Telescope**

곽지성 (郭志誠 Gwak, Ji-Seong)

18008

과학영재학교 경기과학고등학교

**2020**

# 소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system

## 개발

### Development of GS-system for Automation of Small Astronomical Telescope

#### [논문제출 전 체크리스트]

1. 이 논문은 내가 직접 연구하고 작성한 것이다.
2. 인용한 모든 자료(책, 논문, 인터넷자료 등)의 인용표시를 바르게 하였다.
3. 인용한 자료의 표현이나 내용을 왜곡하지 않았다.
4. 정확한 출처제시 없이 다른 사람의 글이나 아이디어를 가져오지 않았다.
5. 논문 작성 중 도표나 데이터를 조작(위조 혹은 변조)하지 않았다.
6. 다른 친구와 같은 내용의 논문을 제출하지 않았다.

# **Development of GS-system for Automation of Small Astronomical Telescope**

Advisor : Teacher Park, Kie Hyun

by

**18008 Gwak, Ji-Seong**

**Gyeonggi Science High School for the gifted**

A thesis submitted to the Gyeonggi Science High School in partial fulfillment of the requirements for the graduation. The study was conducted in accordance with Code of Research Ethics.\*

2020. 7. 21.

**Approved by**  
**Teacher Park, Kie Hyun**  
**[Thesis Advisor]**

\*Declaration of Ethical Conduct in Research: I, as a graduate student of GSHS, hereby declare that I have not committed any acts that may damage the credibility of my research. These include, but are not limited to: falsification, thesis written by someone else, distortion of research findings or plagiarism. I affirm that my thesis contains honest conclusions based on my own careful research under the guidance of my thesis advisor.

# **소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system 개발**

**곽지성**

위 논문은 과학영재학교 경기과학고등학교 졸업논문으로  
졸업논문심사위원회에서 심사 통과하였음.

2020년 7월 21일

심사위원장 박수종 (인)

심사위원 박우진 (인)

심사위원 박기현 (인)

# **Development of GS-system for Automation of Small Astronomical Telescope**

## **Abstract**

This study developed GS-system for the automation of small astronomical telescopes. As astronomical telescopes become popular now, the automation process of small astronomical telescopes is drawing attention. Thus, by developing and controlling a light pain cover to control the Bahtinov mask, various convenient functions needed for the automation of the astronomical tube were provided. GS-system is divided into drive part and control part. The drive part consists of the control of the cover of the passage described earlier and hardware for convenience functions such as thermic rays control, power control, and motor control. The control part also improves the existing motor focuser and ASCOM compatible driver to allow control of newly controlled parts using the existing ASCOM-enabled software. GS-touch is believed to be of great help to the astronomical observation of small telescopes in the future.

key word : Telescope, Automization, Teensy

# **소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system 개발**

## **초 록**

본 연구에서는 소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system을 개발하였다. 현재 천체망원경이 대중화됨에 따라 소형 천체망원경의 자동화 과정이 주목을 받고 있다. 이에 바흐티노프 마스크를 제어할 수 있는 경통의 덮개를 개발하여 이를 제어함으로써 천체관측의 자동화에 필요한 여러 가지 편의기능들을 제공할 수 있도록 하였다. GS-system은 구동부와 제어부로 나뉜다. 구동부에서는 앞서 설명한 경통의 덮개 및 열선 제어, 전원 제어, 초점 제어 등의 편의기능들을 위한 하드웨어들로 구성되어 있다. 제어부는 기존의 모터포커서 및 ASCOM 호환 드라이버를 개선하여 구동부를 제어할 수 있도록 하였다. GS-touch는 앞으로의 소형 천체망원경의 천체관측에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

키워드 : 자동망원경, 자동화, Teensy

# Contents

<b>Abstract</b> . . . . .	i
<b>Contents</b> . . . . .	iii
<b>List of Figures</b> . . . . .	v
<b>List of Tables</b> . . . . .	vii
<b>I 서론</b> . . . . .	1
I.1 연구의 필요성 . . . . .	1
I.2 연구 목적 . . . . .	4
<b>II 연구 과정 및 방법</b> . . . . .	7
II.1 소형 천체망원경 자동화 시스템 구성 . . . . .	7
II.2 구동부 제작 . . . . .	8
II.2.1 후드 제작 . . . . .	8
II.2.2 아크릴 덮개 제작 . . . . .	9
II.2.3 바흐티노프마스크 제작 . . . . .	12
II.2.4 열선 제작 . . . . .	13
II.3 제어부 제작 . . . . .	15
II.3.1 회로 구성 . . . . .	16
II.3.2 전원 제어 . . . . .	18
II.3.3 서보모터 제어 . . . . .	18
II.3.4 열선 제어 . . . . .	19
II.3.5 EEPROM(Electrically Erasable Read-Only Memory) . . . . .	20
<b>III 연구 결과</b> . . . . .	22
III.1 구동부 및 제어부 . . . . .	22

III.1.1 Firmware 하드웨어 . . . . .	22
III.1.2 하드웨어의 Menu조작 . . . . .	23
III.2 제어부(ASCOM Driver) . . . . .	24
<b>IV 결론 . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>A 부록 . . . . .</b>	<b>27</b>
1 아두이노 코드 . . . . .	27
1 GS-system.ino . . . . .	27
2 Board.h . . . . .	32
3 ButtonControl.ino . . . . .	33
4 displayAdafruit.ino . . . . .	34
5 EEPROM.ino . . . . .	37
6 MainControl.ino . . . . .	38
7 Setstep.ino . . . . .	41
2 ASCOM driver 코드 . . . . .	42
1 driver.cs . . . . .	42
2 FCSH.cs . . . . .	56
3 FCSH.Designer.cs . . . . .	57
4 MainWindow.cs . . . . .	60
5 ResetForm.cs . . . . .	65
6 ResetForm.Designer.cs . . . . .	66
7 SetupDialogForm.cs . . . . .	67
8 SetupDialogForm.designer.cs . . . . .	70
<b>References . . . . .</b>	<b>75</b>

# List of Figures

<b>Figure 1.</b>	FocusMAX 소프트웨어를 이용하여 FWHM 값의 V-curve를 얻어 초점 을 결정하는 모습 [1]. . . . .	2
<b>Figure 2.</b>	PP(Polypropylene) 소재의 파일 표지를 잘라서 만든 바흐티노프 마스크	3
<b>Figure 3.</b>	GS-system의 대략적인 시스템 구성도 . . . . .	7
<b>Figure 4.</b>	FSQ-106 경통의 대략적인 정보 [2]. . . . .	8
<b>Figure 5.</b>	(a) Fusion360을 이용하여 설계한 경통 덮개 조각들, (b) 제작한 후드를 천체망원경에 장착한 모습 . . . . .	9
<b>Figure 6.</b>	경통 덮개를 제어하기 위해 사용한 서보모터 ds lx3325mg 25kg . . . . .	10
<b>Figure 7.</b>	(a)서보모터를 제작한 후드에 장착한 모습 (b) 개선한 경첩 및 서보모터	10
<b>Figure 8.</b>	후드에 서보모터를 고정하기 위해 볼트를 이용해 고정한 모습 . . . . .	11
<b>Figure 9.</b>	레이저에 의해 휘어진 아크릴 마스크 . . . . .	12
<b>Figure 10.</b>	(a) 4 조각으로 나누어서 출력한 FSQ-106ED 경통의 바흐티노프 마스크 (b) 출력된 마스크를 경통에 붙인 모습. . . . .	13
<b>Figure 11.</b>	(a) 제작한 열선의 접합부와 (b) 제작한 열선을 12V에 연결한 모습. 끝에 벨크로가 붙어있어 경통에 둘러 사용할 때 편리하다. . . . .	13
<b>Figure 12.</b>	GS-touch의 주요 기능 . . . . .	15
<b>Figure 13.</b>	(a)GS-touch의 MCU인 Arduino Nano (b) 새로 제작한 Firmware 하드웨 어의 MCU인 Teensy 3.2 . . . . .	16
<b>Figure 14.</b>	PCB 기판의 회로도 . . . . .	17
<b>Figure 15.</b>	실험에 사용된 릴레이스위치를 모터포커서에 연결시킨 모습 . . . . .	18
<b>Figure 16.</b>	PWM제어를 위한 코드 . . . . .	20

<b>Figure 17.</b>	EEPROM의 address별 사용 구조. 부호와 값을 절대치를 이용하여 연산 하였다. . . . .	20
<b>Figure 18.</b>	EEPROM에서 정보를 읽어오는 과정 . . . . .	21
<b>Figure 19.</b>	완성된 Firmware하드웨어의 (a)앞면 과 (b)뒷면 . . . . .	22
<b>Figure 20.</b>	제작한 Firmware하드웨어의 Menu System의 구성 . . . . .	23
<b>Figure 21.</b>	(a) 개선된 모터포커서를 이용하여 제어한 덮개 (b) 이 때 개선된 모터포 커서에 출력되는 마스크의 상태. 화면 아래의 버튼들을 이용해 상태를 제어할 수 있으며, 제어상태를 확인할 수 있다. . . . .	23
<b>Figure 22.</b>	개선된 제어부의 GUI 모습 . . . . .	24

## List of Tables

**Table 1.** 보조관측실에 설치된 소형 천체망원경의 자동화를 위해 필요한 컨트롤 . 5

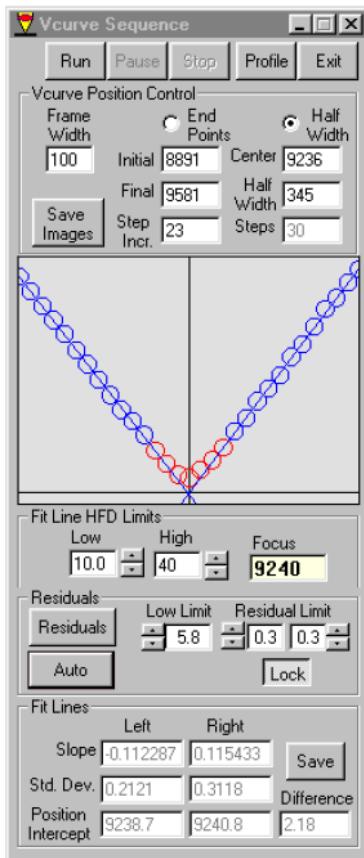
# I. 서론

## I.1 연구의 필요성

천체망원경이 대중화됨에 따라 일반인들도 소형 천체망원경과 DSLR (Digital Single Lens Replex) 카메라나 CCD(Charge-Coupled Device) 등을 이용하여 사진 관측을 하는 경우가 있다. 대부분의 천체관측은 해가 진 야간에 날씨가 맑을 경우에만 가능하다보니 시간적으로 매우 제한적이다. 또한 지상에서의 천체관측은 대기 영향에 의해 많은 어려움이 따른다. 대기의 영향을 최소화 하기 위해서는 관측 대상의 고도가 높은 시각에 관측을 하는 것이 유리하다.

또한 사진 관측에서 중요한 요소 중 하나는 초점을 정확하게 조절하는 것이다. 사진 관측 시 온도 변화로 인해 경통 및 광학계의 팽창, 수축으로 인하여 정확하게 조절해 놓은 초점이 변하는 경우도 있다. 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해 컴퓨터를 이용하여 정확한 제어를 통해 짧은 시간안에 효율적인 관측을 진행하고자 노력하고 있다. Persha (2001)는 주위 온도에 따라서 초점이 변화한다는 점을 보완하고자 이를 보정할 수 있도록 온도 보상 초점 조절 방법을 연구하였다. [3] 또한 사진 관측에서 중요한 요소 중 하나는 초점을 정확하게 조절하는 것이다. 사진 관측시 온도 변화로 인해 경통의 팽창, 수축으로 인하여 정확하게 조절해 놓은 초점이 변하는 경우도 있다. 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해 컴퓨터를 이용하여 정확한 제어를 통해 짧은 시간안에 효율적인 관측을 진행하고자 노력하고 있다. Persha (2001)는 주위 온도에 따라서 초점이 변화한다는 점을 보완하고자 이를 보정할 수 있도록 온도 보상 초점 조절 방법을 연구하였다 [3].

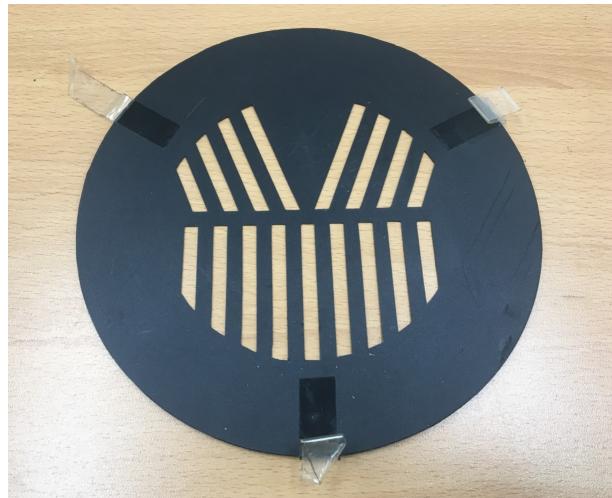
사진 관측시 천체망원경의 초점 조절을 정밀하게 하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하고 있다. 첫째는 사진에서의 대기의 상태에 의한 별의 점퍼짐 함수의 FWHM (Full Width Half Maximum) 값을 활용하여 V-curve를 그리는 방법이다. Figure. 1은 FocusMax 소프트웨어로 포커서를 움직이며 별의 점퍼짐 함수의 FWHM을 구하여 V-curve를 얻어 최적의



**Figure 1.** FocusMAX 소프트웨어를 이용하여 FWHM 값의 V-curve를 얻어 초점을 결정하는 모습 [1].

초점을 찾는 모습을 나타낸다. 이 방법을 활용할 경우 어떤 상황에서도 꽤 정확한 결과를 얻을 수 있지만, 이는 별의 플럭스가 정규분포로 펴져있어야 정확한 결과를 얻을 수 있다. 만약 별이 포화되어 점퍼짐 함수가 정규분포와 모양이 다른 경우에는 HFD (Half Flux Diameter) 값을 이용할 수 있지만 시잉(seeing)의 영향으로 에러가 발생하여 초점을 조절하는데 어려움을 겪는다.

하트만 마스크 (Hartmann mask)나 바흐티노프 마스크 (Bahtinov mask)를 사용하는 경우 이러한 어려움을 해결하고 정밀하게 초점을 맞출 수 있다. 바흐티노프 마스크는 러시아의 아마추어 천문학자인 바흐티노프가 고안한 마스크 중 하나로, 하트만 마스크에 비해 사용하



**Figure 2.** PP(Polypropylene) 소재의 파일 표지를 잘라서 만든 바흐티노프 마스크

기 편하며 오류를 쉽게 찾아낼 수 있기 때문에 이후 주류가 된 마스크의 종류이다. 두 마스크 모두 빛의 회절 현상을 이용한다는 공통점이 있지만, 천체관측에서는 바흐티노프 마스크가 더 포괄적으로 사용된다. 마스크를 이용하면 점퍼짐 함수의 FWHM 값을 구하여 초점을 조절하는 것에 비해 대기에 의한 영향을 덜 받는다는 것이 장점이며, 제작 및 관리에도 용이하기 때문에 천체망원경의 원격 제어에 알맞은 특징들을 지니고 있다.

빛의 회절은 직진하던 빛이 좁은 틈, 슬릿이나 장애물을 통과할 때 물체의 뒤편까지 빛이 나가는 현상으로, 슬릿의 폭이 좁을수록 회절이 잘 일어난다. 바흐티노프 마스크는 Figure. 2와 같이 방향이 어긋나있는 세 줄의 회절 슬릿들이 일렬로 나있는 모양을 가지고 있으며, 평행 광선인 별에서 오는 빛이 이러한 모양의 슬릿을 통과하면 빛은 좁은 틈에서 회절하게 된다. 빛은 좁은 방향으로 많이 회절하기 때문에 슬릿을 통과한 빛은 통과한 슬릿에 수직한 방향의 선 모양 상을 만들게 된다. 초점이 올바르지 않은 경우에는 평행광이 한점에 모이지 않기 때문에 세 개의 선이 한 점에서 만나지 않지만, 초점이 정확하게 맞추어진 경우에는 상들이 한 점에서 모이기 때문에 세 개의 선이 한 점에서 만나게 된다.

바흐티노프 마스크는 빛의 회절을 이용하여 초점이 정확한지 여부를 쉽고 빠르게 알 수

있기 때문에 관측시간이 중요한 천체망원경의 초점을 맞추는 데 안성맞춤이다. 회절 슬릿을 이용하기 때문에 아주 밝은 별로만 초점 검출을 할 수 있다는 단점을 가지고 있지만 상대적으로 노출의 시간을 늘리는 밤에 천체관측을 할 때는 바흐티노프마스크가 좋은 선택이라고 할 수 있다.

본교 보조관측실은 자동으로 개폐되는 슬라이딩 루프(sliding roof)가 있어, 이곳에 설치된 소형 천체망원경의 완전 자동화가 가능하다면 제한된 관측 가능 시간에 관측 성공률이 높아질 것이다. 실제로 여러 천문대에서 천체망원경 자동화를 위해 노력하고 있고, Zhang 등(2016)은 남극에 위치한 망원경의 자동관측에 대해 연구하였다 . [4] 본교 보조관측실은 자동으로 개폐되는 슬라이딩 루프(sliding roof)가 있어, 이곳에 소형 천체망원경을 고정하여 설치해 놓고 관측을 진행하고 있다. 천체망원경의 완전 자동화가 가능하다면 제한된 관측 가능 시간에 관측 성공률이 높아질 것이다. 실제로 여러 천문대에서 천체망원경 자동화를 위해 노력하고 있고, Zhang 등(2016)은 남극에 위치한 망원경의 자동관측에 대해 연구하였다 [4].

Budding (1995) 또한 뉴질랜드 카터 천체관측소(Carter)에 자동화된 소형 천체망원경을 설치하여 운영하면서 소형 천체망원경을 원격제어할 수 있도록 네트워크를 활용하면 일반적인 천체관측에 비해 비용측에서 큰 이득을 보며, 편의성또한 증대할 수 있다고 주장하였다 [5].

## I.2 연구 목적

본 연구에서는 경기과학고등학교 보조관측실에 설치되어 있는 소형 천체망원경의 자동화를 위한 장치와 이를 구동할 수 있는 소프트웨어를 개발하는 것이 그 목적이다. 소형 천체망원경의 원격 제어 및 자동화를 위해서는 돔 컨트롤, 전원 컨트롤, 마운트 컨트롤, 초점 컨트롤, 망원경 덮개 컨트롤, 이슬 제거를 위한 열선 컨트롤 등이 스스로 동작하거나 컴퓨터로 제어가 가능해야 한다. 현재 본교 보조관측실에 설치된 소형 천체망원경의 자동화를 구현하기

위해서 필요한 것들을 Table. 1에 나타내었다.

**Table 1.** 보조관측실에 설치된 소형 천체망원경의 자동화를 위해 필요한 컨트롤

컨트롤	구축 여부	제어 방법	비고
슬라이딩 루프 컨트롤	구축됨	아두이노, 릴레이스위치, 전용 소프트웨어로 제어	
마운트 컨트롤	구축됨	제조사 제공 망원경 컨트롤 시스템, ASCOM 제어	
전원 컨트롤	별도로 구축됨	아두이노, 릴레이스위치, 전용 소프트웨어로 제어	GS-system에 포함
모터 포커서 컨트롤	별도로 구축됨	GS-touch, ASCOM 제어	GS-system에 포함
망원경 덮개 컨트롤	구축안됨		GS-system에 포함
이슬 제거용 열선 컨트롤	별도로 구축됨	수동 전기 회로, 수동 제어	GS-system에 포함

개발된 시스템의 이름은 경기과학고등학교의 영문명인 Gyeonggi Science high school for the gifted 중에서 GS를 따와서 GS-system이라 명명하였다. GS-system은 기기의 전원 컨트롤, 마운트 컨트롤, 망원경 덮개 컨트롤, 초점 조절, 이슬 제거를 위한 열선 컨트롤 등을 포함하고 있으며, 이것들을 컴퓨터로 컨트롤 하는데 성공한다면 인터넷을 통해 컴퓨터를 원격 조정하는 방법이나 컴퓨터 프로그램으로 미리 지정한 스케줄에 따라 관측기기들을 구동을 예약하는 방법으로 소형 천체망원경의 자동화를 구현할 수 있게 된다.

GS-system은 바이폴라 스텝핑 모터를 사용하는 모터 포커서를 제어하기 위해 제작하였던 GS-touch (Gyeonggi Science high school for the gifted touch) 를 응용하여 ASCOM (Astronomy Common Object Model) 지원 소프트웨어와 호환되도록 개발하였다.

본 연구에서 제시하는 연구 문제는 다음과 같다:

1. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 제작할 수 있는가?
2. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 제어할 수 있는 회로를 구성할 수 있는가?
3. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 제어할 수 있는 ASCOM 호환 소프트웨어를 개발할 수 있는가?

Godoy 등(2018)또한 본 연구의 연구 목적과 연구 문제를 제시하였으며, 이를 실제로 활

용하여 천체망원경 원격제어에 성공하였다. [6] 또한, 본 연구에서 제시되는 문제를 해결하는 과정과 결과가 소형 천체망원경 자동화 시스템 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 연구 과정 및 방법

### II.1 소형 천체망원경 자동화 시스템 구성

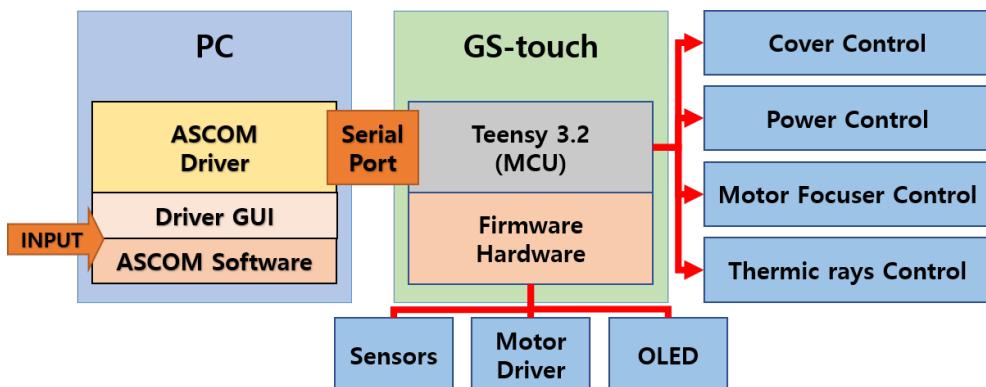


Figure 3. GS-system의 대략적인 시스템 구성도

소형 천체망원경을 자동화하기 위해서는 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등이 제어되어야 한다. GS-system의 구동부에서는 모터 포커서와 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 기존의 GS-touch를 보강한 Firmware를 개발하여, 명령을 통해 구동 될 수 있도록 하였다. 이중에서도 전원 스위치(Power Control)은 여러 개의 전원을 한꺼번에 제어할 수 있도록 릴레이 스위치(Relay Switch)를 활용하였다.

제어부에서는 FocusMax와 같은 ASCOM 호환 소프트웨어에서 제작한 구동부를 제어 할 수 있게 만들었다. 이를 위해서는 입력을 변환시켜주는 역할인 ASCOM 드라이버 또한 업데이트할 필요가 있다. 외부에서 들어오는 입력은 ASCOM 드라이버를 통한 Serial Port 를 이용하여 Firmware에 제어 명령으로 변환되는데, Firmware와 호환되는 명령을 내릴 수 있게 하기 위한 알맞은 입력을 PC를 통해 전달할 수 있도록 GUI를 추가로 제작하였다.

## II.2 구동부 제작

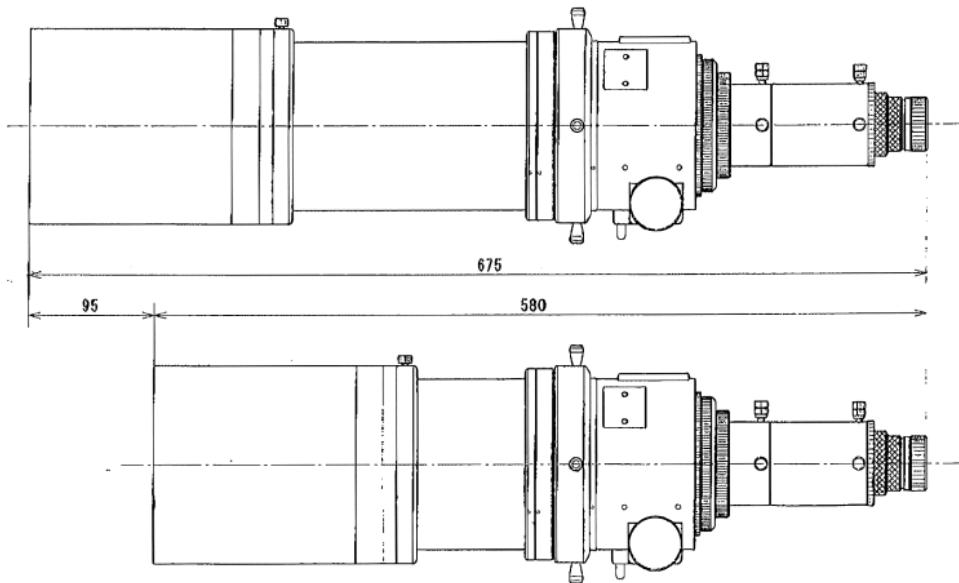


Figure 4. FSQ-106 경통의 대략적인 정보 [2].

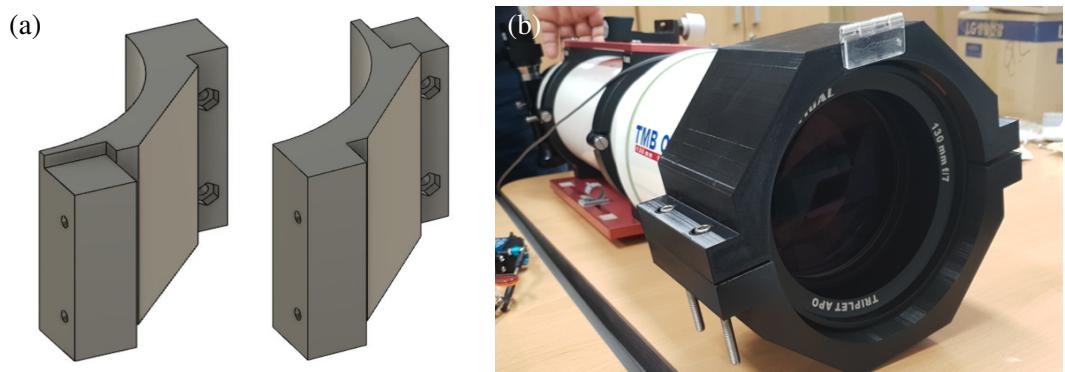
Figure. 4는 연구에 사용된 망원경 FSQ-106ED의 제조사인 타카하시 사의 홈페이지에서 가져온 경통의 대략적인 정보이며, 구동부인 후드를 제작할 때 이를 참조하여 제작하였다. 본 정보를 참조할 때, 후드의 안쪽 지름은 180mm이 되도록 제작하였으며, 바흐티노프 마스크 또한 망원경에 맞추어 Aperture값을 106mm, Focal length 값을 530mm의 값으로 출력하였다.

### II.2.1 후드 제작

후드는 Fusion360(<https://www.autodesk.co.kr/products/fusion-360/students-teachers-educators>)을 이용하여 Figure. 5a와 같이 경통의 후드를 설계한 후, 3D 프린터로 출력하여 제작하였다. 경통의 후드는 천체망원경 별로 경통의 지름과 같은 특성이 다르고, 천체망원경 위에 고정 시킬 수 있을 만큼 견고해야한다. 때문에 경통에 씌울 수 있도록 지름을 계산하여 팔각형

모양으로 감싸는 형태로 제작하였으며, 3D 프린터에서 출력할 수 있는 크기 제한이 있고 동시에 천체망원경에 부착시킬 때 편리하게 할 수 있도록 총 네 조각으로 나누어 조립하는 방식을 택하였다. 네개 조각의 렌치 볼트와 너트로 조립하여 완성할 수 있다.

본 연구에서는 부품들을 3D 프린터로 출력 후 조립하여 Figure. 5b와 같이 이를 천체망원경의 후드처럼 부착시키는 것에 성공하였다. 후드의 지름은 망원경에 따라 달라질 수 있으므로 다른 망원경에 대한 후드를 제작할 때에는 이에 맞추어 새로 제작하여야 한다.



**Figure 5.** (a) Fusion360을 이용하여 설계한 경통 덮개 조각들, (b) 제작한 후드를 천체망원경에 장착한 모습.

## II.2.2 아크릴 덮개 제작

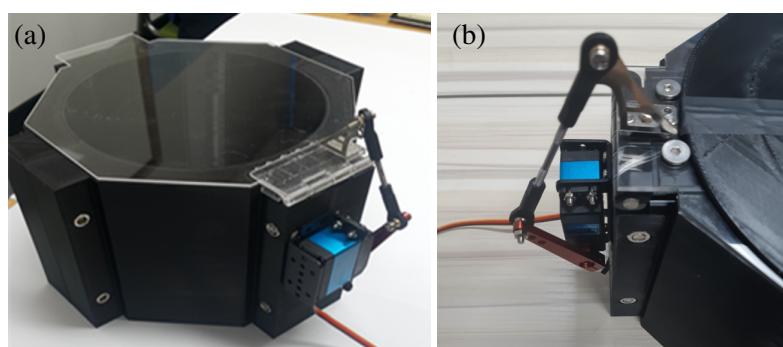
천체망원경의 자동화를 실현하기 위해서는 경통의 덮개를 열고 닫는 것이 필요한데, 소형 천체망원경의 경우 이러한 기능이 개발되어 있지 않다. 천체망원경의 광학계는 사용하지 않을 때에는 먼지, 이슬 등의 피해를 최소화 하기 위하여 덮개를 덮어 두어야 하고, 관측시에만 덮개를 열고 관측하는 것이 바람직하다.

경통의 후드에서 바흐티노프마스크를 확실하게 제어하기 위해서는 바흐티노프마스크를 적용할 때와 적용하지 않을 때의 구분이 확실해야한다. 이를 확실하게 하기 위해서 바흐티노프마스크를 경첩을 이용하여 큰 각도로 제어하는 방법을 택하였으며, 이를 위해 덮개를 설계할 때 Figure. 5b와 같이 경첩의 높이를 고려하여 제작하였다.



**Figure 6.** 경통 덮개를 제어하기 위해 사용한 서보모터 ds lx3325mg 25kg

서보모터는 일반적으로 사용하는 DC모터와 다르게 원하는 각도로 모터의 속도를 조절하여 이동시킬 수 있는 모터로, RC카의 방향제어, 로봇의 관절제어 등의 상황에서 자주 사용되곤 한다. 본 연구에서 사용한 서보모터는 ‘ds lx3325mg 25kg’ 모델(Figure. 6b)으로, 서보모터이지만 360도 회전이 가능한 모델으로, 몸체가 금속으로 되어있어 내구성을 기대 할 수 있으며, 축이 톱니모양으로 되어 있기 때문에 제어가 편리하다는 장점을 가지고 있다.



**Figure 7.** (a)서보모터를 제작한 후드에 장착한 모습 (b) 개선한 경첩 및 서보모터

서보모터의 경우 구동을 위해 필요한 핀은 3가지이며, 일반적으로 주황색, 빨간색, 갈색

의 핀으로 이루어져 있다. 주황색 핀은 모터를 제어할 수 있는 핀이며, 빨간색 핀과 갈색 핀은 각각 5 V 전원과 GND에 연결하여 서보모터를 구동할 수 있다. 서보모터의 경우 Figure. 7a 처럼 후드의 옆면에 부착시켜 일정한 각도로 제어할 수 있게끔 설계하였다.

이에 제작한 후드에 꼭 맞는 크기로 아크릴을 가공하여 덮개를 제작한 경첩을 달아 서보모터로 열고 닫을 수 있도록 설계하였다. 처음에는 Figure. 5b와 같이 아크릴 경첩을 이용하였으나 내구성에서 문제가 있다고 판단되어 견고하게 제작하기 위하여 금속 경첩으로 교체하였다. 금속으로 제작된 경첩은 볼트로 체결하는 방식으로 후드와 안정적으로 결합할 수 있었으며, 내구성 또한 뛰어났기 때문에 서보모터로 열고 닫는데 문제가 없었다. Figure. 7b 같이 금속 재질의 경첩은 덮개와 아크릴 바흐티노프 마스크 사이를 납작볼트를 이용하여 연결할 수 있으며, 이는 접착제를 이용하여 붙이는 방법보다 간단하고 견고하게 조립되었다.



**Figure 8.** 후드에 서보모터를 고정하기 위해 볼트를 이용해 고정한 모습

서보모터는 후드의 옆면에 부착시켜 제어한다. 이 때 정확한 위치에 부착시킬 수 있도록 일정한 간격을 두어 실험을 반복하였으며, Figure. 8b와 같이 적합한 위치를 찾아 고정시켰다. 서보모터로 마스크를 정확하게 제어하기 위해서는 마스크가 완전히 덮개에 고정될 수 있어야 하므로 이에 맞는 각도를 계산하여 사용하여야 한다.

### II.2.3 바흐티노프마스크 제작

천체망원경에 사용되는 대부분의 바흐티노프마스크의 도안은 직접 제작이 가능하며, 본 연구의 경우 Astrojargon (<http://astrojargon.net/MaskGenerator.aspx>) 사이트에서 망원경의 사양 및 마스크의 사용 목적에 맞는 적절한 바흐티노프마스크의 도안을 제작하여 사용하였다.

덮개에서 사용되는 방식을 이용한 바흐티노프마스크의 경우 기존처럼 종이나 알루미늄에 프린트된 방식일 경우 덮개에 원하는 모양으로 씌워지지 않을 가능성이 있다. 때문에 주변환경에 영향을 적게 받으면서도 그 면이 평평하여 천체관측을 진행할 때에 영향이 없어야 한다.



**Figure 9.** 레이저에 의해 휘어진 아크릴 마스크

연구 초기에는 아크릴이 이러한 성질을 만족하면서도 쉽게 제작할 수 있으므로 아크릴에 레이저를 써여 바흐티노프마스크 모양을 써우는 방법으로 테스트용 마스크를 제작해보았으나. 이러한 방식을 사용할 경우 Figure. 9처럼 레이저로 인해 열을 받은 아크릴이 변형되어 정밀한 초점 조절이 불가능해지는 경우가 발생하였으며, 아크릴의 두께로 인해 실제로 초점을 조절할 때에 걸리는 여러 가지 변수 또한 무시할 수 없었다.

선택한 새로운 방법은 3D프린터를 이용하여 바흐티노프 마스크를 출력하는 것이다. 이 방법으로 얇으면서도 딱딱한 마스크를 사용할 수 있으므로 일반적인 아크릴을 활용한 마스크보다 적은 변수로 바흐티노프 마스크를 덮개에 부착시킬 수 있었다.

Astrojargon을 이용하여 출력한 바흐티노프마스크(Figure. 10)는 덮개의 아크릴에 붙이

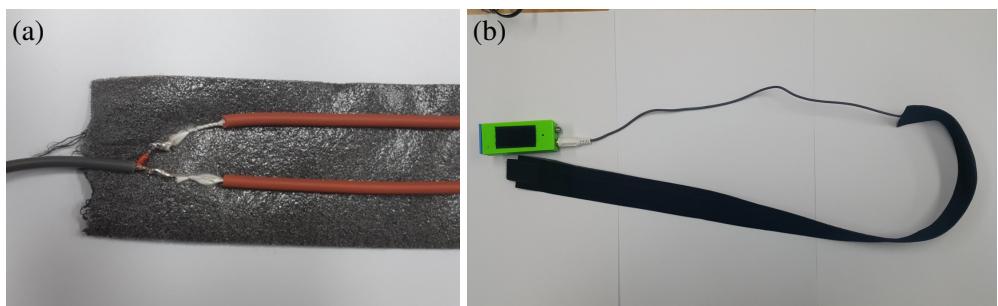


**Figure 10.** (a) 4 조각으로 나누어서 출력한 FSQ-106ED 경통의 바흐티노프 마스크 (b) 출력된 마스크를 경통에 붙인 모습.

기 편리하도록 지름을 아크릴과 같은 크기로 제작하였다. 출력 과정 중 바흐티노프마스크의 크기가 크기 때문에 4조각으로 나누어서 출력하였으며, 빛이 새는 것을 방지하기 위해 나중에 이를 검은 색 테이프로 봉합하였다.

또한, 3D 프린터의 특성상 한쪽 면은 거친 면, 다른 한쪽 면은 평평한 면을 가지고 있다. 이 때 아크릴과 mask 사이의 거리를 일정하게 하기 위해 평평한 면이 아크릴과 같은 방향으로 올 수 있도록 고정시켰다.

#### II.2.4 열선 제작



**Figure 11.** (a) 제작한 열선의 접합부와 (b) 제작한 열선을 12V에 연결한 모습. 끝에 벨크로가 붙어있어 경통에 둘러 사용할 때 편리하다.

열선은 니크롬선을 이용하여 제작하였으며, 망원경의 크기와 필요한 열량 등을 고려하

여 닉롬선의 저항을 선택하였다.

열선 제작을 위해서 먼저 Figure. 11a처럼 끈끈한 면에 히팅케이블을 부착한 뒤에 알맞는 12V어댑터를 분해하여 극을 선과 연결한다. 그리고 열선을 다시 덮어주게 되면 12V 전원을 통해 작동하는 열선을 제작할 수 있다. 열선을 실제로 사용할 시에는 그 편의성을 증대시키기 위해 열선의 끝부분을 벨크로로 연결할 수 있도록 만들게 되며, 이렇게 제작한 열선은 렌즈가 있는 부분을 찾아 둘러주면 벨크로로 끝을 고정시켜 쉽게 망원경에 부착시킬 수 있다.

## II.3 제어부 제작

이전에 개발된 GS-touch는 바이폴라 스텝 모터를 제어할 수 있는 모터 포커서로, 초점 조절 기능과 이를 위한 기능들만이 주를 이루었기 때문에 소형 천체망원경을 위한 제어 시스템과 호환되게 하도록 여러가지 부분을 보완할 필요가 있다. Figure. 12은 기존에 사용하는 GS-touch의 주요 기능들을 정리한 것이며, GS-touch는 전체적으로 두 가지 부분으로 나눌 수 있다.

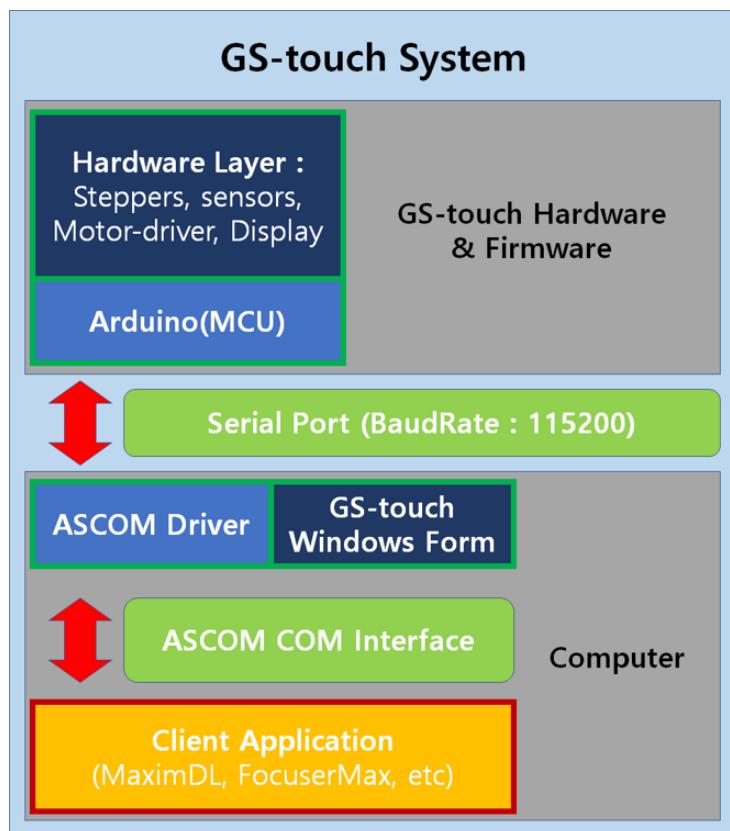


Figure 12. GS-touch의 주요 기능

첫 번째로 GS-touch의 Firmware는 모터를 직접적으로 제어할 수 있다. DRV8825 모터 드라이버를 활용하여 최대 1/32step의 마이크로 컨트롤을 지원하기 때문에 정밀하게 초점

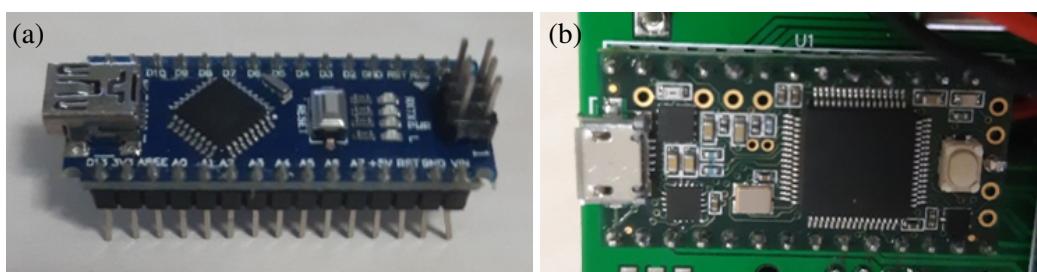
위치를 찾을 수 있도록 설계되었으며, 이를 원하는 숫자로 초기화하여 얼마나 더 움직였는지 또한 알기 쉽게 하였다. 부가적인 기능으로는 현재 컨트롤러의 위치의 온도와 습도를 알 수 있도록 하여 주변 상황을 쉽게 알 수 있도록 하였다.

두 번째 부분은 GS-touch의 직접적인 제어가 가능하도록 하는 ASCOM 호환 드라이버이다. GS-touch의 드라이버는 ASCOM 홈페이지에서 제공하는 개발자용 버전을 응용하여 C# 기반으로 제작되었으며, GUI 및 애플리케이션 소프트웨어를 제공하기 때문에 펌웨어에서 제공하는 모든 기능들을 컴퓨터에서 원격으로 사용할 수 있도록 하였다.

비록 GS-touch는 여러 가지 기능을 가지고 있지만 천체망원경의 원격조작에 필요한 여러 기능들을 완벽하게 갖추지는 못하였다. 대표적으로, EEPROM을 사용하지 않았기 때문에 원하는 길이에 step값을 저장할 수 없으며, 온도 및 습도 측정 외의 편의기능 또한 없기 때문에 실제로 사용할 때 많은 불편함이 있다.

본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하여 EEPROM을 적용시키고 열선을 사용 가능하도록 하는 등의 편의기능들을 개선하였으며, 이를 사용하여 소형 천체망원경의 자동화를 하고자 한다.

### II.3.1 회로 구성



**Figure 13.** (a)GS-touch의 MCU인 Arduino Nano (b) 새로 제작한 Firmware 하드웨어의 MCU인 Teensy 3.2

새로 만드는 Firmware의 하드웨어는 GS-touch와 다르게 여거가지를 제어해야 하므로 GS-touch에서 사용되었던 MCU(microcontroller unit)인 Arduino Nano (<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>)

nano)보다 메모리 및 연산속도에서 더 강점을 가지면서 비슷한 크기를 가지고 있는 Teensy 3.2(<https://www.pjrc.com/store/teensy32.html>)를 활용하였다.

반면에 Firmware의 소프트웨어는 기존과 비슷한 방법을 택하고 있는데, Serial을 통해 명령을 실행하는 함수와 함수에 입력할 값을 동시에 입력하면 제어키와 숫자로 이루어져 있는 기호를 통해 통신을 한다. 예를 들어, a에 모터 시계방향 회전을 담당하는 함수를 할당하고 a:100이라는 기호를 입력하면 모터는 시계방향으로 100step만큼 이동하게 된다. 모든 함수가 이러한 방법을 응용하였으며, 하드웨어의 버튼을 이용한 menu를 통해서도 함수의 일부분을 제어할 수 있도록 하였다. Figure 14은 MCU와 주변 기기를 연결한 PCB 기판의 회로도이다.

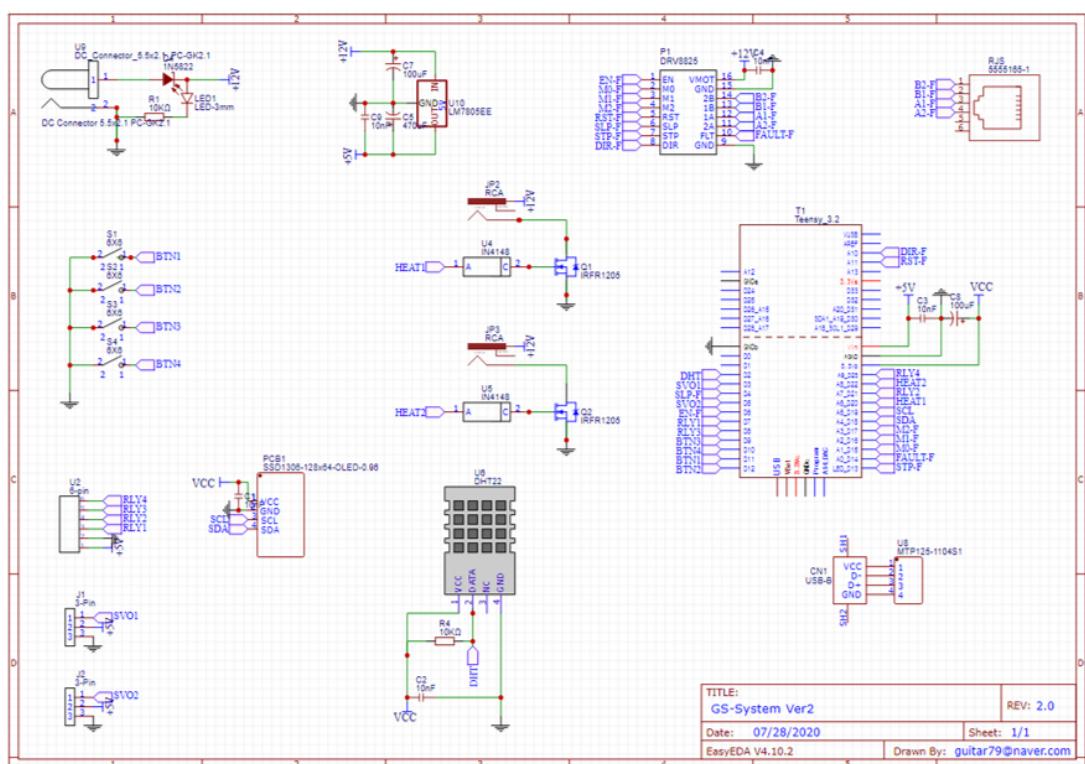
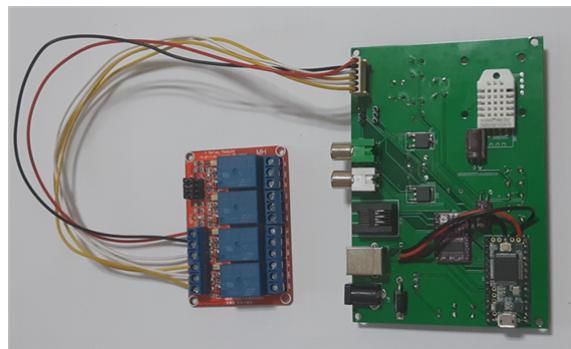


Figure 14. PCB 기판의 회로도

### II.3.2 전원 제어

릴레이 스위치는 전자적으로 이루어진 여러 스위치를 한번에 제어할 수 있도록 제작된 장비이다. 천체관측을 시작 및 종료할 때 가대, CCD, 카메라 등 한번에 여러 가지의 전원을 제어해야 하는데, 릴레이 스위치를 이용하면 한번에 제어할 수 있어 편리하다. Figure. 15 와 같이 각각의 스위치를 선으로 연결시켜 MCU의 각 핀에 연결시켜 작동시킬 수 있으며, 함수로 지정하여 이들을 한번에 제어할 수 있도록 하였다.



**Figure 15.** 실험에 사용된 릴레이스위치를 모터포커서에 연결시킨 모습

릴레이 스위치는 6개의 핀으로 이루어져 있으며, 순서대로 +5 V, GND, 1, 2, 3, 4의 Relay이다. 때문에 각 핀들을 모두 연결시킨 뒤에 MCU를 이용하여 적절하게 제어할 수 있다. 각각의 기호는 P, Q, R, S이며, 상태만을 나타내기 때문에 서보모터 제어와 마찬가지로 오직 0과 1만을 입력받는다.

### II.3.3 서보모터 제어

바흐티노프마스크를 제어하기 위해서 필요한 조건을 여러 가지가 있겠지만, 가장 중요한 조건 중 하나는 마스크를 사용하는 때와 그렇지 않을 때를 정확히 구분해야하며, 특히 마스크를 사용할 때에는 모든 상황에서 같은 환경을 제공할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 경첩을 이용한 각도의 차이로 마스크를 제어하기 때문에 정확한 각도의 이동이 가장 중요하기 때문

에 원하는 각도로 정확히 이동할 수 있는 서보모터를 사용하여 정확한 제어가 가능하도록 하였다.

일반적인 서보모터는 PWM을 응용하여 제어할 수 있으나, 대부분의 라이브러리에서 이미 그 값을 적용시켜놓은 최적화 함수가 존재한다. 이를 활용하여 서보모터를 원하는 각도로 움직일 수 있도록 펌웨어 상에 코드를 제작하였다. 특히나 OLED를 활용하여 덮개에 부착된 마스크를 정확하게 제어할 수 있도록 하였다.

시리얼 포트를 통한 입력을 할 때 필요한 기호는 N이며, 오직 0과 1만을 입력받아 각각의 상태로 서보모터를 제어한다.

#### II.3.4 열선 제어

열선또한 정확한 천체관측에 필요한 장비 중 하나이다. 관측을 진행할 때에 경통의 온도가 내려가면 렌즈에 이슬이 맷하게 되는데, 이는 정확한상을 맷하게 하는데 크게 어려움을 주게 된다. 열선을 경통에 감아놓으면 경통의 온도에 따라서 열선을 제어하여 깨끗한 렌즈를 사용할 수 있게되므로 관측을 편리하게 할 수 있으며, 때문에 천체망원경을 원격제어하기 위해서는 온도를 측정할 수 있는 장비와 열선이 필수적이다.

열선은 PWM(Pulse Width Modulation)을 이용하여 세기를 조절할 수 있다. PWM은 디지털 신호의 밀도로 그 세기를 조절하는 방식으로 디지털 신호인 0과 1이 출력되는 시간의 비율을 조절하여 원하는 밀도로 제어할 수 있도록 한다. 본 연구에서 직접 제작한 열선을 포함한 대부분의 열선은 12V의 전압을 이용해 제어해야하기 때문에 아두이노의 출력 전원인 5V로는 신호만 제어하고 스위칭 트랜지스터를 이용하여 12V의 전압을 PWM으로 제어할 수 있도록 설계하였다.

앞서 설명하였듯 열선의 제어는 전압의 PWM을 이용하여 실행된다. Figure. 16와 같이 시리얼 포트를 통한 입력을 할 때 필요한 기호는 A와 D이며, 0에서 100사이의 값을 입력받아 500ms 주기로 값을 변화시킬 수 있도록 설계하였다.

```

if(delayMillis >0 && delayMillis <500)
{
    //Serial.println(delayMillis);
    currentMillis = millis();
    if(currentMillis > previousMillis + delayMillis)
    {
        previousMillis = currentMillis;
        currentState = !currentState;
        delayMillis = 500-delayMillis;
    }
    if(currentState == true) {digitalWrite(PWMPin1,HIGH); digitalWrite(LED,HIGH);}
    else {digitalWrite(PWMPin1,LOW); digitalWrite(LED,LOW);}
}
//test OK

```

**Figure 16.** PWM제어를 위한 코드

### II.3.5 EEPROM(Electrically Erasable Read-Only Memory)

MCU내에 원하는 값을 저장하는 방법은 여러 가지가 있다. 일반적으로 펌웨어가 실행되기 전에 변수를 선언하고, loop 문 속에 들어있는 여러 함수들을 통해 그 값을 바꾸는 방법을 사용하곤 한다. 하지만 원격 천체관측을 위한 펌웨어인 만큼, MCU내의 변수만으로 값을 저장하는 것은 상당히 위험하며, 그 전원을 계속 유지할 수 없기 때문에 다른 방법으로 값을 저장할 필요성을 느꼈으며, EEPROM은 기존 방법에 비해 안전하게 값을 저장할 수 있기 때문에 사용하게 되었다.

(Address=)0	1	2	3
Step 자릿수	Step 부호	256의 자리	1의 자리

**Figure 17.** EEPROM의 address별 사용 구조. 부호와 값을 절대치를 이용하여 연산하였다.

EEPROM은 대표적인 룰(ROM - read only memory)의 한 종류로서, 전원을 차단해도 저장된 정보를 유지하는 비휘발성 메모리이다. EEPROM은 address를 가지고 있어서 각각의 address 안에 지정된 bytes의 값을 저장할 수 있다. Teensy 3.2는 0에서 1023까지의 address지를 가지고 있고 하나의 address에 2048byte, 즉 0부터 255까지의 수를 저장할 수 있다. 모터

```

void eepRead()
{
    int N = EEPROM.read(0); // 0은 자릿수 저장
    int dir = EEPROM.read(1); // 1은 부호저장 (0이상이면 1, 아니면 0)
    int v = 0;

    if(N==0) v = EEPROM.read(2);
    else v = EEPROM.read(2)*256+EEPROM.read(3);
    if(!dir) v *= (-1); //dir이 0이면 음수이므로 -1을 곱한다

    EEPcurrentPosition = v;
    //Serial.println(EEPcurrentPosition);
}

```

**Figure 18.** EEPROM에서 정보를 읽어오는 과정

포커서의 step을 저장하기 위해서는 약 100000범위의 수를 저장할 필요가 있다. GS-touch는 약 -50000에서 50000까지의 수를 저장할 수 있기 때문에 256진법을 활용하여 수를 저장할 수 있도록 설계하였다.

모터포커서의 원활한 사용을 위해 저장되어야 하는 값은 모터의 위치를 저장할 수 있는 Position 값이다. Figure. 18은 값을 EEPROM에서 읽어오는 과정을 나타낸 것으로, 모터포커서가 최초로 실행될 때 EEPROM에서 값을 불러오고, 모터를 움직여 값을 변화시킨 직후에 적용된 값을 EEPROM으로 입력시키면 EEPROM값과 모터포커서의 Position 값을 항상 동기화시킬 수 있다.

# III. 연구 결과

제작한 GS-system의 구동부 및 제어부는 스텝모터의 제어를 포함하는, 소형 천체망원경의 자동화를 위한 여러가지 편의기능들로 이루어져 있다. 하지만 회로도 상의 문제로, PC와 Firmware상의 연결을 담당하는 SerialPort를 제어하는 핀인 RX,TX핀(각각 0,1번 핀)을 모터를 제어하는 핀과 연결하였기 때문에 스텝모터의 제어는 성공하지 못하였다. 때문에 본 문단에서는 모터 제어를 제외한 소형 천체망원경의 자동화를 위한 여러가지 편의기능들의 제어를 어떤 방법으로 성공하였는지 서술한다.

## III.1 구동부 및 제어부

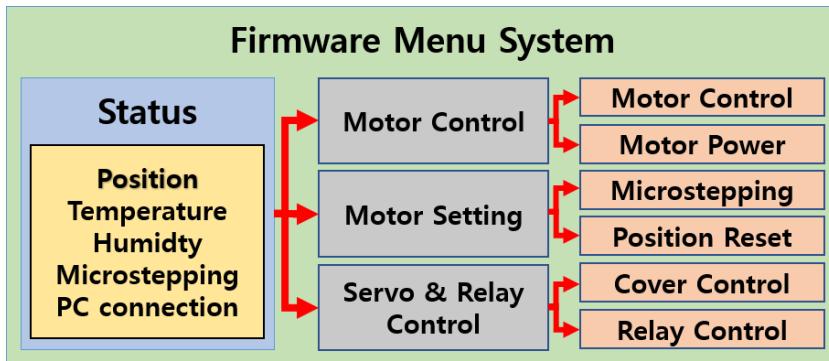
### III.1.1 Firmware하드웨어



Figure 19. 완성된 Firmware하드웨어의 (a)앞면 과 (b)뒷면

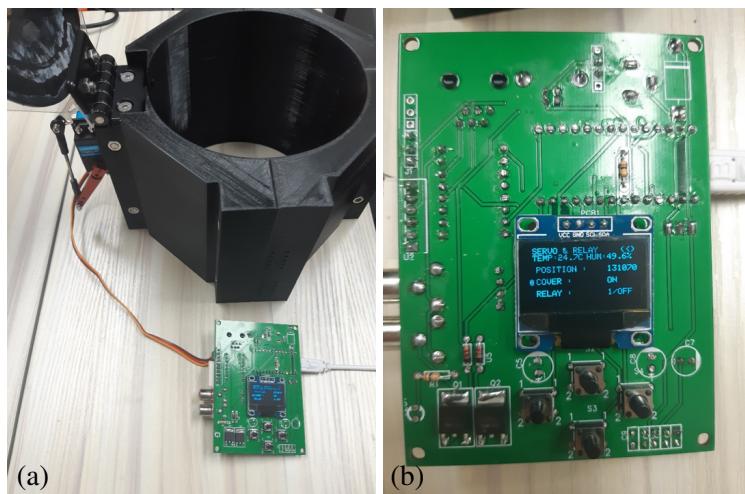
완성한 Firmware하드웨어의 PCB 는Figure. 19과 같다. PCB의 앞면에는 오프라인 제어를 편리하게 하기 위한, 메뉴시스템을 활용할 수 있도록 128\*64 OLED를 활용하였으며, 이를 제어할 수 있도록 버튼 4개를 같이 사용하였다. PCB의 뒷면에는 전원의 공급 및 여러 편의기능들을 위한 연결단자들을 배치하였다.

### III.1.2 하드웨어의 Menu조작



**Figure 20.** 제작한 Firmware하드웨어의 Menu System의 구성

연구과정에서 소개하였듯, 하드웨어의 Menu 조작으로 대부분의 편의기능들이 이용 가능하다. 이용이 가능한 편의기능들은 Position Reset, Microstepping 설정, 덮개 개폐, 릴레이 스위치 제어 등이 있다. Figure. 20는 사용가능한 함수 및 Menu System의 구성에 대하여 정리한 표이며, Figure. 21는 실제로 제작한 Firmware하드웨어의 메뉴 시스템을 통한 망원경 덮개의 개폐를 제어하는 모습이다.



**Figure 21.** (a) 개선된 모터포커서를 이용하여 제어한 덮개 (b) 이 때 개선된 모터포커서에 출력되는 마스크의 상태. 화면 아래의 버튼들을 이용해 상태를 제어할 수 있으며, 제어상태를 확인할 수 있다.

## III.2 제어부(ASCOM Driver)

기존의 모터포커서의 여러 기능들이 추가됨에 따라, 기존에 만들었던 ASCOM 호환 드라이버 또한 업데이트를 할 필요성이 있었다. 때문에 여러가지 기능들을 추가하여 기존의 GUI를 발전시켰으며, Figure.22은 발전시킨 ASCOM 드라이버의 GUI의 모습을 나타내었다.

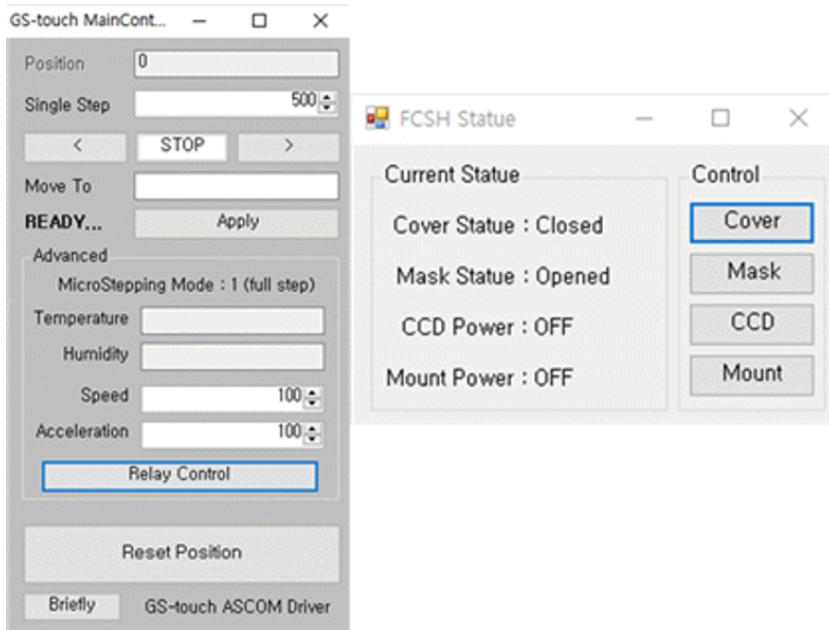


Figure 22. 개선된 제어부의 GUI 모습

기존의 GS-touch에서 추가된 기능인 덮개 제어기능, 열선 제어기능, 릴레이 스위치의 제어기능을 포함하고 있으며, 각각의 릴레이 스위치가 제어하는 기능들을 적었다.

## IV. 결론

본 연구에서는 소형 천체망원경의 자동화를 위한 GS-system을 개발하였다. 소형 천체망원경을 이용한 천체관측의 자동화를 하기 위해 필요한 여러 시스템들을 기존에 개발된 모터포커서를 이용하여 실제 관측에서 사용될 수 있는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 바흐티노프 마스크 제어용 망원경 덮개의 개발 및 시험 동작을 시행하였으며, 다른 여러 편의기능 또한 시험동작을 완료하였다. 본 제어시스템을 개발하기 위해 사용한 툴은 EasyEDA, Fusion 360, Arduino IDE, Visual Studio 2017, ASCOM platform 6등을 포함하며 이들의 효율적인 사용을 위한 여러 라이브러리가 사용되었다.

본 연구의 결과물은 같이 요약할 수 있다.

1. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 포함하는 구동부를 제작하였다.
2. 3D프린터와 망원경의 경통 구조를 적절히 활용하여 바흐티노프 마스크의 제어가 가능한 덮개를 개발하였다.
3. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 제어할 수 있는 회로를 구성하였다.
4. 천체망원경 자동화를 위한 전원 스위치, 모터 포커서, 망원경 덮개, 이슬 제거용 열선 등을 제어할 수 있는 ASCOM 호환 소프트웨어를 개발하였다.

먼저, 3D프린터와 망원경의 경통 구조를 적절히 활용하여 바흐티노프 마스크의 제어가 가능한 덮개를 개발하였다. 덮개의 크기 때문에 네 부분으로 나누어 출력하였으며, 경첩을 이용하여 마스크를 제어하기 때문에 경첩이 들어갈 부분을 만들어주었다. 경첩은 같은 방향에 부착된 서보모터를 이용하여 제어되며, 서보모터는 항상 같은 각도로 움직일 수 있기 때문에 경첩과 마스크를 동작시킬때의 안정성이 매우 뛰어나다.

또한, 천체망원경의 원격 제어 및 덮개의 원활한 동작을 위해 모터포커서를 개선하였다. 개선한 부분은 크게 네 가지로, 이슬 제거용 열선의 제어, EEPROM 적용, 덮개의 제어를 위한 서보모터 제어, 전원 제어의 편리함을 더하는 릴레이스위치의 제어로 나눌 수 있다. 또한 새로 생긴 기능들을 적절히 활용할 수 있도록 포커서 컨트롤 소프트웨어의 기능들 또한 개선 하였으며, 이들의 기능중 일부를 오프라인에서 Menu System을 활용하여 제어할 수 있도록 하였다.

마지막으로 기존에 모터의 초점 제어용으로 개발되었던 GS-touch의 ASCOM 호환 드라이버를 개선하여 앞서 만들었던 기능들을 PC를 통해 전달할 수 있도록 하였다. 모든 기능들은 드라이버 상의 GUI에 나타나도록 하여 제어가 가능하도록 하였다.

현재 망원경을 사용하기 위해서는 미리 덮개를 열고 있어야 한다. 하지만 덮개를 열고 있는 상태에서 먼지가 경통의 속으로 들어가게 되는 단점이 존재하게 되어 이는 원격 천체 망원경의 제어에 큰 어려움이 된다. 하지만 이번 연구를 통해서 덮개를 미리 열고 있어야 하는 단점을 없애 먼지가 최대한 안 들어오도록 할 수 있게 되어 소형 천체망원경을 활용하여 관측할 때 직접 망원경을 확인해야 하는 수고를 덜었으며, 덮개로 바흐티노프마스크를 제어할 수 있게 되어 포커서 컨트롤러를 활용하여 초점을 맞출 때 V-curve를 그릴 필요 없이 초점을 맞출 수 있게 되었다. 또한 열선을 설치하여 렌즈에 이슬이 맺히는 것을 방지할 수 있고, 좀 더 좋은 별상을 얻을 수 있게 될 것으로 예상된다. 위 결과들을 종합해보았을 때, 직접 개발한 시스템인 GS-system은 약간의 개선을 통해 소형 천체망원경의 자동화된 관측에 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서 아쉬운 부분은 PCB의 회로를 설계할 때 RX,TX (Teensy 3.2 상에서 0번, 1번 핀)이 SerialPort의 활성화를 위한 핀임을 인지하지 못하여 다른 편의기능들은 모두 제어가 가능하지만 모터의 초점 포커싱 기능을 사용하지 못한다는 점이다. 이 점은 앞으로의 개선사항과 더하여 Teensy 3.2 상의 핀 배열을 수정하여 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

# A. 부록

## A.1. 아두이노 코드

### A.1.1. GS-system.ino

```
1 // https :// www.airspayce.com/mikem/arduino/AccelStepper/classAccelStepper .html#a608b2395b64ac15451d16d0371fe13ce
2
3 #include "Board.h"
4
5 // for menu control
6 short subm = 0;
7 short menu = 1;
8 short power = 1;
9 short rm = 0;
10
11 // microstepping
12 short stepmode = 1;
13
14 // controlling PWM (0~100)
15 int PWM_value = 0;
16 bool currentstate = false;
17 unsigned long currentMillis = 0;
18 unsigned long previousMillis = 0;
19 unsigned long delayMillis = 0;
20
21 // for EEPROM and PCMODE
22 bool PCMODE = false;
23 int EEPcurrentPosition = 0;
24
25 #include <AccelStepper.h>
26 #include <DHT.h>
27 #include <Servo.h>
28
29 // for Stepper motor control
30 AccelStepper stepper(motorInterfaceType, STEP, DIR);
31
32 // for the temperature and humidity sensor
33 #define DHTTYPE DHT22
34 DHT dht(DHT22_PIN,DHTTYPE);
35 int chkSensor;
36 String Temperature;
37 String Humidity;
38
39 // for Servo motor control
40 Servo servo;
41 bool BMask1 = false;
42 bool BMask2 = false;
43
44 // for Relay control
45 bool Relay1 = false;
46 bool Relay2 = false;
47 bool Relay3 = false;
48 bool Relay4 = false;
49
50 String inputString = "";
51
```

```

52 void setup() {
53
54     Serial .begin(115200);
55     Serial .println ("GStouch#");
56     dis_start ();
57 //   Servo_start ();
58
59     eepRead();
60     stepper .setCurrentPosition (EEPcurrentPosition );
61
62     stepper .setMaxSpeed(2000.0);
63     stepper .setAcceleration (300.0);
64     stepper .setSpeed(100);
65
66     inputString .reserve (200);
67
68     pinset ();
69 }
70
71
72 void loop() {
73
74     if( stepper .distanceToGo() == 0 || subm!=2)
75     {
76         Temperature = String (dht.readTemperature () ,1);
77         Humidity = String (dht.readHumidity(),1);
78         humidityTemperatureReport();
79         buttonRead();
80         draw();
81     }
82
83     if( delayMillis >0 && delayMillis <500)
84     {
85         // Serial .println (delayMillis );
86         currentMillis = millis ();
87         if( currentMillis > previousMillis + delayMillis )
88         {
89             previousMillis = currentMillis ;
90             currentstate = ! currentstate ;
91             delayMillis = 500-delayMillis;
92         }
93         if( currentstate == true ) { digitalWrite (PWMPin1,HIGH); digitalWrite(LED,HIGH);}
94         else { digitalWrite (PWMPin1,LOW); digitalWrite(LED,LOW);}
95 // test OK
96     }
97 }
98
99 void reportPosition () {
100    Serial .print ("POSITION:");
101    Serial .print ( stepper . currentPosition ());
102    Serial .println ("#");
103 }
104
105
106 /**
107 * process the command we received from the client
108 * command format is <Letter><Space><Integer>
109 * i.e. A 500 ---- Fast Rewind with 500 steps
110 */

```

```

111 void serialCommand(String commandString) {
112     char _command = commandString.charAt(0);
113     int _value = commandString.substring(2).toInt ();
114     String _answer = "";
115     int _currentPosition = stepper . currentPosition () ;
116     int _newPosition = _currentPosition ;
117
118
119
120     switch (_command) {
121
122         case 'A': // SET PWM
123             case 'a': _newPosition = _currentPosition ; // non move command
124                 // PWM test
125                 delayMillis = 5 * _value;
126                 previousMillis = millis ();
127                 currentMillis = millis ();
128                 currentstate = false ;
129                 if ( delayMillis != 0) currentstate = true ;
130                 if ( delayMillis == 500) { digitalWrite (PWMPin1,HIGH);digitalWrite(LED,HIGH);}
131                 break;
132
133         case 'B': // REVERSE "<"
134             case 'b': _newPosition = _currentPosition - _value;
135                 break;
136
137         case 'C': // FORWARD ">"
138             case 'c': _newPosition = _currentPosition + _value;
139                 break;
140
141         case 'E': // MOVE TO POSITION
142             case 'e': _newPosition = _value;
143                 break;
144
145         case 'F': // GET CURRENT POSITION
146             case 'f': _answer += _currentPosition ;
147                 break;
148
149         case 'G': // SET CURRENT POSITION
150             case 'g': _newPosition = _value;
151                 _currentPosition = _value;
152                 stepper . setCurrentPosition (_value);
153                 break;
154
155         case 'H': // SET ACCELERATION
156             case 'h': _newPosition = _currentPosition ; // non move command
157                 stepper . setAcceleration (_value);
158                 _answer += "SET-ACCELERATION:" ;
159                 _answer += _value;
160                 break;
161
162         case 'I': // SET SPEED
163             _newPosition = _currentPosition ; // non move command
164                 stepper . setSpeed(_value);
165                 _answer += "SET-SPEED:" ;
166                 _answer += _value;
167                 break;
168
169         case 'i': // GET SPEED

```

```

170     _newPosition = _currentPosition ; // non move command
171     _answer += "GET-SPEED:" ;
172     _answer += stepper.speed() ;
173     break ;
174
175 case 'k': // GET TEMPERATURE & HUMIDITY
176     _newPosition = _currentPosition ; // non move command
177     humidityTemperatureReport() ;
178     break ;
179
180 case 'N': // Mask Set
181 case 'n': _newPosition = _currentPosition ; // non move command
182 BMask1 = !BMask1 ;
183     servo.attach(ServoPin1); // 5도 동시제어
184     if(BMask1) servo.write(_value);
185     else if (!BMask1) servo.write(0);
186     delay(500);
187     servo.detach();
188     delay(500);
189
190 case 'O': // Mask Set
191 case 'o': _newPosition = _currentPosition ; // non move command
192 BMask2 = !BMask2 ;
193     servo.attach(ServoPin2); // 5도 동시제어
194     if(BMask2) servo.write(_value);
195     else if (!BMask2) servo.write(0);
196     delay(500);
197     servo.detach();
198     delay(500);
199
200 case 'P': // RelayPin1
201 case 'p': _newPosition = _currentPosition ;
202 Relay1 = !Relay1;
203 if(Relay1) digitalWrite(RelayPin1,HIGH);
204 else digitalWrite(RelayPin1,LOW);
205
206 case 'Q': // RelayPin2
207 case 'q': _newPosition = _currentPosition ;
208 Relay2 = !Relay2;
209 if(Relay2) digitalWrite(RelayPin2,HIGH);
210 else digitalWrite(RelayPin2,LOW);
211
212 case 'R': // RelayPin
213 case 'r': _newPosition = _currentPosition ;
214 Relay3 = !Relay3;
215 if(Relay3) digitalWrite(RelayPin3,HIGH);
216 else digitalWrite(RelayPin3,LOW);
217
218 case 'S': // RelayPin
219 case 's': _newPosition = _currentPosition ;
220 Relay4 = !Relay4;
221 if(Relay4) digitalWrite(RelayPin4,HIGH);
222 else digitalWrite(RelayPin4,LOW);
223
224 case 'X': // GET STATUS – may not be needed
225 case 'x':
226     stepper.stop();
227     break;
228 case 'Z': // IDENTIFY

```

```

229     case 'z': _answer += "GStouch";
230     PCMODE = true;
231     break;
232
233     default :
234     _answer += "GStouch";
235     break;
236 }
237
238 if (_ newPosition != _ currentPosition) {
239     // a move command was issued
240     Serial . print ("MOVING:");
241     Serial . print (_ newPosition);
242     Serial . println ("#");
243     //
244     stepper . moveTo(_ newPosition);
245     stepper . runToPosition ();
246     _ answer += "POSITION:";
247     _ answer += stepper . currentPosition ();
248 }
249
250 eepWrite(_ newPosition);
251 eepRead();
252 Serial . print (_ answer);
253 Serial . println ("#");
254 }
255
256 /**
257 * handler for the serial communications
258 * calls the SerialCommand whenever a new command is received
259 */
260 void serialEvent () {
261     while ( Serial . available ()) {
262         char inChar = (char) Serial . read ();
263         inputString += inChar;
264         if (inChar == '\n') {
265             serialCommand(inputString);
266             inputString = "";
267         }
268     }
269 }
270
271 /**
272 * for DHT routine
273 */
274 void humidityTemperatureReport() {
275     chkSensor = digitalRead (DHT22_PIN);
276     Temperature = String (dht . readTemperature () ,1);
277     Humidity = String (dht . readHumidity () ,1);
278     switch (chkSensor) {
279     case 1:
280         Serial . print ("TEMPERATURE:");
281         Serial . print (Temperature);
282         Serial . println ("#");
283         delay(50);
284         Serial . print ("HUMIDITY:");
285         Serial . print (Humidity);
286         Serial . println ("#");
287         delay(50);

```

```

288     break;
289 case 0:
290     Serial . print ("TEMPERATURE:");
291     Serial . print ("CHECKSUMERROR");
292     Serial . println ("#");
293     Serial . print ("HUMIDITY:");
294     Serial . print ("CHECKSUMERROR");
295     Serial . println ("#");
296     break;
297 default :
298     Serial . print ("TEMPERATURE:");
299     Serial . print ("UNKNOWNERROR");
300     Serial . println ("#");
301     Serial . print ("HUMIDITY:");
302     Serial . print ("UNKNOWNERROR");
303     Serial . println ("#");
304     break;
305 }
306 }
307
308 void Servo_start ()
309 {
310     servo . attach (ServoPin1); // 5 도    동시제어
311     servo . write (0);
312     delay (500);
313     servo . detach ();
314 }
```

### A.1.2. Board.h

```

1 #ifndef Board_h
2 #define Board_h
3
4 // #define Teensy
5 #ifndef Teensy
6 #define Arduino_GStouch 1
7 #endif
8
9
10 #ifdef Teensy
11 #endif
12
13 #ifdef Arduino_GStouch
14
15 #define motorInterfaceType 1
16 #define DIR 0
17 #define STEP 13
18 #define MS0 15
19 #define MS1 16
20 #define MS2 17
21 #define MOTOR_STEPS 200
22 #define DHT22_PIN 2
23 #define UPpin 12
24 #define DOWNpin 9
25 #define RIGHTpin 10
26 #define LEFTpin 11
27 #define ServoPin1 3
28 #define ServoPin2 5
29 #define LED 13
```

```

30 #define PWMPin1 20
31 #define PWMPin2 22
32 #define MAX_POSITION 65535
33
34 // need to set
35
36 #define RelayPin1 7
37 #define RelayPin2 21
38 #define RelayPin3 8
39 #define RelayPin4 23
40
41 #endif
42
43 #endif

```

### A.1.3. ButtonControl.ino

```

1
2
3 // about button switch
4 short S[4]={0}; short now[4]={1}; short was[4]={0};
5 //
6 int _resetPosition = 0;
7
8 // 어떻게 입력이 되었나 ?
9 void controljudge ()
10 {
11     now[0]=digitalRead(UPpin);
12     now[1]=digitalRead(DOWNpin);
13     now[2]=digitalRead(RIGHTpin);
14     now[3]=digitalRead(LEFTpin);
15     for( int i=0;i<4;i++)
16     {
17         if (now[i]!=was[i]&&now[i]==0) S[i]=1;
18         else S[i]=0;
19             was[i]=now[i];
20     }
21 }
22
23 // 설정된 핀번호 풀업저항으로 선언
24 void pinset ()
25 {
26     pinMode(UPpin,INPUT_PULLUP);
27     pinMode(DOWNpin,INPUT_PULLUP);
28     pinMode(RIGHTpin,INPUT_PULLUP);
29     pinMode(LEFTpin,INPUT_PULLUP);
30
31     pinMode(PWMPin1,OUTPUT);
32     pinMode(LED,OUTPUT);
33     digitalWrite (LED,LOW);
34     digitalWrite (PWMPin1,LOW);
35
36     pinMode(PWMPin2,OUTPUT);
37     digitalWrite (PWMPin2,LOW);
38
39     pinMode(RelayPin1,OUTPUT);
40     pinMode(RelayPin2,OUTPUT);
41     pinMode(RelayPin3,OUTPUT);
42     pinMode(RelayPin4,OUTPUT);

```

```

43     digitalWrite (RelayPin1,LOW);
44     digitalWrite (RelayPin2,LOW);
45     digitalWrite (RelayPin3,LOW);
46     digitalWrite (RelayPin4,LOW);
47 }
48
49 void buttonRead()
50 {
51     controljudge ();
52     if (subm < 2)
53     {
54         if (S[2]) subm++;
55         else if (S[3]) subm--;
56
57         else if (S[0]&&menu>1) menu--;
58         else if (S[1]&&menu==2&&subm==1) menu++;
59         else if (S[1]&&menu<2) menu++;
60     }
61     else
62     {
63         switch(menu)
64     {
65         case 1: // POSITION CONTROL
66             motorControl();
67             break;
68
69         case 2: // STEPMODE SET & RESET POSITION
70             MSmodeControl();
71             break;
72
73         case 3: // SERVO & RELAY
74             Servo_Relay_Control();
75     }
76 }
77 }
```

#### A.1.4. displayAdafruit.ino

```

1 // https :// github .com/olikraus /u8glib/wiki/ fontsize
2 // https :// github .com/olikraus /u8glib/wiki/ userreference # setprintpos
3
4
5 #include <Wire.h>
6 #include <Adafruit_GFX.h>
7 #include <Adafruit_SSD1306.h>
8 #include <Fonts/FreeSansBold6pt7b.h>
9 #define OLED_RESET 4
10 Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
11 #define LOGO16_GLCD_HEIGHT 16
12 #define LOGO16_GLCD_WIDTH 16
13 #define XPOS 0
14 #define YPOS 1
15 #define DELTAY 2
16
17
18 // #include<U8Glib.h>
19 // U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NONE|U8G_I2C_OPT_DEV_0); // I2C / TWI
20
21
```

```

22 void dis_start ()
23 {
24     display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC);
25     display.display();
26     delay(1000);
27     display.clearDisplay();
28     display.setTextColor(WHITE);
29     display.setTextSize(1);
30 }
31
32 void draw()
33 {
34
35     display.clearDisplay();
36
37     Serial.print(subm);
38     Serial.print(menu);
39     Serial.println(rm);
40
41     display.setCursor(4,8);
42     display.print("TEMP:");
43     display.print(Temperature);
44     display.print("C");
45
46     display.setCursor(68,8);
47     display.print("HUM:");
48     display.print(Humidity);
49     display.print("%");
50
51     display.setCursor(8,22);
52     display.print("POSITION:_____");
53     display.print(stepper.currentPosition());
54
55     switch(subm)
56     {
57         case 0:
58             display.setCursor(4,0);
59             display.print("STATUS");
60             display.setCursor(8,36);
61             display.print("MSMODE:_____");
62             display.print(stepmode);
63             display.setCursor(8,50);
64             if (PCMODE) display.print("PCMODE:_____ON");
65             else display.print("PCMODE:_____OFF");
66             display.setCursor(108,0);
67             display.print(">");
68             break;
69
70         case 1:
71             //u8g.setFont(u8g_font_unifont); u8g.setFontPosTop();
72             display.setCursor(4,0);
73             display.print("MENU");
74             display.setCursor(8,36);
75             display.print("MOTOR_CONTROL");
76             display.setCursor(8,46);
77             display.print("MOTOR_SETTING");
78             display.setCursor(8,56);
79             display.print("SERVO_&_RELAY");
80

```

```

81     display . setCursor (102,0) ;
82     display . print ("(<>)") ;
83     display . setCursor(0,26+10*menu);
84     display . print (">");
85     break;
86
87     default :
88         switch(menu)
89     {
90         case 1:
91             // u8g.setFont ( u8g_font_unifont ); u8g.setFontPosTop() ;
92             display . setCursor (4,0) ;
93             display . print ("POSITION_CONTROL");
94             display . setCursor (8,36) ;
95             display . print ("POWER:");
96             display . setCursor (92,36) ;
97             display . print (power);
98             display . setCursor (8,50) ;
99             display . print ("MICROSTEPPING:");
100            display . setCursor (92,50) ;
101            display . print (stepmode);
102            display . setCursor (108,0) ;
103            display . print ("(<)") ;
104            display . setCursor(0,22+rm*14);
105            if (subm==2)display . print (">");
106            else display . write (15);
107            break;
108
109        case 2:
110            // u8g.setFont ( u8g_font_unifont ); u8g.setFontPosTop() ;
111            display . setCursor (4,0) ;
112            display . print ("STEPMODE_CHANGE");
113            // u8g.setFont (u8g_font_5x8);
114            display . setCursor (8,36) ;
115            display . print ("STEPMODE:----");
116            display . print (stepmode);
117            display . setCursor (8,46) ;
118            display . print ("POSITION_TO:--");
119            display . print ( _resetPosition );
120            display . setCursor (8,56) ;
121            display . print ("APPLY_SETTINGS");
122            display . setCursor (108,0) ;
123            display . print ("(<)") ;
124            display . setCursor(0,36+rm*10);
125            if (subm==2)display . print (">");
126            else display . write (15);
127            break;
128
129        case 3:
130            // u8g.setFont ( u8g_font_unifont ); u8g.setFontPosTop() ;
131            display . setCursor (4,0) ;
132            display . print ("SERVO_&_RELAY");
133            // u8g.setFont (u8g_font_5x8);
134            display . setCursor (8,36) ;
135            display . print ("COVER:-----");
136            if (BMask1) display . print ("ON");
137            else display . print ("OFF");
138            display . setCursor (8,50) ;
139

```

```

140     display . print ("RELAY_");
141     if (!rm) display . print ("1");
142     else display . print (rm);
143     display . print ("/");
144     switch(rm)
145     {
146         case 0:
147             if (Relay1) display . print ("ON");
148             else display . print ("OFF");
149             break;
150         case 1:
151             if (Relay1) display . print ("ON");
152             else display . print ("OFF");
153             break;
154
155         case 2:
156             if (Relay2) display . print ("ON");
157             else display . print ("OFF");
158             break;
159         case 3:
160             if (Relay3) display . print ("ON");
161             else display . print ("OFF");
162             break;
163         case 4:
164             if (Relay4) display . print ("ON");
165             else display . print ("OFF");
166             break;
167     }
168
169
170     display . setCursor (8,64);
171     display . print ("APPLY_SETTNGS(");
172     display . write (15);
173     display . print (")");
174     display . setCursor (108,0);
175     display . print ("(<)");
176     if (rm) display . setCursor (0,50);
177     else display . setCursor (0,36);
178     if (subm==2)display . print (">");
179     else display . write (15);
180     break;
181
182
183     }
184
185     break;
186 }
187 display . display () ;
188 }
```

### A.1.5. EEPROM.ino

```

1 #include <EEPROM.h> // 부호고려
2
3 void eepRead()
4 {
5     int bias = 65535;
6     int N = EEPROM.read(0); // 0은 자릿수 저장
7     int dir = EEPROM.read(1); // 1은 부호저장 (0 이상이면 1, 아니면 0)
```

```

8 int v = 0;
9
10 if (N==0) v = EEPROM.read(2);
11 else v = EEPROM.read(2)*256+EEPROM.read(3);
12 if (! dir) v *= (-1); // dir이 0 이면 음수이므로 -1을 곱한다
13 v = v + bias;
14 EEPROM currentPosition = v;
15 // Serial . println (EEP currentPosition );
16 }
17
18 void eepWrite(int value_ )
19 {
20     int bias = 65535;
21     value_ = value_ - bias;
22     int v = value_ ;
23     if (v>=0) EEPROM.write(1,1);
24     else {EEPROM.write(1,0); v=v*(-1);}
25
26     if (v>255)
27     {
28         EEPROM.write(0,1);
29         EEPROM.write(2,v/256);
30         EEPROM.write(3,v%256);
31     }
32     else
33     {
34         EEPROM.write(0,0);
35         EEPROM.write(2,v);
36         EEPROM.write(3,0);
37     }
38 }
39 }
```

### A.1.6. MainControl.ino

```

1
2 int ct=0;
3 int pt=0;
4 void motorControl()
5 {
6     int stp = 0;
7     switch(power)
8     {
9         case 1: stp=1; break;
10        case 2: stp=10; break;
11        case 3: stp=100; break;
12        case 4: stp=300; break;
13        case 5: stp=1000; break;
14    }
15
16    switch(subm)
17    {
18        case 2:
19            if (S[0] && rm) rm--;
20            else if(S[1] && !rm) rm++;
21            else if(S[2]) subm++;
22            else if(S[3]) subm--;
23        break;
24    }
```

```

25     case 3:
26         switch(rm)
27     {
28         case 0: // POSITION
29
30             if (!now[0]||! now[1])
31             {
32                 int _nextPosition = stepper . currentPosition ();
33                 if (!now[0]) _nextPosition += stp;
34                 else _nextPosition -= stp;
35                 if (_nextPosition != stepper . currentPosition ())
36                 {
37                     stepper .moveTo(_nextPosition);
38                     stepper .runToPosition ();
39                 }
40             }
41             else if (S[3]) subm--;
42         break;
43
44         case 1: // POWER
45             if (S[0] && power<5) power++;
46             else if (S[1] && power>1) power--;
47             else if (S[3])
48             {
49                 subm--;
50                 switch(power)
51                 {
52                     case 1: stp=1; break;
53                     case 2: stp=10; break;
54                     case 3: stp=100; break;
55                     case 4: stp=300; break;
56                     case 5: stp=1000; break;
57                 }
58             }
59             stepper .setSpeed(300*stp);
60         break;
61     }
62     break;
63 }
64 }
65
66 void MSmodeControl()
67 {
68     switch(subm)
69     {
70         case 2:
71             if (S[0] && rm) rm--;
72             else if (S[1] && rm != 2) rm++;
73             else if (S[2]) subm++;
74             else if (S[3]) subm--;
75         break;
76
77         case 3:
78             switch(rm)
79             {
80                 case 0:
81                     if (S[0] && stepmode<4) stepmode++;
82                     else if (S[1] && stepmode>1) stepmode--;
83                     else if (S[3]) subm--;

```

```

84     break;
85
86 case 1:
87     if(S[0] && _resetPosition < 500000 && rm==1) _resetPosition = ( _resetPosition +100)/100*100;
88     else if(S[1] && _resetPosition > 0 && rm==1) _resetPosition = ( _resetPosition -100)/100*100;
89     else if(S[3]) subm--;
90     break;
91
92 case 2:
93     if(S[2])
94     {
95         rm=0; subm=0;
96         stepper . setCurrentPosition ( _resetPosition ); // reset position setting
97         _resetPosition = 0;
98
99         setstep (); // microstepping setting
100    }
101    else if (S[3]) subm--;
102   }
103 }
104
105 }
106
107 // Main_Control로 이동
108 void Servo_Relay_Control()
109 {
110     switch(subm)
111     {
112     case 2:
113         if (S[0] && rm--) rm--;
114         else if(S[1] && rm!=4) rm++;
115         else if(S[2]) subm++;
116         else if(S[3]) subm--;
117         break;
118
119     case 3:
120         switch(rm)
121         {
122             case 0:
123                 if(S[0])
124                 {
125                     BMask1 = true;
126                     servo . attach (ServoPin1); // 5도 동시제어
127                     servo . write (150);
128                     delay(500);
129                     servo . detach ();
130                     delay(500);
131                 }
132                 else if(S[1])
133                 {
134                     BMask1 = false;
135                     servo . attach (ServoPin1); // 5도 동시제어
136                     servo . write (30);
137                     delay(500);
138                     servo . detach ();
139                     delay(500);
140                 }
141                 else if(S[3]) subm--;
142             break;

```

```

143
144     case 1:
145         if(S[0] && !Relay1)
146             {Relay1 = !Relay1; digitalWrite (RelayPin1,HIGH);}
147         else if(S[1] && Relay1)
148             {Relay1 = !Relay1; digitalWrite (RelayPin1,LOW);}
149         else if(S[3]) subm--;
150     break;
151
152     case 2:
153         if(S[0] && !Relay2)
154             {Relay2 = !Relay2; digitalWrite (RelayPin2,HIGH);}
155         else if(S[1] && Relay2)
156             {Relay2 = !Relay2; digitalWrite (RelayPin2,LOW);}
157         else if(S[3]) subm--;
158     break;
159
160     case 3:
161         if(S[0] && !Relay3)
162             {Relay3 = !Relay3; digitalWrite (RelayPin3,HIGH);}
163         else if(S[1] && Relay3)
164             {Relay3 = !Relay3; digitalWrite (RelayPin3,LOW);}
165         else if(S[3]) subm--;
166     break;
167
168     case 4:
169         if(S[0] && !Relay4)
170             {Relay4 = !Relay4; digitalWrite (RelayPin4,HIGH);}
171         else if(S[1] && Relay4)
172             {Relay4 = !Relay4; digitalWrite (RelayPin4,LOW);}
173         else if(S[3]) subm--;
174     break;
175 }
176 }
177
178 }
179 }
```

### A.1.7. Setstep.ino

```

1 void setstep ()
2 {
3     switch(stepmode)
4     {
5         case 1:
6             digitalWrite (MS0,LOW);
7             digitalWrite (MS1,LOW);
8             digitalWrite (MS2,LOW);
9             break;
10
11        case 2:
12            digitalWrite (MS0,HIGH);
13            digitalWrite (MS1,LOW);
14            digitalWrite (MS2,LOW);
15            break;
16
17        case 3:
18            digitalWrite (MS0,LOW);
19            digitalWrite (MS1,HIGH);
```

```

20     digitalWrite (MS2,LOW);
21     break;
22
23     case 4:
24     digitalWrite (MS0,HIGH);
25     digitalWrite (MS1,HIGH);
26     digitalWrite (MS2,LOW);
27     break;
28
29     default :
30     Serial . println ("Microstepping _mode _should _be _from _1 _to _4");
31   }
32   Serial . print ("Microstepping _mode:"); Serial . print (stepmode);
33 }
```

## A.2. ASCOM driver 코드

### A.2.1. driver.cs

```

1 // tabs=4
2 //
-----  

3 // TODO fill in this information for your driver, then remove this line !
4 //
5 // ASCOM Focuser driver for GS_touch
6 //
7 // Description : Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr , sed diam
8 // nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam
9 // erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo
10 // dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata
11 // sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.
12 //
13 // Implements: ASCOM Focuser interface version: <To be completed by driver developer>
14 // Author: (XXX) Your N. Here <your@email.here>
15 //
16 // Edit Log:
17 //
18 // Date      Who Vers  Description
19 // -----  -----
20 // dd-mmm-yyyy XXX 6.0.0 Initial edit , created from ASCOM driver template
21 //
-----  

22 //
23
24
25 // This is used to define code in the template that is specific to one class implementation
26 // unused code canbe deleted and this definition removed.
27 #define Focuser
28
29
30 using System;
31 using System.Collections.Generic;
32 using System.Diagnostics;
33 using System.Linq;
34 using System.Text;
```

```

35
36 using System.Windows.Forms;
37 using System.Runtime.InteropServices ;
38
39 using ASCOM;
40 using ASCOM.Astrometry;
41 using ASCOM.Astrometry.AstroUtils;
42 using ASCOM.Utilities;
43 using ASCOM.DeviceInterface;
44 using System.Globalization ;
45 using System.Collections ;
46 using System.IO.Ports ;
47
48 namespace ASCOM.GS_touch
49 {
50     #region Event Handling Libraries
51
52     public class FocuserHumidityChangedEventArgs : EventArgs
53     {
54         public readonly string Humidity;
55
56         public FocuserHumidityChangedEventArgs(string humidity)
57         {
58             this.Humidity = humidity;
59         }
60     }
61
62
63     public class FocuserStateChangedEventArgs : EventArgs
64     {
65         public readonly bool IsMoving;
66
67         public FocuserStateChangedEventArgs(bool isMoving)
68         {
69             this.IsMoving = isMoving;
70         }
71     }
72
73     public class FocuserTemperatureChangedEventArgs : EventArgs
74     {
75         public readonly string Temperature;
76
77         public FocuserTemperatureChangedEventArgs(string temperature )
78         {
79             this.Temperature = temperature ;
80         }
81     }
82
83     public class FocuserValueChangedEventArgs : EventArgs
84     {
85         public readonly int LastValue;
86         public readonly int NewValue;
87
88         public FocuserValueChangedEventArgs(int LastValue , int NewValue)
89         {
90             this.LastValue = LastValue;
91             this.NewValue = NewValue;
92         }
93     }

```

```

94     #endregion
95
96     // Your driver's DeviceID is ASCOM.GS_touch.Focuser
97
98     // The Guid attribute sets the CLSID for ASCOM.GS_touch.Focuser
99     // The ClassInterface /None attribute prevents an empty interface called
100    // _GS_touch from being created and used as the [ default ] interface
101
102   // TODO Replace the not implemented exceptions with code to implement the function or
103   // throw the appropriate ASCOM exception.
104
105
106  /// <summary>
107  /// ASCOM Focuser Driver for GS_touch.
108  /// </summary>
109  [Guid("92161BAA-FB3B-4A67-A120-0948F98AB1CB")]
110  [ ClassInterface ( ClassInterfaceType .None)]
111  public class Focuser : IFocuserV3
112 {
113
114     /// <summary>
115     /// ASCOM DeviceID (COM ProgID) for this driver.
116     /// The DeviceID is used by ASCOM applications to load the driver at runtime.
117
118     internal static string driverID = "ASCOM.GS_touch.Focuser";
119
120     // TODO Change the descriptive string for your driver then remove this line
121
122     /// <summary>
123     /// Driver description that displays in the ASCOM Chooser.
124
125     private static string driverDescription = "ASCOM_Focuser_Driver_for_GS-touch";
126
127
128     internal static string comPortProfileName = "COM_Port"; // Constants used for Profile persistence
129     internal static string comPortDefault = "COM4";
130     internal static string traceStateProfileName = "Trace_Level";
131     internal static string traceStateDefault = "false ";
132
133     internal static string comPort; // Variables to hold the current device configuration
134
135     internal static string showUIProfileName = "Show_Controller";
136     internal static string showUIDefault = "true ";
137     internal static string stepperMotor = "stepper ";
138     internal static bool traceState ;
139     internal static bool showUI;
140
141     internal static string motorDriver;
142
143     private bool connectedState ;
144     private Util utilities ;
145     private AstroUtils astroUtilities ;
146     internal static TraceLogger tl ;
147
148     private SerialPort serialPort ;
149     private bool isMoving = false ;
150     private double temperature ;
151     private double humidity ;
152     private string message;
153     private string existingMessage;

```

```

153
154     private int focuserPosition = 0; // Class level variable to hold the current focuser position
155     private const int focuserSteps = 10000;
156     private double stepSize = 500;
157     private int maxIncrement = 1000;
158
159     /// <summary>
160     /// Initializes a new instance of the <see cref="GS_touch"/> class.
161     /// Must be public for COM registration.
162     /// </summary>
163     public Focuser()
164     {
165         ReadProfile();
166         tl = new TraceLogger("", "GS_touch");
167         tl.Enabled = traceState;
168         tl.LogMessage("Focuser", "Starting „initialisation „");
169
170         connectedState = false; // Initialise connected to false
171         utilities = new Util(); // Initialise util object
172         astroUtilities = new AstroUtils(); // Initialise astro utilities object
173         //TODO: Implement your additional construction here
174
175         tl.LogMessage("Focuser", "Completed „initialisation „");
176     }
177
178     #region Event Handling
179     #region Event Handling Declaration + Mainwindow Declaration
180     private MainWindow mainWindow;
181     public event EventHandler<FocuserValueChangedEventArgs> FocuserValueChanged;
182     public event EventHandler<FocuserStateChangedEventArgs> FocuserStateChanged;
183     public event EventHandler<FocuserTemperatureChangedEventArgs> FocuserTemperatureChanged;
184     public event EventHandler<FocuserHumidityChangedEventArgs> FocuserHumidityChanged;
185     #endregion //need
186     #region Event Handling Functions
187     public virtual void OnFocuserValueChanged(FocuserValueChangedEventArgs e)
188     {
189         if (FocuserValueChanged != null)
190         {
191             FocuserValueChanged(this, e);
192         }
193     }
194
195     public virtual void OnFocuserStateChanged(FocuserStateChangedEventArgs e)
196     {
197         if (FocuserStateChanged != null)
198         {
199             FocuserStateChanged(this, e);
200         }
201     }
202
203     public virtual void OnFocuserTemperatureChanged(FocuserTemperatureChangedEventArgs e)
204     {
205         if (FocuserTemperatureChanged != null)
206         {
207             FocuserTemperatureChanged(this, e);
208         }
209     }
210
211     public virtual void OnFocuserHumidityChanged(FocuserHumidityChangedEventArgs e)

```

```

212     {
213         if (FocuserHumidityChanged != null)
214         {
215             FocuserHumidityChanged(this, e);
216         }
217     }
218
219 #endregion
220 #endregion
221
222 #region Common properties and methods.
223
224 // <summary>
225 // Displays the Setup Dialog form.
226 // If the user clicks the OK button to dismiss the form, then
227 // the new settings are saved, otherwise the old values are reloaded.
228 // THIS IS THE ONLY PLACE WHERE SHOWING USER INTERFACE IS ALLOWED!
229 // </summary>
230 public void SetupDialog()
231 {
232     // consider only showing the setup dialog if not connected
233     // or call a different dialog if connected
234     if (IsConnected)
235         System.Windows.MessageBox.Show("Already_connected,_just_press_OK");
236
237     using (SetupDialogForm F = new SetupDialogForm())
238     {
239         var result = F.ShowDialog();
240         if (result == System.Windows.Forms.DialogResult.OK)
241         {
242             WriteProfile(); // Persist device configuration values to the ASCOM Profile store
243         }
244     }
245 }
246
247 public ArrayList SupportedActions
248 {
249     get
250     {
251         tl.LogMessage("SupportedActions_Get", "Returning_empty_arraylist");
252         return new ArrayList();
253     }
254 }
255
256 public string Action( string actionName, string actionParameters )
257 {
258     CheckConnected("Action");
259     if (IsConnected)
260     {
261         serialPort.WriteLine(actionName + ":" + actionParameters );
262     }
263     return "";
264 }
265
266 public void CommandBlind(string command, bool raw)
267 {
268     CheckConnected("CommandBlind");
269     // Call CommandString and return as soon as it finishes
270     this.CommandString(command, raw);

```

```

271     // or
272     throw new ASCOM.MethodNotImplementedException("CommandBlind");
273     // DO NOT have both these sections ! One or the other
274 }
275
276 public bool CommandBool(string command, bool raw)
277 {
278     CheckConnected("CommandBool");
279     string ret = CommandString(command, raw);
280     // TODO decode the return string and return true or false
281     // or
282     throw new ASCOM.MethodNotImplementedException("CommandBool");
283     // DO NOT have both these sections ! One or the other
284 }
285
286 public string CommandString(string command, bool raw)
287 {
288     CheckConnected("CommandString");
289     // it's a good idea to put all the low level communication with the device here,
290     // then all communication calls this function
291     // you need something to ensure that only one command is in progress at a time
292
293     if (IsConnected)
294     {
295         serialPort.WriteLine(command + ":" + stepSize );
296         //System.Threading.Thread.Sleep(10);
297     }
298
299     string message = "sent_" + command + ":" + stepSize ;
300
301     tl.LogMessage("command_", message);
302
303     System.Diagnostics.Debug.WriteLine("messaaage_from_arduino_" + message);
304     return message;
305 }
306
307 public void Dispose()
308 {
309     // Clean up the tracelogger and util objects
310     tl.Enabled = false ;
311     tl.Dispose();
312     tl = null ;
313     utilities .Dispose();
314     utilities = null ;
315     astroUtilities .Dispose();
316     astroUtilities = null ;
317 }
318
319 public bool Connected
320 {
321     get
322     {
323         tl.LogMessage("Connected_Get", IsConnected.ToString());
324         return IsConnected;
325     }
326     set
327     {
328         tl.LogMessage("Connected_Set", value.ToString ());
329     }
}

```

```

330     ReadProfile();
331
332     if (value == IsConnected)
333     {
334         if (!mainWindow.Visible && showUI)
335         {
336             mainWindow = new MainWindow(this);
337             mainWindow.Show();
338         }
339     }
340
341     if (value)
342     {
343         connectedState = true;
344         tl.LogMessage("Connected_Set", "Connecting_to_port_" + comPort);
345         // TODO connect to the device
346         try
347         {
348             serialPort = new SerialPort(comPort, 115200);
349             serialPort.DataReceived += new SerialDataReceivedEventHandler(this.serialPort_DataReceived
350             );
351             if (!serialPort.IsOpen)
352             {
353                 serialPort.Open();
354             }
355             Action("F", ""); //GET POSITION
356             Action("k", ""); //GET TEMPERATURE AND HUMIDITY
357
358             // when we establish connection, set up the increment, step and speed
359             Action("I", "100"); // SET SPEED
360             Action("J", "200"); // SET MAXSPEED
361             Action("H", "200"); // SET ACCELERATION
362
363
364             if (showUI)
365             {
366                 mainWindow = new MainWindow(this);
367                 mainWindow.Show();
368                 System.Diagnostics.Debug.WriteLine("Connected_" + IsConnected.ToString());
369             }
370         }
371         catch (Exception e)
372         {
373             connectedState = false;
374             tl.LogMessage("Cannot_Open_Serial_Port", comPort);
375             if (serialPort.IsOpen)
376             {
377                 serialPort.Close();
378             }
379         }
380     }
381     else
382     {
383         connectedState = false;
384         tl.LogMessage("Connected_Set", "Disconnecting_from_port_" + comPort);
385         // TODO disconnect from the device
386
387

```

```

388             if (showUI)
389             {
390                 mainWindow.Close();
391             }
392             if ( serialPort .IsOpen)
393             {
394                 serialPort .Close();
395             }
396         }
397     }
398 }
399
400 public string Description
401 {
402     // TODO customise this device description
403     get
404     {
405         tl .LogMessage("Description_Get", driverDescription );
406         return driverDescription ;
407     }
408 }
409
410 public string DriverInfo
411 {
412     get
413     {
414         Version version = System.Reflection.Assembly.GetExecutingAssembly().GetName().Version;
415         // TODO customise this driver description
416         string driverInfo = "Information about the driver itself . Version: " + String.Format(CultureInfo .
417             InvariantCulture , "{0}.{1}", version .Major, version .Minor);
418         tl .LogMessage("DriverInfo_Get", driverInfo );
419         return driverInfo ;
420     }
421 }
422
423 public string DriverVersion
424 {
425     get
426     {
427         Version version = System.Reflection.Assembly.GetExecutingAssembly().GetName().Version;
428         string driverVersion = String.Format(CultureInfo . InvariantCulture , "{0}.{1}", version .Major,
429             version .Minor);
430         tl .LogMessage("DriverVersion_Get", driverVersion );
431         return driverVersion ;
432     }
433 }
434
435 public short InterfaceVersion
436 {
437     // set by the driver wizard
438     get
439     {
440         tl .LogMessage("InterfaceVersion_Get", "3");
441         return Convert.ToInt16("3");
442     }
443 }
444
445 public string Name
446 {

```

```

445         get
446     {
447         string name = "Short_driver_name - please customise";
448         tl .LogMessage("Name_Get", name);
449         return name;
450     }
451 }
452
453     public SerialPort SerialPort
454     {
455         get
456     {
457         return serialPort ;
458     }
459 }
460
461     private void serialPort_DataReceived ( object sender , SerialDataReceivedEventArgs e)
462     {
463         try
464     {
465         message = SerialPort .ReadTo("#");
466         System.Diagnostics.Debug.WriteLine(message);
467         existingMessage = SerialPort .ReadExisting();
468         System.Diagnostics.Debug.WriteLine("Existing " + existingMessage);
469
470         if (message.Contains("POSITION"))
471     {
472             focuserPosition = Convert.ToInt16(message.Split (':') [1]);
473             OnFocuserValueChanged(new FocuserValueChangedEventArgs(focuserPosition, focuserPosition));
474             OnFocuserStateChanged(new FocuserStateChangedEventArgs(false));
475             this .isMoving = false ;
476         }
477
478         if (message.Contains("MOVING"))
479     {
480             OnFocuserStateChanged(new FocuserStateChangedEventArgs(true));
481             this .isMoving = true ;
482         }
483
484         if (message.Contains("TEMPERATURE"))
485     {
486             this .temperature = Convert.ToDouble(message.Split (':') [1]);
487             OnFocuserTemperatureChanged(
488                 new FocuserTemperatureChangedEventArgs(message.Split(':')[1] + "C"));
489         }
490
491         if (message.Contains("HUMIDITY"))
492     {
493             this .humidity = Convert.ToDouble(message.Split (':') [1]);
494             OnFocuserHumidityChanged(
495                 new FocuserHumidityChangedEventArgs(message.Split(':')[1] + "%"));
496         }
497     }
498     catch (Exception ex)
499     {
500         tl .LogMessage("Encountered_an_Exeption", ex.Message);
501     }
502 }

```

```

504     }
505 #endregion
506
507 #region IFocuser Implementation
508
509     public bool Absolute
510     {
511         get
512         {
513             tl.LogMessage("Absolute_Get", true.ToString());
514             return true; // This is an absolute focuser
515         }
516     }
517
518     public void Halt()
519     {
520         tl.LogMessage("Halt", "Called");
521         SerialPort.WriteLine("X");
522     }
523
524     public bool IsMoving
525     {
526         get
527         {
528             tl.LogMessage("IsMoving_Get", false.ToString());
529             return this.isMoving; // This focuser always moves instantaneously so no need for IsMoving ever to
530             be True
531         }
532     }
533
534     public bool Link
535     {
536         get
537         {
538             tl.LogMessage("Link_Get", this.Connected.ToString());
539             return this.Connected; // Direct function to the connected method, the Link method is just here
540             for backwards compatibility
541         }
542         set
543         {
544             tl.LogMessage("Link_Set", value.ToString());
545             this.Connected = value; // Direct function to the connected method, the Link method is just here
546             for backwards compatibility
547         }
548     }
549     public int MaxIncrement
550     {
551         get
552         {
553             return maxIncrement; // Maximum change in one move
554         }
555         set
556         {
557             maxIncrement = value;
558         }
559     }

```

```

560     {
561         get
562         {
563             tl .LogMessage("MaxStep_Get", focuserSteps.ToString());
564             return  focuserSteps; // Maximum extent of the focuser, so position range is 0 to 10,000
565         }
566     }
567
568     public void Move(int Position )
569     {
570         tl .LogMessage("Move", Position.ToString ());
571         // focuserPosition = Position ;
572         Action("E", Position .ToString()); // Set the focuser position
573     }
574
575     public int Position
576     {
577         get
578         {
579             return  focuserPosition ; // Return the focuser position
580         }
581     }
582
583     public int MicroStepMode
584     {
585         get
586         {
587             return  MicroSteppingMode; // Return microstepping mode
588         }
589         set
590         {
591             MicroSteppingMode = value;
592         }
593     }
594     public int Fcsh
595     {
596         get
597         {
598             return  FCSH; // Return FCSH value (0~16)
599         }
600         set
601         {
602             FCSH = value;
603         }
604     }
605     public double StepSize
606     {
607         get
608         {
609             return  stepSize ;
610         }
611         set
612         {
613             stepSize = value;
614         }
615     }
616
617     public bool TempComp
618     {

```

```

619         get
620     {
621         tl.LogMessage("TempComp_Get", false.ToString());
622         return false ;
623     }
624     set
625     {
626         tl.LogMessage("TempComp_Set", "Not_implemented");
627         throw new ASCOM.PropertyNotImplementedException("TempComp", false);
628     }
629 }
630
631     public bool TempCompAvailable
632     {
633         get
634     {
635         tl.LogMessage("TempCompAvailable_Get", false.ToString());
636         return false ; // Temperature compensation is not available in this driver
637     }
638 }
639
640     public double Temperature
641     {
642         get
643     {
644         tl.LogMessage("Temperature_Get", "Not_implemented");
645         return temperature ;
646     }
647 }
648
649     public string MotorDriver
650     {
651         get
652     {
653         return motorDriver;
654     }
655     set
656     {
657         motorDriver = value;
658     }
659 }
660 #endregion
661
662 #region Private properties and methods
663 // here are some useful properties and methods that can be used as required
664 // to help with driver development
665
666 #region ASCOM Registration
667
668 // Register or unregister driver for ASCOM. This is harmless if already
669 // registered or unregistered .
670 //
671 /// <summary>
672 /// Register or unregister the driver with the ASCOM Platform.
673 /// This is harmless if the driver is already registered / unregistered .
674 /// </summary>
675 /// <param name="bRegister">If <c>true</c>, registers the driver , otherwise unregisters it .</param>
676 private static void RegUnregASCOM(bool bRegister)
677 {

```

```

678     using ( var P = new ASCOM.Utilities.Profile () )
679     {
680         P.DeviceType = "Focuser";
681         if ( bRegister )
682         {
683             P.Register ( driverID ,  driverDescription );
684         }
685         else
686         {
687             P.Unregister ( driverID );
688         }
689     }
690 }
691
692 /// <summary>
693 /// This function registers the driver with the ASCOM Chooser and
694 /// is called automatically whenever this class is registered for COM Interop.
695 /// </summary>
696 /// <param name="t">Type of the class being registered , not used.</param>
697 /// <remarks>
698 /// This method typically runs in two distinct situations :
699 /// <list type="numbered">
700 /// <item>
701 /// In Visual Studio, when the project is successfully built .
702 /// For this to work correctly , the option <c>Register for COM Interop</c>
703 /// must be enabled in the project settings .
704 /// </item>
705 /// <item>During setup, when the installer registers the assembly for COM Interop.</item>
706 /// </list >
707 /// This technique should mean that it is never necessary to manually register a driver with ASCOM.
708 /// </remarks>
709 [ComRegisterFunction]
710 public static void RegisterASCOM(Type t)
711 {
712     RegUnregASCOM(true);
713 }
714
715 /// <summary>
716 /// This function unregisters the driver from the ASCOM Chooser and
717 /// is called automatically whenever this class is unregistered from COM Interop.
718 /// </summary>
719 /// <param name="t">Type of the class being registered , not used.</param>
720 /// <remarks>
721 /// This method typically runs in two distinct situations :
722 /// <list type="numbered">
723 /// <item>
724 /// In Visual Studio, when the project is cleaned or prior to rebuilding .
725 /// For this to work correctly , the option <c>Register for COM Interop</c>
726 /// must be enabled in the project settings .
727 /// </item>
728 /// <item>During uninstall , when the installer unregisters the assembly from COM Interop.</item>
729 /// </list >
730 /// This technique should mean that it is never necessary to manually unregister a driver from ASCOM.
731 /// </remarks>
732 [ComUnregisterFunction]
733 public static void UnregisterASCOM(Type t)
734 {
735     RegUnregASCOM(false);
736 }

```

```

737
738 #endregion
739
740 /// <summary>
741 /// Returns true if there is a valid connection to the driver hardware
742 /// </summary>
743 private bool IsConnected
744 {
745     get
746     {
747         // TODO check that the driver hardware connection exists and is connected to the hardware
748         return connectedState;
749     }
750 }
751
752 /// <summary>
753 /// Use this function to throw an exception if we aren't connected to the hardware
754 /// </summary>
755 /// <param name="message"></param>
756 private void CheckConnected(string message)
757 {
758     if (!IsConnected)
759     {
760         throw new ASCOM.NotConnectedException(message);
761     }
762 }
763
764 /// <summary>
765 /// Read the device configuration from the ASCOM Profile store
766 /// </summary>
767 internal void ReadProfile()
768 {
769     using (Profile driverProfile = new Profile())
770     {
771         driverProfile.DeviceType = "Focuser";
772         traceState = Convert.ToBoolean(driverProfile.GetValue(driverID, traceStateProfileName, string.Empty, traceStateDefault));
773         tl.Enabled = Convert.ToBoolean(driverProfile.GetValue(driverID, traceStateProfileName, string.Empty, traceStateDefault));
774         comPort = driverProfile.GetValue(driverID, comPortProfileName, string.Empty, comPortDefault);
775         showUI = Convert.ToBoolean(driverProfile.GetValue(driverID, showUIProfileName, string.Empty, showUIDefault));
776     }
777 }
778
779 /// <summary>
780 /// Write the device configuration to the ASCOM Profile store
781 /// </summary>
782 internal void WriteProfile()
783 {
784     using (Profile driverProfile = new Profile())
785     {
786         driverProfile.DeviceType = "Focuser";
787         try
788         {
789             driverProfile.WriteLine(driverID, traceStateProfileName, traceState.ToString());
790             driverProfile.WriteLine(driverID, comPortProfileName, comPort.ToString());
791             driverProfile.WriteLine(driverID, showUIProfileName, showUI.ToString());
792         }

```

```

793         }
794     catch (Exception ex)
795     {
796         tl .LogMessage("Cannot_write_to_driveProfile", ex.Message);
797     }
798     // showUI = Convert.ToBoolean( driverProfile .GetValue(driverID , showUIProfileName, string .Empty,
799                             showUIDefault));
800     // driverProfile .WriteValue(driverID , traceStateProfileName , tl .Enabled.ToString ());
801     // driverProfile .WriteValue(driverID , comPortProfileName, comPort.ToString ());
802 }
803
804     /// <summary>
805     /// Log helper function that takes formatted strings and arguments
806     /// </summary>
807     /// <param name=" identifier "></param>
808     /// <param name="message"></param>
809     /// <param name="args"></param>
810     #endregion
811 }
812 }
```

## A.2.2. FCSH.cs

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.ComponentModel;
4  using System.Data;
5  using System.Drawing;
6  using System.Linq;
7  using System.Text;
8  using System.Windows.Forms;
9
10 namespace ASCOM.GS_touch
11 {
12     public partial class FCSH : Form
13     {
14         private ASCOM.GS_touch.MainWindow mainWindow;
15         private int FCSH_Value;
16         public FCSH(MainWindow mainWindow)
17         {
18             this .mainWindow = mainWindow;
19             InitializeComponent ();
20             InitStatue ();
21             FCSH_Value = new int();
22             FCSH_Value = mainWindow.askFCSH();
23         }
24         private void InitStatue ()
25         {
26             if (FCSH_Value / 2 % 2 == 1) label_C.Text = "Cover_Status:_Opened";
27             else label_C.Text = "Cover_Status:_Closed";
28
29             if (FCSH_Value / 4 % 2 == 1) label_M.Text = "Mask_Status:_Opened";
30             else label_M.Text = "Mask_Status:_Closed";
31
32             if (FCSH_Value / 8 % 2 == 1) label_CC.Text = "CCD_Power:_ON";
33             else label_CC.Text = "CCD_Power:_OFF";
34
35             if (FCSH_Value / 16 % 2 == 1) label_M.Text = "Mount_Power:_ON";

```

```

36         else label_Mo.Text = "Mount\u201d;OFF";
37     }
38
39     private void FCSH_Load(object sender, EventArgs e)
40     {
41
42     }
43
44     private void button_Cover_Click(object sender, EventArgs e)
45     {
46         mainWindow.applyFCSH(1);
47         if (label_C.Text == "Cover\u201dStatue\u201d;Closed") label_C.Text = "Cover\u201dStatue\u201d;Opened";
48         else label_C.Text = "Cover\u201dStatue\u201d;Closed";
49     }
50
51
52     private void button_Mask_Click(object sender, EventArgs e)
53     {
54         mainWindow.applyFCSH(2);
55         if (label_M.Text == "Mask\u201dStatue\u201d;Closed") label_M.Text = "Mask\u201dStatue\u201d;Opened";
56         else label_M.Text = "Mask\u201dStatue\u201d;Closed";
57     }
58
59     private void button_CCD_Click(object sender, EventArgs e)
60     {
61         mainWindow.applyFCSH(3);
62         if (label_CC.Text == "CCD\u201dPower\u201d;OFF") label_CC.Text = "CCD\u201dPower\u201d;ON";
63         else label_CC.Text = "CCD\u201dPower\u201d;OFF";
64     }
65
66     private void button_Mount_Click(object sender, EventArgs e)
67     {
68         mainWindow.applyFCSH(4);
69         if (label_Mo.Text == "Mount\u201dPower\u201d;OFF") label_Mo.Text = "Mount\u201dPower\u201d;ON";
70         else label_Mo.Text = "Mount\u201dPower\u201d;OFF";
71     }
72 }
73 }
```

### A.2.3. FCSH.Designer.cs

```

1 namespace ASCOM.GS_touch
2 {
3     partial class FCSH
4     {
5         /// <summary>
6         /// Required designer variable.
7         /// </summary>
8         private System.ComponentModel.IContainer components = null;
9
10        /// <summary>
11        /// Clean up any resources being used.
12        /// </summary>
13        /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed; otherwise, false.</param>
14        protected override void Dispose(bool disposing)
15        {
16            if (disposing && (components != null))
17            {
18                components.Dispose();
19            }
20        }
21    }
22 }
```

```

19         }
20         base.Dispose(disposing);
21     }
22
23 #region Windows Form Designer generated code
24
25 // <summary>
26 // Required method for Designer support – do not modify
27 // the contents of this method with the code editor .
28 // </summary>
29 private void InitializeComponent()
30 {
31     this.groupBox_Status = new System.Windows.Forms.GroupBox();
32     this.label_Mo = new System.Windows.Forms.Label();
33     this.label_CC = new System.Windows.Forms.Label();
34     this.label_M = new System.Windows.Forms.Label();
35     this.label_C = new System.Windows.Forms.Label();
36     this.button_Cover = new System.Windows.Forms.Button();
37     this.button_Mask = new System.Windows.Forms.Button();
38     this.button_CCD = new System.Windows.Forms.Button();
39     this.button_Mount = new System.Windows.Forms.Button();
40     this.groupBox_Control = new System.Windows.Forms.GroupBox();
41     this.groupBox_Status.SuspendLayout();
42     this.groupBox_Control.SuspendLayout();
43     this.SuspendLayout();
44
45     // groupBox_Status
46     //
47     this.groupBox_Status.Controls.Add(this.label_Mo);
48     this.groupBox_Status.Controls.Add(this.label_CC);
49     this.groupBox_Status.Controls.Add(this.label_M);
50     this.groupBox_Status.Controls.Add(this.label_C);
51     this.groupBox_Status.Location = new System.Drawing.Point(12, 12);
52     this.groupBox_Status.Name = "groupBox_Status";
53     this.groupBox_Status.Size = new System.Drawing.Size(175, 146);
54     this.groupBox_Status.TabIndex = 0;
55     this.groupBox_Status.TabStop = false;
56     this.groupBox_Status.Text = "Current_Status";
57
58     // label_Mo
59     //
60     this.label_Mo.AutoSize = true;
61     this.label_Mo.Location = new System.Drawing.Point(7, 120);
62     this.label_Mo.Name = "label_Mo";
63     this.label_Mo.Size = new System.Drawing.Size(92, 12);
64     this.label_Mo.TabIndex = 3;
65     this.label_Mo.Text = "Mount_Power:_";
66
67     // label_CC
68     //
69     this.label_CC.AutoSize = true;
70     this.label_CC.Location = new System.Drawing.Point(16, 90);
71     this.label_CC.Name = "label_CC";
72     this.label_CC.Size = new System.Drawing.Size(79, 12);
73     this.label_CC.TabIndex = 1;
74     this.label_CC.Text = "CCD_Power:_";
75
76     // label_M
77     //

```

```

78     this .label_M.AutoSize = true ;
79     this .label_M.Location = new System.Drawing.Point(13, 60);
80     this .label_M.Name = "label_M";
81     this .label_M.Size = new System.Drawing.Size(87, 12);
82     this .label_M.TabIndex = 2;
83     this .label_M.Text = "Mask\u00a0Statue\u00a0";
84     //
85     // label_C
86     //
87     this .label_C.AutoSize = true ;
88     this .label_C.Location = new System.Drawing.Point(11, 30);
89     this .label_C.Name = "label_C";
90     this .label_C.Size = new System.Drawing.Size(89, 12);
91     this .label_C.TabIndex = 1;
92     this .label_C.Text = "Cover\u00a0Statue\u00a0";
93     //
94     // button_Cover
95     //
96     this .button_Cover.Location = new System.Drawing.Point(6, 21);
97     this .button_Cover.Name = "button_Cover";
98     this .button_Cover.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
99     this .button_Cover.TabIndex = 2;
100    this .button_Cover.Text = "Cover";
101    this .button_Cover.UseVisualStyleBackColor = true ;
102    this .button_Cover.Click += new System.EventHandler(this .button_Cover_Click);
103    //
104    // button_Mask
105    //
106    this .button_Mask.Location = new System.Drawing.Point(6, 51);
107    this .button_Mask.Name = "button_Mask";
108    this .button_Mask.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
109    this .button_Mask.TabIndex = 3;
110    this .button_Mask.Text = "Mask";
111    this .button_Mask.UseVisualStyleBackColor = true ;
112    this .button_Mask.Click += new System.EventHandler(this .button_Mask_Click);
113    //
114    // button_CCD
115    //
116    this .button_CCD.Location = new System.Drawing.Point(6, 81);
117    this .button_CCD.Name = "button_CCD";
118    this .button_CCD.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
119    this .button_CCD.TabIndex = 4;
120    this .button_CCD.Text = "CCD";
121    this .button_CCD.UseVisualStyleBackColor = true ;
122    this .button_CCD.Click += new System.EventHandler(this .button_CCD_Click);
123    //
124    // button_Mount
125    //
126    this .button_Mount.Location = new System.Drawing.Point(6, 111);
127    this .button_Mount.Name = "button_Mount";
128    this .button_Mount.Size = new System.Drawing.Size(75, 26);
129    this .button_Mount.TabIndex = 5;
130    this .button_Mount.Text = "Mount";
131    this .button_Mount.UseVisualStyleBackColor = true ;
132    this .button_Mount.Click += new System.EventHandler(this .button_Mount_Click);
133    //
134    // groupBox_Control
135    //
136    this .groupBox_Control.Controls.Add(this .button_Cover);

```

```

137     this .groupBox_Control.Controls.Add(this .button_Mount);
138     this .groupBox_Control.Controls.Add(this .button_Mask);
139     this .groupBox_Control.Controls.Add(this .button_CCD);
140     this .groupBox_Control.Location = new System.Drawing.Point(193, 12);
141     this .groupBox_Control.Name = "groupBox_Control";
142     this .groupBox_Control.Size = new System.Drawing.Size(87, 146);
143     this .groupBox_Control.TabIndex = 6;
144     this .groupBox_Control.TabStop = false ;
145     this .groupBox_Control.Text = "Control";
146     //
147 // FCSH
148 //
149     this .AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(7F, 12F);
150     this .AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
151     this .ClientSize = new System.Drawing.Size(287, 165);
152     this .Controls .Add(this .groupBox_Control);
153     this .Controls .Add(this .groupBox_Status);
154     this .Name = "FCSH";
155     this .Text = "FCSH_Status";
156     this .Load += new System.EventHandler(this .FCSH_Load);
157     this .groupBox_Status.ResumeLayout(false);
158     this .groupBox_Status.PerformLayout();
159     this .groupBox_Control.ResumeLayout(false);
160     this .ResumeLayout(false);
161 }
162 }
163 #endregion
164
165 private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox_Status;
166 private System.Windows.Forms.Label label_Mo;
167 private System.Windows.Forms.Label label_CC;
168 private System.Windows.Forms.Label label_M;
169 private System.Windows.Forms.Label label_C;
170 private System.Windows.Forms.Button button_Cover;
171 private System.Windows.Forms.Button button_Mask;
172 private System.Windows.Forms.Button button_CCD;
173 private System.Windows.Forms.Button button_Mount;
174 private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox_Control;
175
176 }
177 }
```

#### A.2.4. MainWindow.cs

```

1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.ComponentModel;
4 using System.Data;
5 using System.Drawing;
6 using System.Linq;
7 using System.Text;
8 using System.Windows.Forms;
9
10 namespace ASCOM.GS_touch
11 {
12     public partial class MainWindow : Form
13     {
14         ASCOM.GS_touch.Focuser focuser;
```

```

16
17     public MainWindow(Focuser focuser)
18     {
19         this .focuser = focuser ;
20         this .focuser .FocuserValueChanged += FocuserValueChanged;
21         this .focuser .FocuserStateChanged += FocuserStateChanged;
22         this .focuser .FocuserHumidityChanged += FocuserHumidityChanged;
23         this .focuser .FocuserTemperatureChanged += FocuserTemperatureChanged;
24         InitializeComponent () ;
25         InitControls () ;
26
27         this .FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedSingle ;
28     }
29
30     delegate void SetCurrentPositionCallBack (int position );
31     delegate void SetCurrentStateCallBack (bool isMoving);
32     delegate void SetCurrentTemperatureCallBack( string temperature );
33     delegate void SetCurrentHumidityCallBack( string humidity );
34
35     private void SetCurrentTemperature( string temperature )
36     {
37         textBox_Temperature.InvokeIfRequired(textBox_Temperature => { textBox_Temperature.Text = temperature ;
38             });
39     }
40
41     private void SetCurrentHumidity( string humidity )
42     {
43
44         textBox_Humidity.InvokeIfRequired(textBox_Humidity => { textBox_Humidity.Text = humidity ; });
45     }
46
47     public void SetCurrentPosition (int position )
48     {
49
50         textBox_Position .InvokeIfRequired( textBox_Position => { textBox_Position .Text = position .ToString () ;
51             });
52
53     private void FocuserValueChanged(object sender , FocuserValueChangedEventArgs e)
54     {
55         // this .textBoxCursorPosition .Text = e.NewValue.ToString();
56         SetCurrentPosition (e.NewValue);
57     }
58
59     private void SetCurrentState (bool isMoving)
60     {
61         if (label_Moving.InvokeRequired)
62         {
63             SetCurrentStateCallBack d = new SetCurrentStateCallBack( SetCurrentState );
64             this .Invoke(d, new object [] { isMoving });
65         }
66         else
67         {
68             if (isMoving)
69             {
70                 label_Moving.Text = "MOVING...";
71             }
72             else
73             {

```

```

73             label_Moving.Text = "READY...";
74         }
75     }
76 }
77
78 #region Changed EventArg Declaration
79
80 private void FocuserHumidityChanged(object sender, FocuserHumidityChangedEventArgs e)
81 {
82     SetCurrentHumidity(e.Humidity);
83 }
84
85 private void FocuserTemperatureChanged(object sender, FocuserTemperatureChangedEventArgs e)
86 {
87     SetCurrentTemperature(e.Temperature);
88 }
89
90 private void FocuserStateChanged(object sender, FocuserStateChangedEventArgs e)
91 {
92     SetCurrentState(e.IsMoving);
93 }
94 #endregion
95
96 private void InitControls()
97 {
98     textBox_Position.Text = focuser.Position.ToString();
99     label_MS.Text = "MicroStepping_Mode:_";
100    switch (focuser.MicroStepMode)
101    {
102        case 1:
103            label_MS.Text += "1_(full_step)";
104            focuser.Action("M", Convert.ToString(1));
105            break;
106
107        case 2:
108            label_MS.Text += "2_(half_step)";
109            focuser.Action("M", Convert.ToString(2));
110            break;
111
112        case 3:
113            label_MS.Text += "3_(1/4_step)";
114            focuser.Action("M", Convert.ToString(3));
115            break;
116
117        case 4:
118            label_MS.Text += "4_(1/8_step)";
119            focuser.Action("M", Convert.ToString(4));
120            break;
121    }
122 }
123
124 private ResetForm resetForm;
125 private void button_Reset_Click(object sender, EventArgs e)
126 {
127     resetForm = new ResetForm(this);
128     resetForm.Show();
129     InitControls();
130 }
131

```

```

132     private void button_Advanced_Click(object sender, EventArgs e)
133     {
134         panel_Advanced.Visible = !panel_Advanced.Visible;
135
136         if (panel_Advanced.Visible)
137         {
138             this .Height = 505;
139             button_Advanced.Text = " Briefly ";
140         }
141         else
142         {
143             this .Height = 280;
144             button_Advanced.Text = "Advanced";
145         }
146     }
147
148     private void button_Apply_Click(object sender, EventArgs e)
149     {
150         focuser .Move(Convert.ToInt16(textBox_MoveTo.Text));
151     }
152
153     private void button_stop_Click (object sender, EventArgs e)
154     {
155         focuser .Halt();
156     }
157
158     private void button_moveleft_Click (object sender, EventArgs e)
159     {
160         focuser .CommandString("B", true);
161     }
162
163     private void button_moveright_Click (object sender, EventArgs e)
164     {
165         focuser .CommandString("C", true);
166     }
167
168     private void numericUpDown_SingleStep_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
169     {
170         focuser .StepSize = Convert.ToDouble(numericUpDown_SingleStep.Value);
171     }
172
173     private void numericUpDown_Speed_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
174     {
175         focuser .Action("J", numericUpDown_Speed.Value.ToString());
176     }
177
178     private void numericUpDown_Acceleration_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
179     {
180         focuser .Action("H", numericUpDown_Acceleration.Value.ToString());
181     }
182
183     private void numericUpDown_PWM_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
184     {
185         focuser .Action("A", numericUpDown_PWM.Value.ToString());
186     }
187 // 일단 A에 PWM 할당
188
189     private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
190     {

```

```

191         // do not disrupt the motor when it is moving
192         if (!focuser.IsMoving)
193         {
194             System.Diagnostics.Debug.WriteLine("Getting_Temperature");
195             focuser.Action("k", "");
196         }
197     }
198
199     private void groupBox_Advanced_Enter(object sender, EventArgs e)
200     {
201
202     }
203
204     public String askPosition()
205     {
206         return focuser.Position.ToString();
207     }
208     public void applyPosition(String resetPosition)
209     {
210         focuser.Action("G", resetPosition);
211         SetCurrentPosition(Convert.ToInt32(resetPosition));
212         return;
213     }
214
215     private void MainWindow_Load(object sender, EventArgs e)
216     {
217
218     }
219
220     private FCSH fCSH;
221     private void button_maskControl_Click(object sender, EventArgs e)
222     {
223         fCSH = new FCSH(this);
224         fCSH.Show();
225     }
226     public void applyFCSH(int type)
227     {
228         if (type==1) focuser.Action("N", "");
229         else if (type == 2) focuser.Action("O", "");
230         else if (type == 3) focuser.Action("P", "");
231         else if (type == 4) focuser.Action("Q", "");
232         else if (type == 5) focuser.Action("R", "");
233         else if (type == 6) focuser.Action("S", "");
234         return;
235     }
236     public int askFCSH()
237     {
238         return focuser.Fcsh;
239         // 일단 이렇게 해놓자
240     }
241
242 }
243
244 #region ExtensionMethods
245
246     public static class ExtensionMethods
247     {
248         public static void InvokeIfRequired(this TextBox control, Action<TextBox> action)
249         {

```

```

250         if ( control .InvokeRequired)
251     {
252         control .Invoke(new Action(() => action ( control )));
253     }
254     else
255     {
256         action ( control );
257     }
258   }
259 }
260 #endregion
261 }
```

### A.2.5. ResetForm.cs

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.ComponentModel;
4  using System.Data;
5  using System.Drawing;
6  using System.Linq;
7  using System.Text;
8  using System.Windows.Forms;
9
10 namespace ASCOM.GS_touch
11 {
12     public partial class ResetForm : Form
13     {
14         private ASCOM.GS_touch.MainWindow mainWindow;
15         public ResetForm(MainWindow mainWindow)
16     {
17         this .mainWindow = mainWindow;
18         InitializeComponent ();
19         textBox_ResetPosition .Text = mainWindow.askPosition();
20     }
21
22     internal const int MaxStep = 65535;
23
24     private void button_Reset_Click (object sender, EventArgs e)
25     {
26         if (Convert.ToInt32(textBox_ResetPosition .Text) > MaxStep || Convert.ToInt32(textBox_ResetPosition .
27             Text) < -1*MaxStep)
28         {
29             System.Windows.MessageBox.Show("Reset_Position_Out_of_Range");
30         }
31         else
32         {
33             mainWindow.applyPosition(textBox_ResetPosition .Text);
34             //mainWindow.SetCurrentPosition(Convert.ToInt32(textBox_ResetPosition ));
35             this .Close();
36         }
37     }
38     private void button_Cancel_Click (object sender, EventArgs e)
39     {
40         this .Close();
41     }
42 }
43 }
```

## A.2.6. ResetForm.Designer.cs

```
1  namespace ASCOM.GS_touch
2  {
3      partial class ResetForm
4      {
5          /// <summary>
6          /// Required designer variable.
7          /// </summary>
8          private System.ComponentModel.IContainer components = null;
9
10         /// <summary>
11         /// Clean up any resources being used.
12         /// </summary>
13         /// <param name="disposing">true if managed resources should be disposed; otherwise, false.</param>
14         protected override void Dispose(bool disposing)
15     {
16         if (disposing && (components != null))
17     {
18         components.Dispose();
19     }
20     base.Dispose(disposing);
21 }
22
23 #region Windows Form Designer generated code
24
25         /// <summary>
26         /// Required method for Designer support – do not modify
27         /// the contents of this method with the code editor.
28         /// </summary>
29         private void InitializeComponent()
30     {
31         this.label_ResetPosition = new System.Windows.Forms.Label();
32         this.textBox_ResetPosition = new System.Windows.Forms.TextBox();
33         this.button_Reset = new System.Windows.Forms.Button();
34         this.button_Cancel = new System.Windows.Forms.Button();
35         this.SuspendLayout();
36         //
37         // label_ResetPosition
38         //
39         this.label_ResetPosition.AutoSize = true;
40         this.label_ResetPosition.Location = new System.Drawing.Point(26, 36);
41         this.label_ResetPosition.Name = "label_ResetPosition";
42         this.label_ResetPosition.Size = new System.Drawing.Size(81, 12);
43         this.label_ResetPosition.TabIndex = 0;
44         this.label_ResetPosition.Text = "Position _want";
45         //
46         // textBox_ResetPosition
47         //
48         this.textBox_ResetPosition.Location = new System.Drawing.Point(128, 30);
49         this.textBox_ResetPosition.Name = "textBox_ResetPosition";
50         this.textBox_ResetPosition.Size = new System.Drawing.Size(150, 21);
51         this.textBox_ResetPosition.TabIndex = 2;
52         //
53         // button_Reset
54         //
55         this.button_Reset.Location = new System.Drawing.Point(128, 65);
56         this.button_Reset.Name = "button_Reset";
57         this.button_Reset.Size = new System.Drawing.Size(70, 25);
```

```

58     this.button_Reset.TabIndex = 4;
59     this.button_Reset.Text = "Apply";
60     this.button_Reset.UseVisualStyleBackColor = true ;
61     this.button_Reset.Click += new System.EventHandler(this.button_Reset_Click);
62     //
63     // button_Cancel
64     //
65     this.button_Cancel.Location = new System.Drawing.Point(208, 65);
66     this.button_Cancel.Name = "button_Cancel";
67     this.button_Cancel.Size = new System.Drawing.Size(70, 25);
68     this.button_Cancel.TabIndex = 5;
69     this.button_Cancel.Text = "Cancel";
70     this.button_Cancel.UseVisualStyleBackColor = true ;
71     this.button_Cancel.Click += new System.EventHandler(this.button_Cancel_Click);
72     //
73     // ResetForm
74     //
75     this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(7F, 12F);
76     this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
77     this.ClientSize = new System.Drawing.Size(304, 111);
78     this.Controls.Add(this.button_Cancel);
79     this.Controls.Add(this.button_Reset);
80     this.Controls.Add(this.textBox_ResetPosition );
81     this.Controls.Add(this.label_ResetPosition );
82     this.Name = "ResetForm";
83     this.Text = "Reset_Settings";
84     this.ResumeLayout(false);
85     this.PerformLayout();
86     this.PerformLayout();
87 }
88
89 #endregion
90
91 private System.Windows.Forms.Label label_ResetPosition ;
92 private System.Windows.Forms.TextBox textBox_ResetPosition;
93 private System.Windows.Forms.Button button_Reset;
94 private System.Windows.Forms.Button button_Cancel;
95 }
96 }
```

### A.2.7. SetupDialogForm.cs

```

1  using System;
2  using System.Collections.Generic;
3  using System.ComponentModel;
4  using System.Drawing;
5  using System.Runtime.InteropServices ;
6  using System.Text;
7  using System.Windows.Forms;
8  using ASCOM.Utilities;
9  using ASCOM.GS_touch;
10
11 using System.IO.Ports ;
12 using System.Diagnostics ;
13 using System.Threading;
14 using System.Threading.Tasks;
15 using System.Linq;
16
17 namespace ASCOM.GS_touch
```

```

18 {
19     [ComVisible(false)] // Form not registered for COM!
20     public partial class SetupDialogForm : Form
21     {
22         public SetupDialogForm()
23         {
24             InitializeComponent();
25             // Initialise current values of user settings from the ASCOM Profile
26             InitUI();
27         }
28
29         private void cmdOK_Click(object sender, EventArgs e) // OK button event handler
30         {
31             // Place any validation constraint checks here
32             // Update the state variables with results from the dialogue
33             Focuser.comPort = (string)comboBoxComPort.SelectedItem;
34             Focuser.showUI = showUI.Checked;
35
36             // String modeString = comboBoxMS.SelectedIndex.ToString().Substring(0,0);
37             int mode = Convert.ToInt32(comboBoxMS.SelectedIndex.ToString().Split(':')[0]);
38             Focuser.MicroSteppingMode = mode;
39         }
40
41         private void cmdCancel_Click(object sender, EventArgs e) // Cancel button event handler
42         {
43             Close();
44         }
45
46         private void BrowseToAscom(object sender, EventArgs e) // Click on ASCOM logo event handler
47         {
48             try
49             {
50                 System.Diagnostics.Process.Start("http://ascom-standards.org/");
51             }
52             catch (System.ComponentModel.Win32Exception noBrowser)
53             {
54                 if (noBrowser.ErrorCode == -2147467259)
55                     MessageBox.Show(noBrowser.Message);
56             }
57             catch (System.Exception other)
58             {
59                 MessageBox.Show(other.Message);
60             }
61         }
62
63         private void InitUI()
64         {
65             chkTrace.Checked = Focuser.traceState;
66             showUI.Checked = Focuser.showUI;
67
68             // set the list of com ports to those that are currently available
69             comboBoxComPort.Items.Clear();
70
71             String[] ports = SerialPort.GetPortNames();
72             foreach (string port in ports)
73             {
74                 Debug.WriteLine("Port_here_" + port);
75                 if (Detect_TFocuser(port))
76                 {

```

```

77             comboBoxComPort.Items.Add(port);
78         }
79     }
80
81     comboBoxComPort.Items.AddRange(System.IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()); // use System.IO
82         because it's static
83     // select the current port if possible
84     if (comboBoxComPort.Items.Contains(Focuser.comPort))
85     {
86         comboBoxComPort.SelectedItem = Focuser.comPort;
87     }
88
89     comboBoxMS.Items.Add("1_(full_step)");
90     comboBoxMS.Items.Add("2_(1/2_step)");
91     comboBoxMS.Items.Add("3_(1/4_step)");
92     comboBoxMS.Items.Add("4_(1/8_step)");
93     comboBoxMS.SelectedIndex = Focuser.MicroSteppingMode;
94 }
95
96 private bool Detect_TFocuser( string portName)
97 {
98     SerialPort testPort = new SerialPort (portName, 115200);
99     try
100    {
101        testPort .Open();
102        testPort .WriteLine("Z");
103
104        Thread.Sleep(100);
105        string returnMessage = testPort .ReadExisting() .ToString () ;
106
107        testPort .Close();
108        Debug.WriteLine(returnMessage);
109
110        if (returnMessage.Contains ("EQEQFOCUSER_STEPPER") || returnMessage.Contains("POSITION"))
111        {
112            Focuser.motorDriver = Focuser.stepperMotor;
113            return true ;
114        }
115        else return false ;
116    }
117    catch (Exception e)
118    {
119        Debug.WriteLine(e.Message);
120        return false ;
121    }
122 }
123
124 private void chkTrace_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
125 {
126
127 }
128
129 private void showUI_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
130 {
131
132 }
133
134 private void Reconnect_Click(object sender, EventArgs e)

```

```

135     {
136         chkTrace.Checked = Focuser.traceState ;
137         showUI.Checked = Focuser.showUI;
138
139         // set the list of com ports to those that are currently available
140         comboBoxComPort.Items.Clear();
141
142         String [] ports = SerialPort .GetPortNames();
143         foreach ( string port in ports )
144         {
145             Debug.WriteLine("Port_here_" + port);
146             if (Detect_TFocuser(port))
147             {
148                 comboBoxComPort.Items.Add(port);
149             }
150         }
151
152         comboBoxComPort.Items.AddRange(System.IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()); // use System.IO
153         // because it's static
154         // select the current port if possible
155         if (comboBoxComPort.Items.Contains(Focuser.comPort))
156         {
157             comboBoxComPort.SelectedItem = Focuser.comPort;
158         }
159
160         private void MS_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
161     {
162
163     }
164
165
166     }
167 }
```

### A.2.8. SetupDialogForm.designer.cs

```

1 namespace ASCOM.GS_touch
2 {
3     partial class SetupDialogForm
4     {
5         /// <summary>
6         /// Required designer variable.
7         /// </summary>
8         private System.ComponentModel.IContainer components = null;
9
10        /// <summary>
11        /// Clean up any resources being used.
12        /// </summary>
13        // <param name="disposing">true if managed resources should be disposed; otherwise, false.</param>
14        protected override void Dispose(bool disposing)
15        {
16            if (disposing && (components != null))
17            {
18                components.Dispose();
19            }
20            base.Dispose(disposing);
21        }
22    }
```

```

23 #region Windows Form Designer generated code
24
25 // <summary>
26 // Required method for Designer support – do not modify
27 // the contents of this method with the code editor .
28 // </summary>
29 private void InitializeComponent ()
30 {
31     this .cmdOK = new System.Windows.Forms.Button();
32     this .cmdCancel = new System.Windows.Forms.Button();
33     this . Title = new System.Windows.Forms.Label();
34     this .picASCOM = new System.Windows.Forms.PictureBox();
35     this .Comport = new System.Windows.Forms.Label();
36     this .comboBoxComPort = new System.Windows.Forms.ComboBox();
37     this .showUI = new System.Windows.Forms.CheckBox();
38     this .MS_mode = new System.Windows.Forms.Label();
39     this .comboBoxMS = new System.Windows.Forms.ComboBox();
40     this .chkTrace = new System.Windows.Forms.CheckBox();
41     this .Reconnect = new System.Windows.Forms.Button();
42     ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this .picASCOM)).BeginInit();
43     this .SuspendLayout();
44     //
45     // cmdOK
46     //
47     this .cmdOK.Anchor = ((System.Windows.Forms.AnchorStyles)((System.Windows.Forms.AnchorStyles.Bottom | System.Windows.Forms.AnchorStyles.Right)));
48     this .cmdOK.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.OK;
49     this .cmdOK.Location = new System.Drawing.Point(328, 112);
50     this .cmdOK.Name = "cmdOK";
51     this .cmdOK.Size = new System.Drawing.Size(69, 22);
52     this .cmdOK.TabIndex = 0;
53     this .cmdOK.Text = "OK";
54     this .cmdOK.UseVisualStyleBackColor = true;
55     this .cmdOK.Click += new System.EventHandler(this.cmdOK_Click);
56     //
57     // cmdCancel
58     //
59     this .cmdCancel.Anchor = ((System.Windows.Forms.AnchorStyles)((System.Windows.Forms.AnchorStyles.Bottom | System.Windows.Forms.AnchorStyles.Right)));
60     this .cmdCancel.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.Cancel;
61     this .cmdCancel.Location = new System.Drawing.Point(328, 140);
62     this .cmdCancel.Name = "cmdCancel";
63     this .cmdCancel.Size = new System.Drawing.Size(69, 23);
64     this .cmdCancel.TabIndex = 1;
65     this .cmdCancel.Text = "Cancel";
66     this .cmdCancel.UseVisualStyleBackColor = true ;
67     this .cmdCancel.Click += new System.EventHandler(this.cmdCancel_Click);
68     //
69     // Title
70     //
71     this . Title .Font = new System.Drawing.Font("Microsoft_Sans_Serif", 15F);
72     this . Title .Location = new System.Drawing.Point(12, 8);
73     this . Title .Name = "Title";
74     this . Title .Size = new System.Drawing.Size(335, 31);
75     this . Title .TabIndex = 2;
76     this . Title .Text = "GS-touch_ASCOM_Driver_(v_1.0.0b)";
77     //
78     // picASCOM
79     //

```

```

80     this.picASCOM.Anchor = ((System.Windows.Forms.AnchorStyles)((System.Windows.Forms.AnchorStyles.Top | 
81         System.Windows.Forms.AnchorStyles.Right)));
82     this.picASCOM.Cursor = System.Windows.Forms.Cursors.Hand;
83     this.picASCOM.Image = global::ASCOM.GS_touch.Properties.Resources.ASCOM;
84     this.picASCOM.Location = new System.Drawing.Point(17, 42);
85     this.picASCOM.Name = "picASCOM";
86     this.picASCOM.Size = new System.Drawing.Size(48, 56);
87     this.picASCOM.SizeMode = System.Windows.Forms.PictureBoxSizeMode.AutoSize;
88     this.picASCOM.TabIndex = 3;
89     this.picASCOM.TabStop = false;
90     this.picASCOM.Click += new System.EventHandler(this.BrowseToAscom);
91     this.picASCOM.DoubleClick += new System.EventHandler(this.BrowseToAscom);
92     // 
93     // Comport
94     // 
95     this.Comport.AutoSize = true;
96     this.Comport.Location = new System.Drawing.Point(93, 53);
97     this.Comport.Name = "Comport";
98     this.Comport.Size = new System.Drawing.Size(161, 12);
99     this.Comport.TabIndex = 5;
100    this.Comport.Text = "Baudrate\u00b7115200\u00b7COM_port";
101   // 
102   // comboBoxComPort
103  // 
104  this.comboBoxComPort.FormattingEnabled = true;
105  this.comboBoxComPort.Location = new System.Drawing.Point(260, 50);
106  this.comboBoxComPort.Name = "comboBoxComPort";
107  this.comboBoxComPort.Size = new System.Drawing.Size(137, 20);
108  this.comboBoxComPort.TabIndex = 7;
109  // 
110  // showUI
111  // 
112  this.showUI.AutoSize = true;
113  this.showUI.Location = new System.Drawing.Point(20, 120);
114  this.showUI.Name = "showUI";
115  this.showUI.Size = new System.Drawing.Size(114, 16);
116  this.showUI.TabIndex = 8;
117  this.showUI.Text = "Show_Controller";
118  this.showUI.UseVisualStyleBackColor = true;
119  this.showUI.CheckedChanged += new System.EventHandler(this.showUI_CheckedChanged);
120  // 
121  // MS_mode
122  // 
123  this.MS_mode.AutoSize = true;
124  this.MS_mode.Location = new System.Drawing.Point(133, 78);
125  this.MS_mode.Name = "MS_mode";
126  this.MS_mode.Size = new System.Drawing.Size(121, 12);
127  this.MS_mode.TabIndex = 9;
128  this.MS_mode.Text = "Microstepping_Mode";
129  // 
130  // comboBoxMS
131  // 
132  this.comboBoxMS.DropDownStyle = System.Windows.Forms.ComboBoxStyle.DropDownList;
133  this.comboBoxMS.FormattingEnabled = true;
134  this.comboBoxMS.Location = new System.Drawing.Point(260, 76);
135  this.comboBoxMS.Name = "comboBoxMS";
136  this.comboBoxMS.Size = new System.Drawing.Size(137, 20);
137  this.comboBoxMS.TabIndex = 10;
138  this.comboBoxMS.SelectedIndexChanged += new System.EventHandler(this.MS_SelectedIndexChanged);

```

```

138    //  

139    // chkTrace  

140    //  

141    this.chkTrace.AutoSize = true;  

142    this.chkTrace.Location = new System.Drawing.Point(20, 142);  

143    this.chkTrace.Name = "chkTrace";  

144    this.chkTrace.Size = new System.Drawing.Size(75, 16);  

145    this.chkTrace.TabIndex = 6;  

146    this.chkTrace.Text = "Trace_on";  

147    this.chkTrace.UseVisualStyleBackColor = true;  

148    this.chkTrace.CheckedChanged += new System.EventHandler(this.chkTrace_CheckedChanged);  

149    //  

150    // Reconnect  

151    //  

152    this.Reconnect.Location = new System.Drawing.Point(233, 112);  

153    this.Reconnect.Name = "Reconnect";  

154    this.Reconnect.Size = new System.Drawing.Size(89, 52);  

155    this.Reconnect.TabIndex = 11;  

156    this.Reconnect.Text = "Reconnect";  

157    this.Reconnect.UseVisualStyleBackColor = true;  

158    this.Reconnect.Click += new System.EventHandler(this.Reconnect_Click);  

159    //  

160    // SetupDialogForm  

161    //  

162    this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(7F, 12F);  

163    this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;  

164    this.ClientSize = new System.Drawing.Size(408, 169);  

165    this.Controls.Add(this.Reconnect);  

166    this.Controls.Add(this.comboBoxMS);  

167    this.Controls.Add(this.MS_mode);  

168    this.Controls.Add(this.showUI);  

169    this.Controls.Add(this.comboBoxComPort);  

170    this.Controls.Add(this.chkTrace);  

171    this.Controls.Add(this.Comport);  

172    this.Controls.Add(this.picASCOM);  

173    this.Controls.Add(this.Title);  

174    this.Controls.Add(this.cmdCancel);  

175    this.Controls.Add(this.cmdOK);  

176    this.FormBorderStyle = System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedDialog;  

177    this.MaximizeBox = false;  

178    this.MinimizeBox = false;  

179    this.Name = "SetupDialogForm";  

180    this.SizeGripStyle = System.Windows.Forms.SizeGripStyle.Hide;  

181    this.StartPosition = System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterScreen;  

182    this.Text = "GS-touch_Setup";  

183    ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.picASCOM)).EndInit();  

184    this.ResumeLayout(false);
185    this.PerformLayout();
186
187 }
188
189 #endregion
190
191 private System.Windows.Forms.PictureBox picASCOM;
192 private System.Windows.Forms.Button cmdOK;
193 private System.Windows.Forms.Button cmdCancel;
194 private System.Windows.Forms.Button Reconnect;
195 private System.Windows.Forms.Label Title;
196 private System.Windows.Forms.Label Comport;

```

```
197     private System.Windows.Forms.Label MS_mode;
198     private System.Windows.Forms.ComboBox comboBoxComPort;
199     private System.Windows.Forms.ComboBox comboBoxMS;
200     private System.Windows.Forms.CheckBox chkTrace;
201     private System.Windows.Forms.CheckBox showUI;
202 }
203 }
```

# References

- [1] Weber, L., & Brady, S. (2001). Fast auto-focus method and software for ccd-based telescopes. In *Minor Planet Amateur/Professional Workshop*, (pp. 104–113).
- [2] Specifications of the takahashi fsq-106ed refractor. <https://www.takahashi-europe.com/en/FSQ-106ED.specifications.php>. Accessed: 2020-07-26.
- [3] Persha, G. C. (2001). Temperature compensating focuser for telescope. US Patent 6,327,081.
- [4] Zhang, G.-y., Wang, J., Tang, P.-y., Jia, M.-h., Chen, J., Dong, S.-c., . . . & Zhang, H.-f. (2016). An autonomous observation and control system based on EPICS and RTS2 for Antarctic telescopes. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 455(2), 1654–1664.
- [5] Budding, E. (1995). A global network of small automated telescopes. *Astrophysics and Space Science*, 228(1-2), 299–307.
- [6] Godoy, R., Fernández, G., Aballay, J., Collado, O., Fernández, C., & Ruartes, H. (2018). Control remoto de telescopios. *60*, 62.