



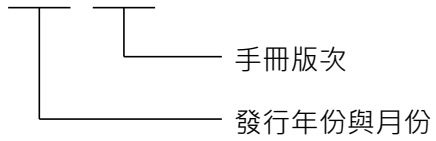
# E 系列驅動器

自動追焦控制功能  
使用者操作手冊

## 修訂紀錄

手冊版次資訊亦標記於手冊封面右下角。

MD54UC01-2601\_V1.0



發行日期	版次	適用產品	更新內容
2026/01/09	1.0	E2 系列驅動器	初版發行。

## 相關文件

透過相關文件，使用者可快速了解此手冊的定位，以及各手冊、產品之間的關聯性。詳細內容請至本公司官網→下載中心→手冊總覽閱覽 ( [https://www.hiwinmikro.tw/Downloads/ManualOverview\\_TC.htm](https://www.hiwinmikro.tw/Downloads/ManualOverview_TC.htm) )。

## 韌體變更紀錄

驅動器韌體版本資訊請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》。

### ■ E2 系列驅動器

驅動器韌體版次	自動追焦控制功能更新內容
3.14.8	支援自動追焦控制功能。

### ■ E2-R 系列驅動器

驅動器韌體版次	自動追焦控制功能更新內容
4.14.8	支援自動追焦控制功能。

## 序言

本手冊說明 E 系列自動追焦控制系統相關的硬體配置、設定流程、參數與應用功能。自動追焦控制功能是将位置感測器之回授的類比訊號輸入至伺服驅動器，針對高度變化的工件，在驅動器端實現固定間距的應用。

# 目錄

1.	驅動器規格 .....	1-1
2.	系統架構 .....	2-1
2.1	控制模式 .....	2-2
2.2	控制方塊圖說明 .....	2-2
3.	設定流程 .....	3-1
3.1	前置作業 .....	3-3
3.2	位置感測器回授設定 .....	3-5
3.3	自動追焦控制方向設定 .....	3-8
3.4	數位輸入 / 輸出訊號配置 .....	3-9
3.5	自動追焦控制命令設定 .....	3-10
3.6	自動追焦控制安全保護設定 .....	3-11
3.7	自動追焦控制增益調適 .....	3-13
3.8	自動追焦控制監控功能 .....	3-15
3.9	試運轉 .....	3-17
4.	自動追焦控制操作方式 .....	4-1
4.1	使用 EtherCAT 通訊進行自動追焦控制的流程範例 .....	4-2
5.	錯誤排除 .....	5-1
5.1	相關警報 .....	5-2

# 1. 驅動器規格

1. 驅動器規格 .....	1-1
----------------	-----

支援自動追焦控制功能的 E 系列驅動器之機種如下：

■ E1 系列驅動器

不支援自動追焦控制功能。

■ E2 系列驅動器

表 1.1

類型	功能	型號
標準型	AC	ED2S-V0-□□□-□-A-□□
	Advanced	ED2S-V0-□□□-□-C-□□
	GT	ED2S-V0-□□□-□-T-□□
總線型	AC	ED2F-E0-□□□-□-A-□□
	Advanced	ED2F-E0-□□□-□-C-□□
	GT	ED2F-E0-□□□-□-T-□□

■ E2-R 系列驅動器

表 1.2

類型	功能	型號
總線型	Rich	ED2F-E0-□□□-□-R-□□

註：

自動追焦控制功能於總線型驅動器僅支援 EtherCAT 機種。



## 2. 系統架構

2.	系統架構.....	2-1
2.1	控制模式.....	2-2
2.2	控制方塊圖說明.....	2-2

2.1 控制模式

表 2.1.1

標準型驅動器	支援內部位置模式
總線型驅動器	支援位置模式、內部位置模式

2.2 控制方塊圖說明

進入自動追焦控制系統前的控制方塊圖，請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》。進入自動追焦控制系統後的控制方塊圖，如圖 2.2.1。相關設定流程請參考第 3 章，警報排除方式請參考第 5 章。

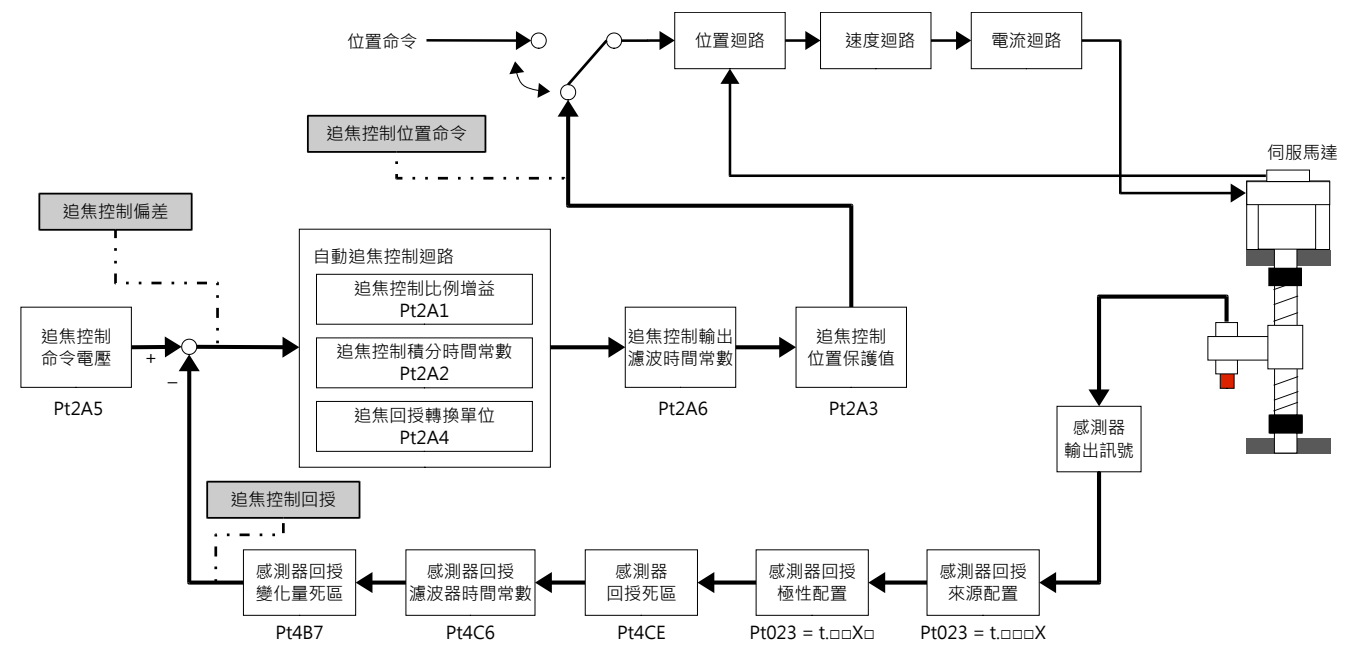


圖 2.2.1 自動追焦控制系統的控制方塊圖

表 2.2.1 可監控之物理量

物理量
(38) 追焦控制回授 (Auto focus control feedback)
(39) 追焦控制偏差 (Auto focus control deviation)
(40) 追焦控制位置命令 (Auto focus control position command)

## 3. 設定流程

3.	設定流程 .....	3-1
3.1	前置作業 .....	3-3
3.2	位置感測器回授設定 .....	3-5
3.3	自動追焦控制方向設定 .....	3-8
3.4	數位輸入 / 輸出訊號配置 .....	3-9
3.5	自動追焦控制命令設定 .....	3-10
3.6	自動追焦控制安全保護設定 .....	3-11
3.7	自動追焦控制增益調適 .....	3-13
3.8	自動追焦控制監控功能 .....	3-15
3.9	試運轉 .....	3-17

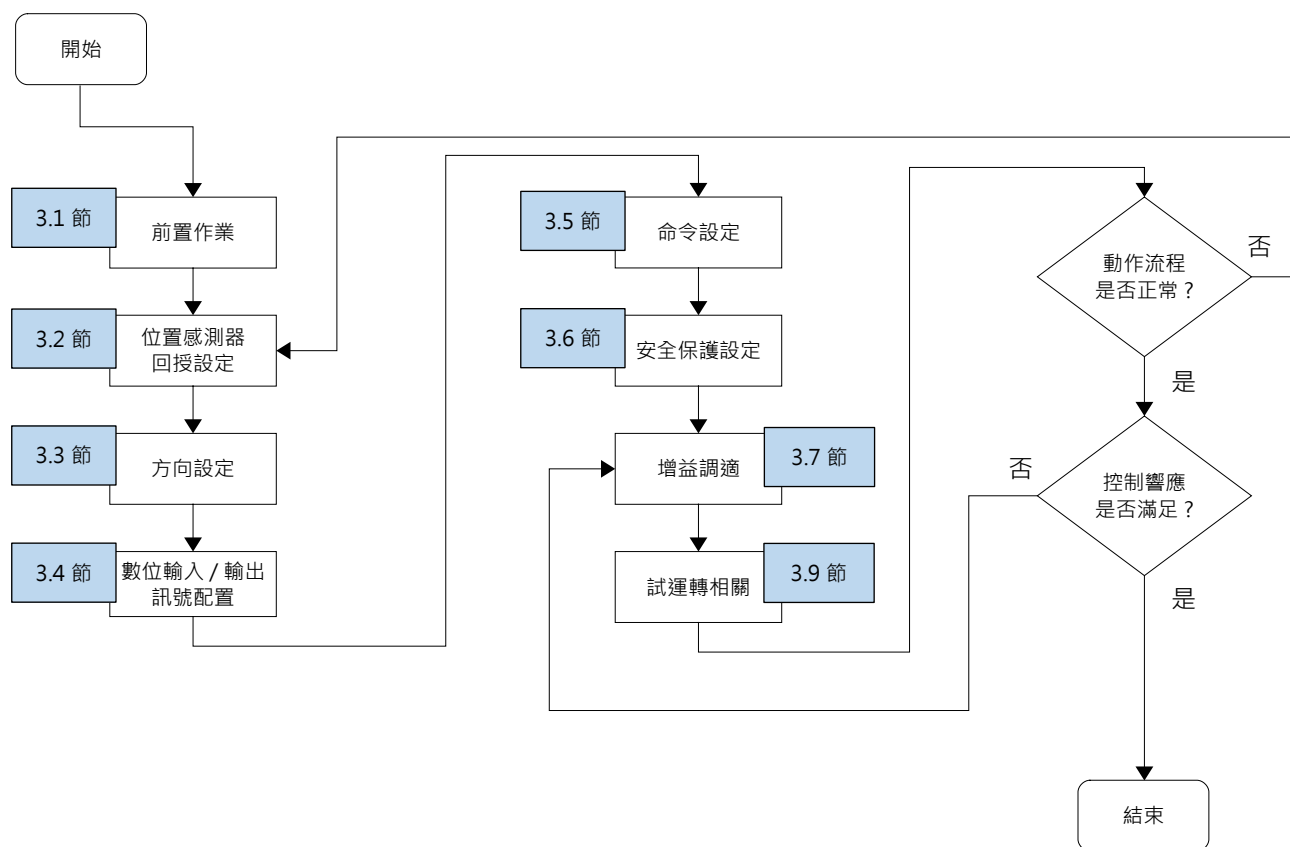



圖 3.1 設定流程總覽

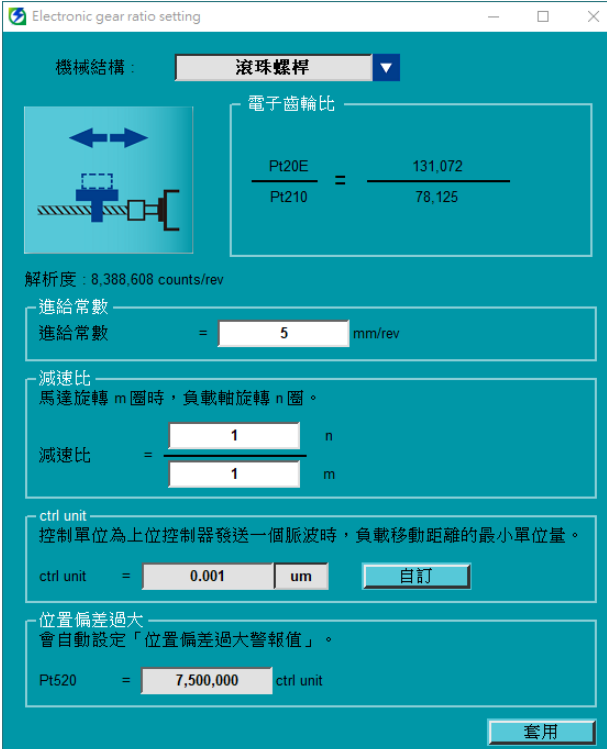
自動追焦控制功能的設定流程與說明，請參閱圖 3.1 與對應章節。進行設定前，請確認驅動器型號可以支援自動追焦控制功能，請參考第 1 章的驅動器規格。

## 3.1 前置作業

使用自動追焦控制功能前，請先完成下述前置作業。

### ■ 完成電子齒輪比設定

自動追焦控制功能用於線性平台，機械結構為滾珠螺桿或線性馬達。請參閱《E 系列驅動器 Thunder 軟體操作手冊》4.3.6.3 節**電子齒輪比設定**，於 Thunder 設定精靈的電子齒輪比設定視窗  進行設定，如圖 3.1.1 所示。



Electronic gear ratio setting

機械結構: 滾珠螺桿

電子齒輪比

$$\frac{Pt20E}{Pt210} = \frac{131,072}{78,125}$$

解析度: 8,388,608 counts/rev

進給常數 = 5 mm/rev

減速比

馬達旋轉 m 圈時，負載軸旋轉 n 圈。

$$\text{減速比} = \frac{1}{1} \frac{n}{m}$$

ctrl unit

控制單位為上位控制器發送一個脈波時，負載移動距離的最小單位量。

ctrl unit = 0.001 um 自訂

位置偏差過大

會自動設定「位置偏差過大警報值」。

Pt520 = 7,500,000 ctrl unit

套用

圖 3.1.1 電子齒輪比設定視窗

**重要提醒** ➤ 使用旋轉馬達搭配滾珠螺桿時，必須完成進給常數的設定，否則可能導致單位轉換異常。

### ■ 完成增益調適

調適方式請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》第 10 章**調機**。

## ■ 位置感測器回授配置

驅動器自動追焦控制功能是透過速度命令輸入訊號 ( V-REF ) 或轉矩命令輸入訊號 ( T-REF ) 的通道作為接收位置感測器回授的來源，使用者僅可擇一連接。

V-REF 或 T-REF 的 CN6 腳位連接，請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》進行配線，並依實際配線設定感測器回授來源 Pt023 = t.□□□X ( 請參閱 3.2 節 )。

完成連接與設定後，使用 Thunder 內的示波器觀察物理量 38-追焦控制回授，確認位置感測器正常回授。

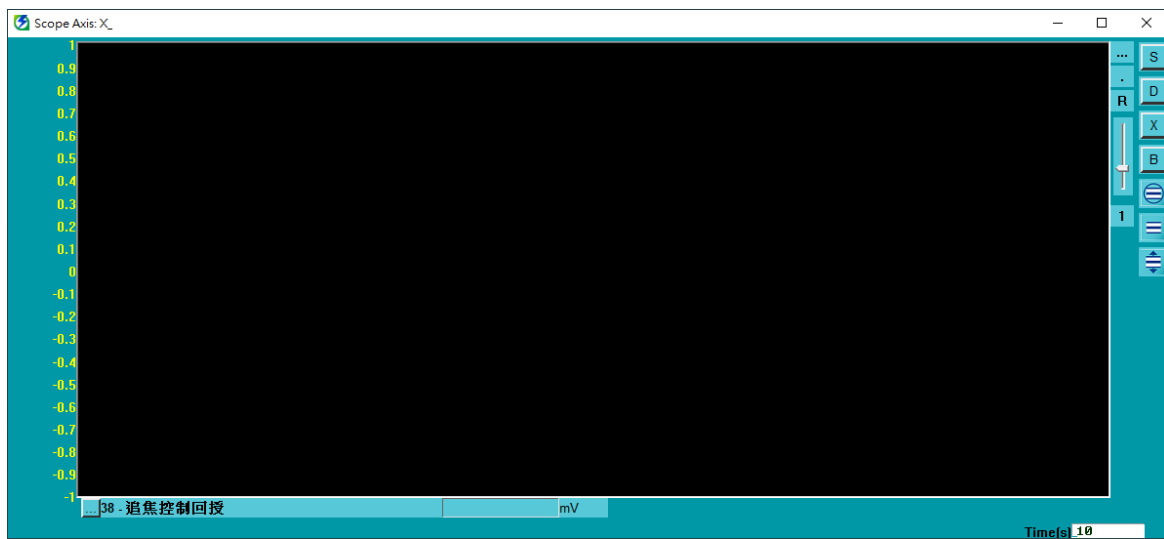


圖 3.1.2

## 3.2 位置感測器回授設定

### ■ 自動追焦控制感測器回授來源配置

驅動器自動追焦控制功能是透過速度命令輸入訊號 ( V-REF ) 或轉矩命令輸入訊號 ( T-REF ) 的通道作為接收位置感測器回授的來源，請依實際配線設定 Pt023 = t.□□□X，完成自動追焦控制功能的啟用。

參數		說明	有效時間	分類
Pt023	t.□□□0 ( 出廠預設 )	停用感測器回授控制功能。	寫入且再次 接通電後	設定
	t.□□□3	啟用自動追焦控制功能，並以 V-REF 作為位置感測器回授來源。		
	t.□□□4	啟用自動追焦控制功能，並以 T-REF 作為位置感測器回授來源。		

參數		說明	有效時間	分類
Pt023	t.□□0□ ( 出廠預設 )	不反向。	寫入且再次 接通電後	設定
	t.□□1□	V-REF 訊號極性反向。		
	t.□□2□	T-REF 訊號極性反向。		
	t.□□3□	V-REF、T-REF 的訊號極性皆反向。		

### ⚠ 注意

- ◆ 設定Pt023 = t.□□□3，選擇使用速度命令輸入訊號 ( V-REF ) 作為自動追焦控制回授來源時，下列功能將無作用：
  1. 速度命令濾波時間常數 (Pt307)
  2. 速度前饋移動平均時間 (Pt30C)
  3. 速度命令輸入增益 (Pt300)
  4. V-REF分配相關的功能 (Pt207 = t.□□X□、Pt002 = t.□□X□)
- ◆ 設定Pt023 = t.□□□4，選擇使用轉矩命令輸入訊號 ( T-REF ) 作為自動追焦控制回授來源時，下列功能將無作用：
  1. T-REF濾波時間常數 (Pt415)
  2. 轉矩前饋移動平均時間 (Pt426)
  3. 轉矩命令輸入增益 (Pt400)
  4. T-REF分配相關的功能 (Pt002 = t.□□□X)

## ■ 位置回授轉換單位

設定位置感測器輸出的電壓訊號 ( V ) 與實際物理單位 (  $\mu\text{m}$  ) 的換算比例。請依位置感測器規格填入。

參數	Pt2A4	範圍	0~1000000	適用模式	位置模式
預設值	0	生效時間	即時生效	單位	1 $\mu\text{m}/\text{V}$
參數說明					
追焦控制回授轉換單位					

## ■ 感測器回授濾波器時間常數

在自動追焦控制系統中，位置感測器回授的輸出電壓通常為類比訊號，容易受到雜訊、振動或高頻干擾影響。為確保類比訊號狀態的準確性，提供感測器回授濾波器時間常數 Pt4C6，用於平滑訊號、提升追焦控制穩定性。Pt4C6 數值越大表示回授訊號越平滑，但若設定值過大，回授響應會降低。

參數	Pt4C6	範圍	0~65535	適用模式	位置模式
預設值	100	生效時間	即時生效	單位	0.01 ms
參數說明					
感測器回授濾波器時間常數					

## ■ 感測器回授偏壓調整

當感測器的放大器不具備偏壓校正功能時，可於 Thunder 主畫面的 Tools 選擇 Analog offset。在 Analog offset 視窗點擊**偏壓修正**按鈕，即可自動調整偏壓。

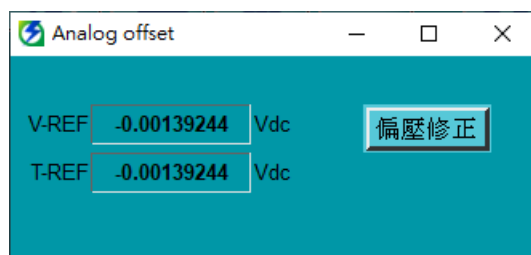


圖 3.2.1 Thunder 偏壓調整工具

註：

需將自動調整後的偏壓儲存至驅動器 ( Save RAM to Flash )。



■ 感測器回授死區

執行偏壓自動調整後，類比電壓仍可能有微小的跳動，可設定感測器回授死區以忽視該範圍內的類比回授訊號。

參數	Pt4CE	範圍	0~65535	適用模式	位置模式
預設值	0	生效時間	即時生效	單位	1 mV
參數說明					
感測器回授死區					

■ 感測器回授變化量死區

在自動追焦控制系統中，位置感測器回授的輸出電壓通常為類比訊號，容易受到雜訊、振動或高頻干擾影響。為確保類比訊號狀態的穩定性，提供感測器回授變化量死區 Pt4B7，用於忽視該範圍內的變化量、提升追焦控制穩定性。

參數	Pt4B7	範圍	0~5000	適用模式	位置模式
預設值	0	生效時間	即時生效	單位	1 mV
參數說明					
感測器回授變化量死區					

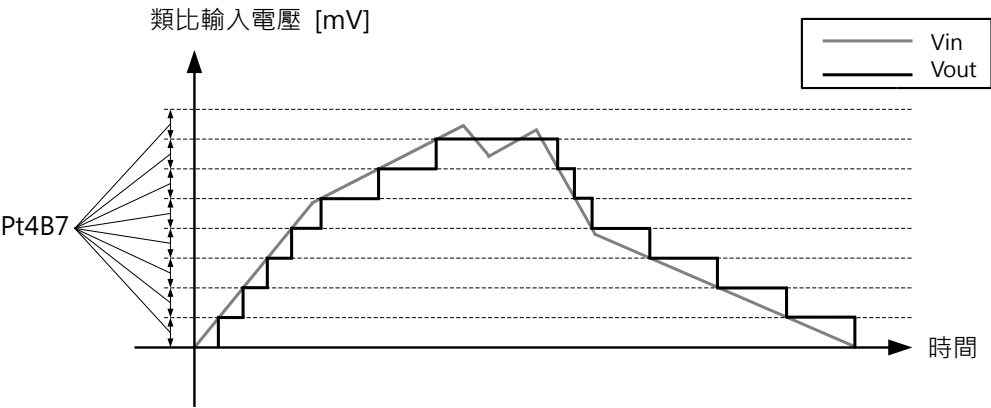


圖 3.2.2

### 3.3 自動追焦控制方向設定

請依照以下步驟進行方向的確認與設定：

1. 請確認馬達與負載的機構可安全運轉，且位置感測器已妥善安裝。
2. 使用 Thunder 內的試運轉功能，使馬達在位置感測器的感測範圍內進行點對點移動。  
註：請確認位置感測器在移動的過程中不會有障礙物。
3. 使用 Thunder 內的示波器監控編碼器與感測器回饋（觀察物理量：2-位置回授、38-追焦控制回授）。  
當兩者累加方向相同時，Pt2A0 設定為 t.□□□0；反之，Pt2A0 設定為 t.□□□1。

參數		說明	有效時間	分類
Pt2A0	t.□□□0 (出廠預設)	感測器電壓與編碼器方向一致。	寫入且再次 接通電後	設定
	t.□□□1	感測器電壓與編碼器方向相反。		

### 3.4 數位輸入 / 輸出訊號配置

自動追焦控制功能可以透過數位輸入 / 輸出訊號的配置，進行功能啟動與狀態監控。

#### 數位輸入訊號之配置：

##### ■ 自動追焦控制功能開啟輸入 ( AF-ENABLE ) 訊號

欲透過外部觸發訊號啟動自動追焦控制功能，請設定參數 Pt540 = t.□□X□，將 AF-ENABLE 訊號設定至所需的腳位。數位輸入訊號分配設定請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》8.1.1 節**數位輸入訊號分配**。

種類	訊號名稱	硬體腳位	訊號狀態	說明
輸入	AF-ENABLE	使用者自定義	正緣觸發	啟動自動追焦控制。
			負緣觸發	關閉自動追焦控制。

#### 數位輸出訊號之配置：

##### ■ 自動追焦控制就緒輸出 ( AF-RDY ) 訊號

當驅動器進入自動追焦控制時，會輸出數位輸出訊號『AF-RDY』。請設定參數 Pt518 = t.X□□□，將 AF-RDY 訊號設定至所需的腳位。數位輸出訊號分配設定請參閱《E2 系列驅動器使用者操作手冊》、《E2-R 系列驅動器使用者操作手冊》8.1.2 節**數位輸出訊號分配**。

種類	訊號名稱	硬體腳位	訊號狀態	說明
輸出	AF-RDY	使用者自定義	ON	自動追焦控制就緒。
			OFF	自動追焦控制解除。

## 3.5 自動追焦控制命令設定

### ■ 追焦控制命令電壓

在自動追焦控制系統中，使用者需依目標追焦間距對應感測器所輸出的類比電壓數值，設定追焦控制命令電壓作為追焦控制的目標命令。可透過以下公式計算 Pt2A5 的數值。

$$\text{Pt2A5} = \frac{\text{目標追焦間距 [um]}}{\text{位置回授轉換單位 [um/V]}} \times 1000$$

計算範例		
馬達類型	目標間距 (mm)	位置回授轉換單位 (Pt2A4)
通用	12000	4000
計算結果		
$\text{Pt2A5} = \frac{12000}{4000} \times 1000 = 3000$		

參數	Pt2A5	範圍	-32768~32767	適用模式	位置模式
預設值	10000	生效時間	即時生效	單位	1 mV
參數說明					
追焦控制命令電壓					

### 3.6 自動追焦控制安全保護設定

#### ■ 追焦控制行程保護功能

避免執行自動追焦控制時發生非預期的狀況，可能導致馬達異常移動，例如：持續往同一方向移動，造成工件損壞。請根據實際作業時自動追焦控制的最大移動範圍，透過以下公式計算出適合的保護閥值。

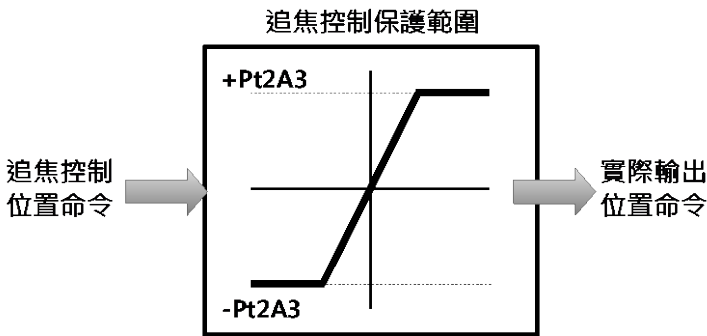


圖 3.6.1

$$Pt2A3 \geq \frac{\text{最大移動範圍 [mm]}}{\text{控制單位 [um]}} \times 1000 \times \text{安全係數 (建議：1.2~2)}$$

計算範例			
馬達類型	控制單位 (um)	最大移動範圍 (mm)	安全係數
通用	0.1	100	1.2
計算結果			
$Pt2A3 \geq \frac{100}{0.1} \times 1000 \times 1.2 = 1200000$			

參數	Pt2A3	範圍	0~2147483647	適用模式	位置模式
預設值	10000	生效時間	即時生效	單位	1 控制單位
參數說明					
追焦控制位置保護值					

#### 重要提醒

- 使用旋轉馬達搭配滾珠螺桿時，必須完成電子齒輪比與進給常數的設定，否則可能導致行程保護功能失效。

## ■ 追焦控制偏差過大警報值

在自動追焦控制中，驅動器會持續比較追焦控制命令電壓與追焦控制回授之差值，以確保自動追焦控制的安全。當偏差超過設定值 Pt2A7，則會發生自動追焦控制警報 AL.d40。建議設定合理的安全裕度，使其大於自動追焦控制過程中的最大追焦控制偏差。

參數	Pt2A7	範圍	0~10000	適用模式	位置模式
預設值	3000	生效時間	即時生效	單位	1 mV
參數說明					
追焦控制偏差過大警報值					

3.7 自動追焦控制增益調適

自動追焦控制增益調適的流程圖如下。

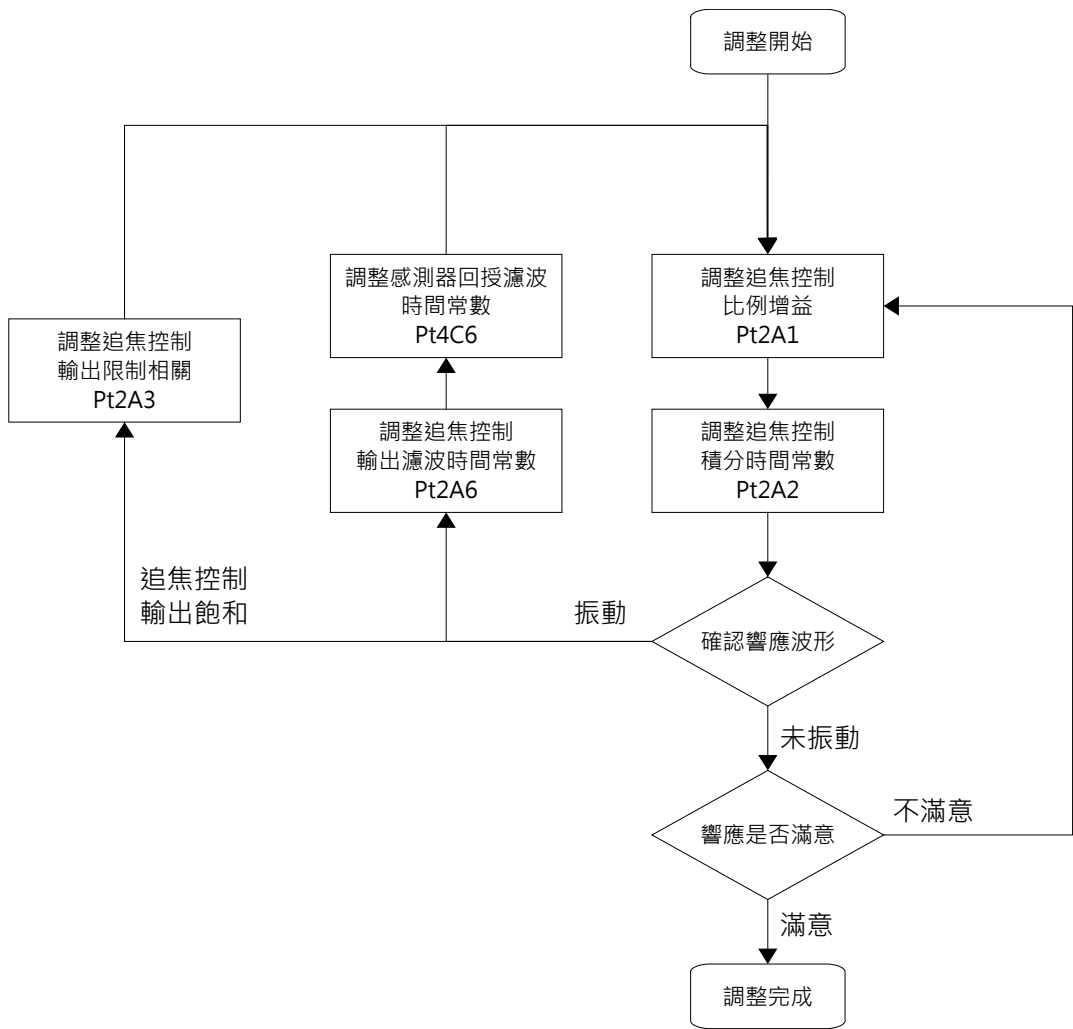


圖 3.7.1 自動追焦控制增益調適流程圖

## ■ 追焦控制比例增益

追焦控制比例增益用於調整追焦控制的響應能力。數值越大，響應越快速，但若設定過大，可能會導致位置出現過衝或振盪現象。

參數	Pt2A1	範圍	0~1000	適用模式	位置模式
預設值	80	生效時間	即時生效	單位	1 %
參數說明					
追焦控制比例增益					

## ■ 追焦控制積分時間常數

追焦控制積分時間常數用於消除追焦控制的穩態誤差。數值越小，積分反應越快，但可能導致系統震盪或不穩定。

參數	Pt2A2	範圍	15~100000	適用模式	位置模式
預設值	100000	生效時間	即時生效	單位	0.01 ms
參數說明					
追焦控制積分時間常數					

## ■ 追焦控制輸出濾波時間常數

若追焦控制過程中發生振動，可調整 Pt2A6，就有可能消除振動。數值越大表示輸出命令越平滑，但若設定值過大，輸出命令響應會降低。

參數	Pt2A6	範圍	0~65535	適用模式	位置模式
預設值	100	生效時間	即時生效	單位	0.01 ms
參數說明					
追焦控制輸出濾波時間常數					



### 3.8 自動追焦控制監控功能

- 使用總線型 EtherCAT 通訊進行自動追焦控制的狀態監控，物件字典列表及說明如下。

表 3.8.1

索引	子索引	名稱	數據類型	途徑	PDO	操作模式	有效值	單位
3072h	00h	Auto focus control status	U16	ro	-	pp csp	0 ~ 32767	-
		自動追焦控制的狀態						
		值	定義					
		0x0000	未啟動追焦控制功能。					
		0x0001	追焦控制功能初始化。					
3073h	00h	Auto focus control error	U16	ro	-	pp csp	0 ~ 0xFFFF	-
		自動追焦控制的錯誤狀態，每個 Bit 對應的狀態如下。(自動追焦控制警報的原因，請參考表 5.1.1。)						
		Bit	定義					
		0	追焦控制位置超過 Pt2A3 的保護閾值。					
		1	追焦控制偏差超過 Pt2A7 的保護閾值。					
3074h	00h	Enable auto focus control function	U16	rw	-	pp csp	0 ~ 1	-
		啟動自動追焦控制功能。						
		0：停用自動追焦控制功能						
		1：啟動自動追焦控制功能						
3075h	00h	Auto focus control feedback	F32	ro	-	pp csp	-3.40282e+38 ~ 3.40282e+38	mV
		追焦控制回授						
3076h	00h	Auto focus control deviation	F32	ro	-	pp csp	-3.40282e+38 ~ 3.40282e+38	mV
		追焦控制偏差						
3077h	00h	Auto focus control position command	I32	ro	-	pp csp	-2147483648 ~ 2147483647	inc
		追焦控制位置命令						

- 使用 Thunder 進行自動追焦控制狀態監控，物理量與伺服訊號狀態如下。

表 3.8.2

物理量
(38) 追焦控制回授 (Auto focus control feedback)
(39) 追焦控制偏差 (Auto focus control deviation)
(40) 追焦控制位置命令 (Auto focus control position command)

表 3.8.3

伺服訊號狀態
(102) 自動追焦控制開啟輸入訊號 (AF-ENABLE)
(103) 自動追焦控制就緒輸出訊號 (AF-RDY)

## 3.9 試運轉

完成自動追焦控制參數的設定後，使用者可透過試運轉頁面，進行自動追焦控制性能的確認。

請依照以下步驟進行自動追焦控制的試運轉：

1. 進行試運轉前，請先完成 3.1~3.7 節的自動追焦控制功能相關參數設定。
2. 開啟試運轉畫面，點擊**激磁**，確認驅動器就緒的燈號亮起。
3. 將馬達移動至目標間距的位置（同時觀察物理量 39-**追焦控制偏差**趨近於 0）。
4. 將自動追焦控制功能開啟輸入（AF-ENABLE）訊號設定為 ON。
5. 確認**自動追焦控制就緒**的燈號亮起，進入自動追焦控制模式。

註：

**自動追焦控制就緒**需滿足兩個條件：

(1) 驅動器伺服就緒 (2) 已啟用自動追焦控制功能

( 此頁有意留白。 )

# 4. 自動追焦控制操作方式

4.	自動追焦控制操作方式 .....	4-1
4.1	使用 EtherCAT 通訊進行自動追焦控制的流程範例.....	4-2

本章說明 E 系列驅動器使用自動追焦控制的流程範例。

## 4.1 使用 EtherCAT 通訊進行自動追焦控制的流程範例

1. 請先完成第 3 章的設定流程，確認試運轉正常。
2. 使用上位控制器，於週期同步位置模式 ( csp ) 將馬達移動至目標間距的位置 ( 觀察物理量 39-**追焦控制偏差**趨近於 0 )。
3. 將物件 3074h ( Enable auto focus control function ) 設定為 1，啟用自動追焦控制功能。
4. 透過讀取物件 3072h 進行狀態的監控，並確認狀態為**自動追焦控制就緒**。
5. 欲停用自動追焦控制功能，需要在控制器上更新軸的目標位置，請對齊目標位置 607Ah ( Target position ) 與實際位置 6064h ( Position actual value )，再將物件 3074h ( Enable auto focus control function ) 設定為 0。

註：

**自動追焦控制就緒**需滿足兩個條件：

- (1) 驅動器伺服就緒 (2) 已啟用自動追焦控制功能

# 5. 錯誤排除

5.	錯誤排除.....	5-1
5.1	相關警報.....	5-2

## 5.1 相關警報

發生自動追焦控制警報 AL.d40 時，請透過 Thunder 自動追焦控制功能介面或讀取物件 3072h 來檢查發生警報的原因與處理措施。物件 3072h 對應 bit 的說明如下表。

表 5.1.1

bit	警報名稱	警報原因	處理措施
0	追焦控制位置命令過大	追焦控制位置超過Pt2A3的保護閾值。	(1) 確認位置感測器回授訊號是否正常。 (2) 自動追焦控制增益調適不當。請參考 3.7 節自動追焦控制增益調適的說明。 (3) 確認追焦控制位置保護值 ( Pt2A3 ) 是否適當。
1	追焦控制偏差過大	追焦控制偏差超過Pt2A7的保護閾值。	(1) 確認位置感測器回授訊號是否正常。 (2) 自動追焦控制增益調適不當。請參考 3.7 節自動追焦控制增益調適的說明。 (3) 確認追焦控制偏差過大警報值 ( Pt2A7 ) 是否適當。
2	追焦控制時觸發超程警告	超程 ( 追焦控制時檢出任一超程訊號 ) 。	確認在執行自動追焦控制時，馬達的移動行程是否超過機構行程。

註：

發生追焦控制位置命令過大時，不會觸發警報 AL.d40。