

2N7002 場效電晶體

(友順科技)

使用說明

執行單位：財團法人工業技術研究院

目錄

1. 前言	1
2. 友順科技 2N7002應用電路	3
3. 友順科技 2N7002應用說明	5
4. 友順科技 2N7002封裝尺寸說明	10
5. 參考資料	11

1. 前言

友順科技^[1] (UNISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD)，台灣類比晶片供應商之一，產品涵蓋電源晶片、類比晶片、離散式元件，例如：電晶體(Transistors)、金屬氧化物半導體場效電晶體(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET)等。其中 MOSFET 電晶體廣泛應用在電腦、通訊相關 ICT 電子裝置、功率電晶體電源開關、功率放大器、訊號放大器等等應用領域。

MOSFET 有三隻接腳，Gate(閘極，簡稱 G)、Source(源極，簡稱 S)、Drain(汲極，簡稱 D)^{[2][3][4]}。閘極(G)的功用就如同水龍頭的閘門，控制水管是否可以供水(源極，S)，對應水流出水龍頭就是汲極(D)。利用閘極的電壓訊號，控制源極和汲極間的電流，可區分為兩種方式：

- (1) N 通道場效電晶體(N-Channel FET)：利用電子流來工作，N-MOSFET 的 S 極提供電子，經過 N-Channel MOSFET 到達 D 極，電流方向是由 D 極流向 S 極；
- (2) P 通道場效電晶體(P-channel FET)：利用電洞流來工作，P-MOSFET 的 S 極則提供電洞，經過 P-channel 到達 D 極，電流方向是由 S 極流向 D 極。

MOSFET 又可依通道形成，可分為(a)增強型(Enhancement-Type)與(b)空乏型(Depletion-Type)兩種。圖 1.1，N 和 P Channel FET 的結構比較圖；另外，可參考圖 1.2 的 MOSFET symbol 示意圖。

圖 1

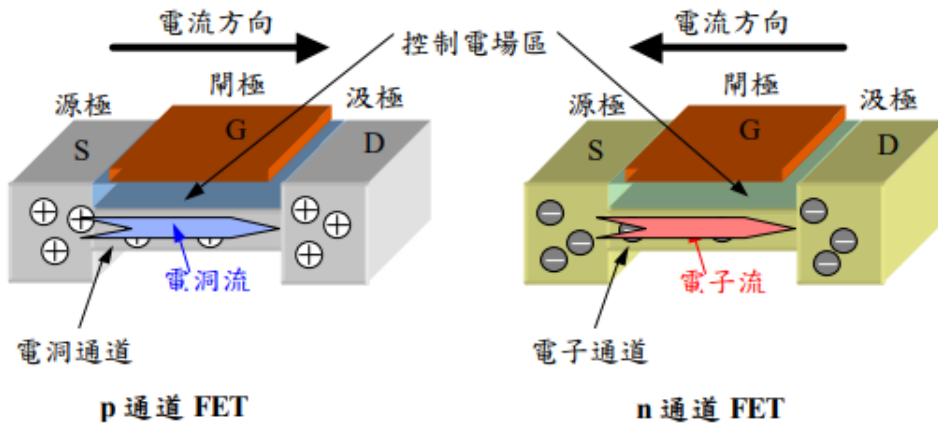


圖 1.1、N 和 P Channel FET 的結構比較圖^[2]

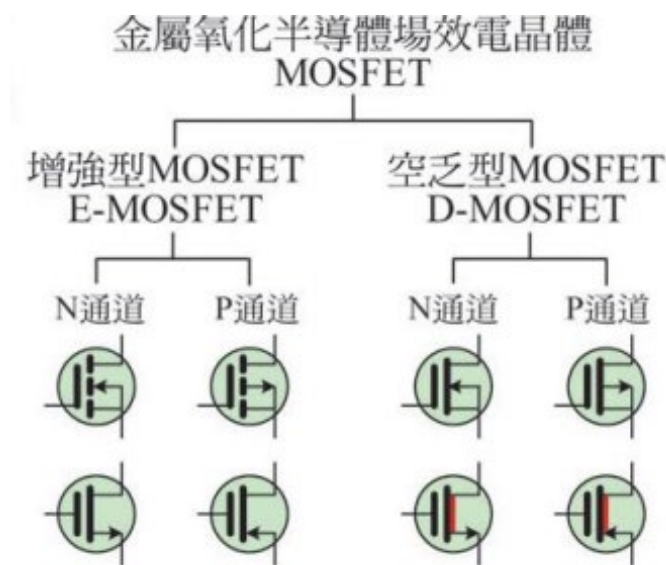


圖 1.2、MOSFET 常見的電晶體分類 symbol 示意圖^[3]

友順科技晶片型號：2N7002 系列^[5]，是一 N 通道金屬氧化物半導體場效電晶體 (N-channel Power MOSFET, Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)。後續章節，將詳細介紹 2N7002 晶片應用電路架構，並揭露參考應用線路與對應使用說明參考資料。

2. 友順科技 2N7002 應用電路

友順科技 2N7002 N-Channel Power MOSFET 晶片，表 2.1 列出接腳資訊；圖 2.1 元件符號(symbol)；與圖 2.2 晶片示意圖。2N7002 重要規格與特點整理如下表 2.2。

表 2.1、友順科技 N-channel MOSFET 晶片 2N7002 接腳功能描述

PIN NAME	I/O #	DESCRIPTION
Gate(G)	1	閘極接腳；
Source(S)	2	源極接腳；
Drain(D)	3	汲極接腳；

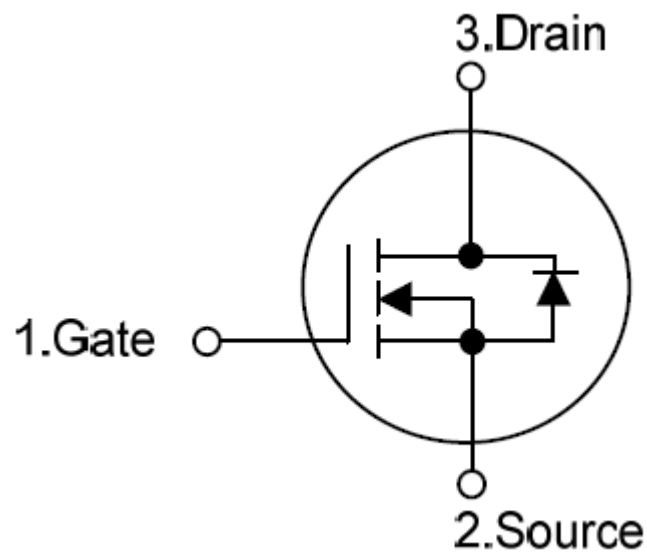
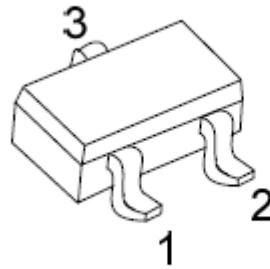


圖 2.1、友順科技 N-channel Power MOSFET 2N7002 元件符號^[5]



SOT-23-3

圖 2.2、友順科技 N-channel Power MOSFET 2N7002 晶片示意圖^[5]

表 2.2、友順科技 N-channel MOSFET 晶片 2N7002 重要規格

	Description
汲極至源極間可能承受的最大電壓(V_{DS}) Drain-Source Voltage	60V
臨界電壓 V_{TH} (Threshold Voltage) , Gate Threshold Voltage(V_{TH})	2.1V
額定電流(I_D) Drain Current	300mA(Continuous)
	800mA(Pulsed)
RDS (ON) Static Drain-Source On-Resistance	2 Ω ($V_{GS}=10V, I_D=300mA$)
	3 Ω ($V_{GS}=5.0V, I_D=50mA$)

3. 友順科技 2N7002 應用說明

3.1 開關應用電路

參考圖 3.1，是選用 N-channel 功率 MOSFET 電源開關參考應用線路圖，Gate 閘極接控制訊號、Source 源極接系統電源負極、Drain 汲極接負載端電源正極。

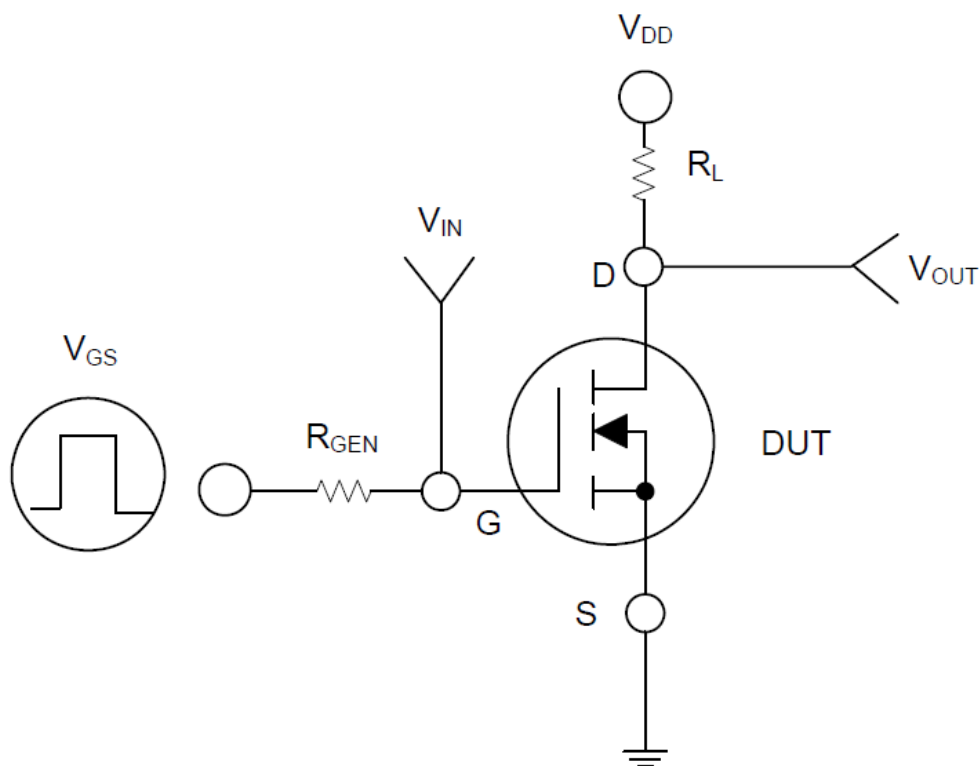


圖 3.1、友順科技 N-channel Power MOSFET 2N7002 參考應用線路圖^[5]

(1)控制訊號低位準電壓：因無法在 gate 閘極下方通道形成電子流，源極與汲極間像兩個反向串接的 PN 接面，互不導通電子無法通過視同斷路，無法提供負載端電壓電源，也等同於電源開關 OFF 狀態，MOSFET 在所謂的截止(cut off)狀態。

參考圖 3.2、圖 3.3。

(2)控制訊號高位準電壓：參考圖 3.2、圖 3.4，N-channel FET 結構示意圖^[2]，在閘極施加電壓進而形成電子流，閘極的金屬導體會堆積一些正電荷，而在氧化物絕緣層另一邊，則會吸引等量的負電，吸引了導電電子電流由 Drain 汲極流向 Source 源極。在閘極的正電壓持續增加，到達(超過)一特定的臨界電壓 V_{TH} (Threshold Voltage)，在氧化層與半導體的介面會開始出現導電電子層。這時源極與閘極可藉由此導電電子層形成之通道導通，視同形成通路對負載端提供電壓電源，等同於電源開關 ON 狀態。

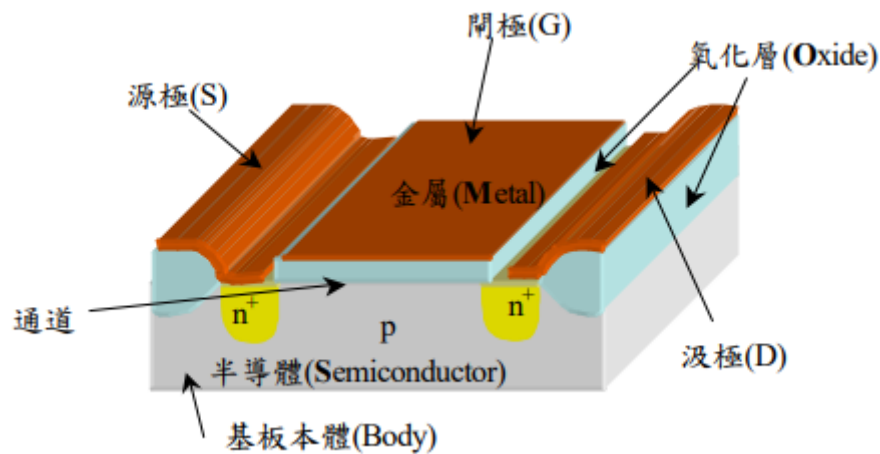


圖 3.2、N-Channel FET 結構圖^[2]

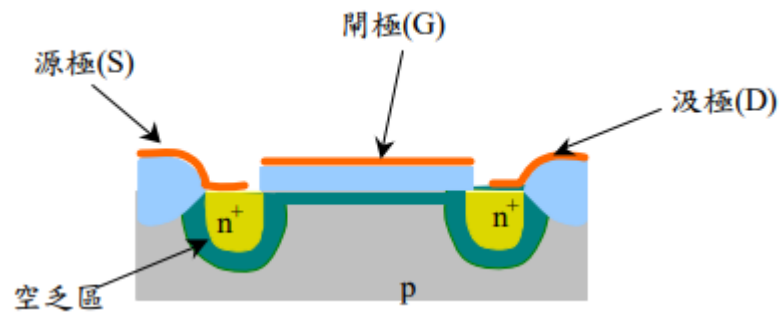
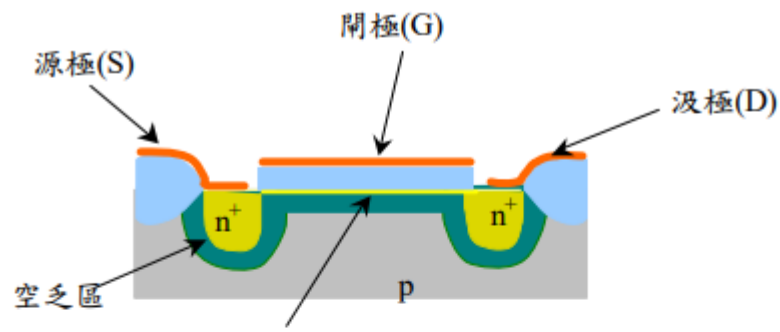
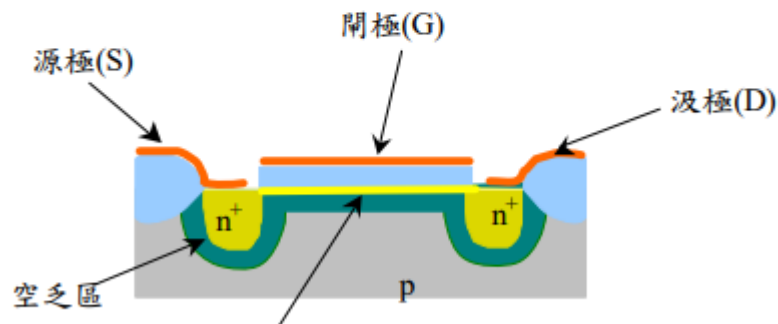


圖 3.3、N-Channel FET 結構圖，閘極未施加電壓^[2]



當 $V_{GS} = V_{th}$ ，反轉層開始形成，導電電子開始累積在介面



當 $V_{GS} > V_{th}$ ，空乏區幾乎沒有變化，累積在介面的導電電子密度正比於 $V_{GS} - V_{th}$ 。

圖 3.4、N-Channel FET 結構圖，閘極施加電壓^[2]

3.2 RDS (ON) 參數

N-channel MOSFET 在閘極施加電壓形成電源開關「導通」時，可以將此元件類比成一個可變電阻，電阻數值即為元件的 RDS (ON) 參數，此參數會(1)隨溫度而變化；(2)對 N-channel MOSFET 施加的電壓 V_{GS} 越高，RDS (ON) 就會越小；反之 RDS (ON) 就會越高；(3)隨 I_D 電流增加阻值上升。參考圖 3.5、圖 3.6、圖 3.7，關於友順科技 2N7002 RDS (ON) 電阻與溫度、 V_{GS} 、 I_D 等電氣參數變化。

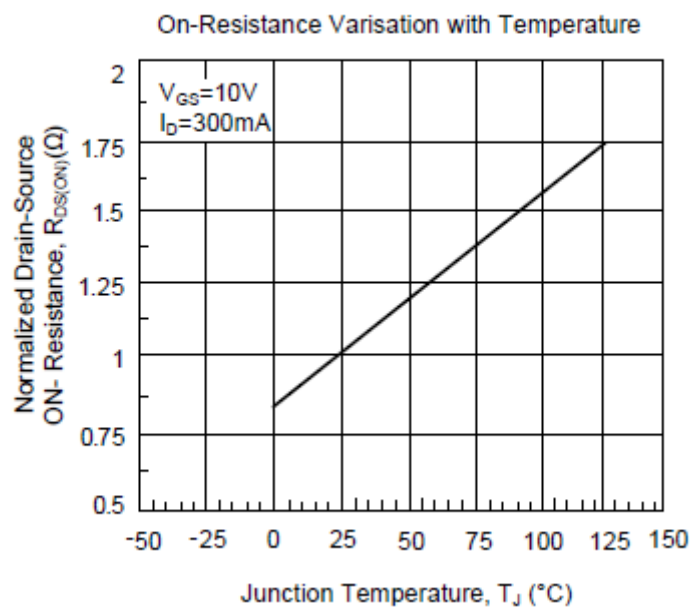


圖 3.5、友順科技 2N7002 功率 MOSFET RDS(ON)、溫度變化關係圖^[5]

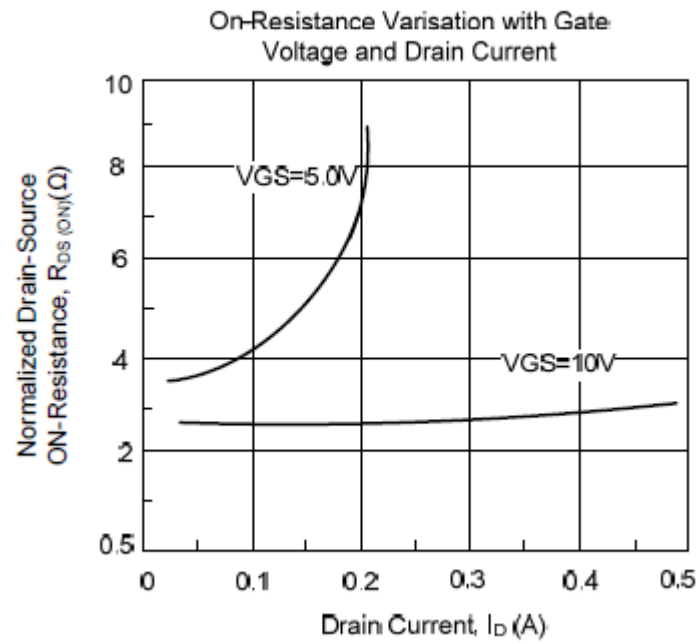


圖 3.6、友順科技 2N7002 功率 MOSFET $R_{DS(ON)}$ 與 V_{GS} 、 I_D 變化關係圖^[5]

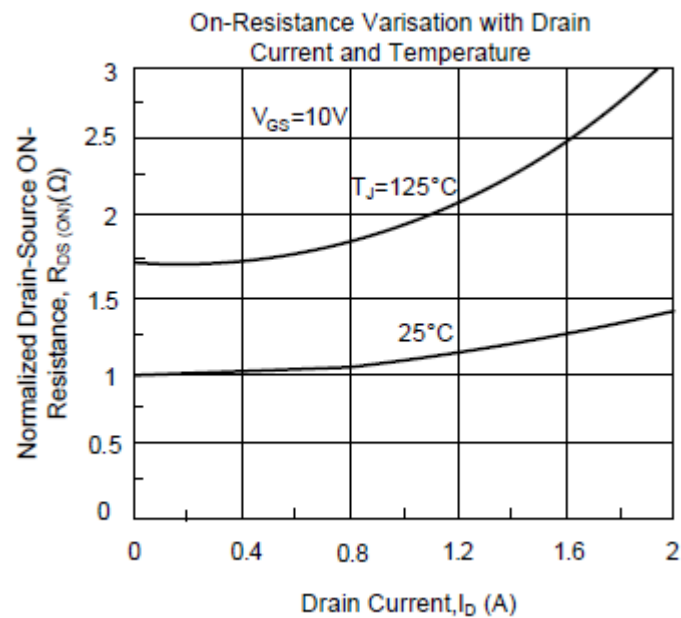


圖 3.7、友順科技 2N7002 功率 MOSFET $R_{DS(ON)}$ 、溫度、 I_D 變化關係圖^[5]

4. 友順科技 2N7002 封裝尺寸說明

友順科技 2N7002 N-channel Power MOSFET，採用穩壓 IC(voltage regulator)與二極體(diode)常見的標準封裝樣式，SOT-23-3(Small Outline Transistor)，詳細封裝尺寸資訊，如圖 4.1、4.2。

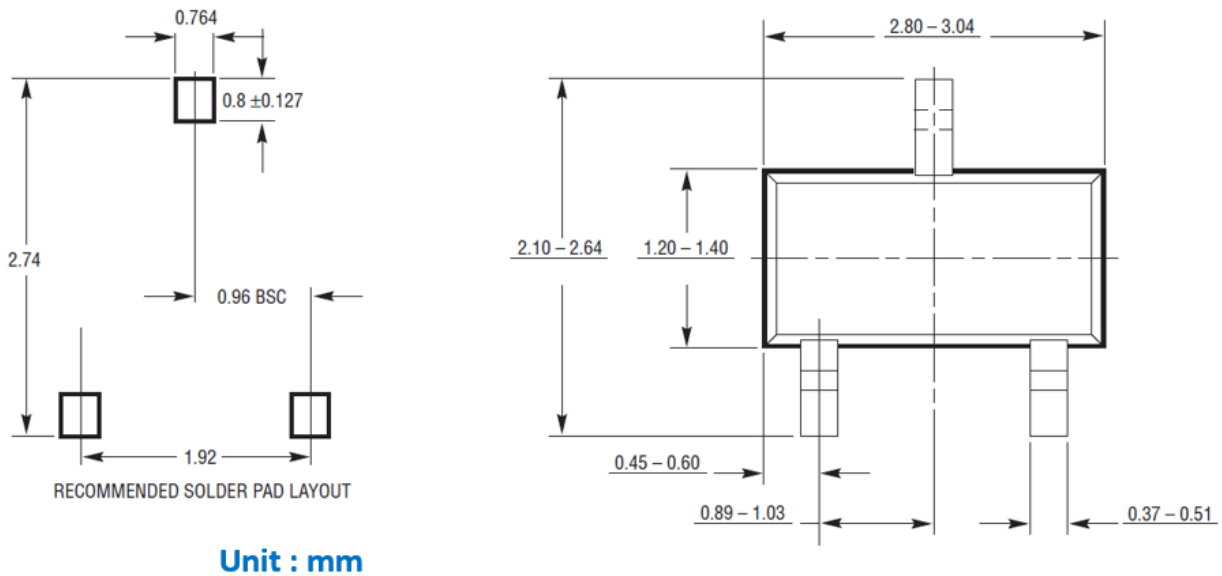


圖 4.1、SOT-23-3 封裝尺寸圖(1)^[6]

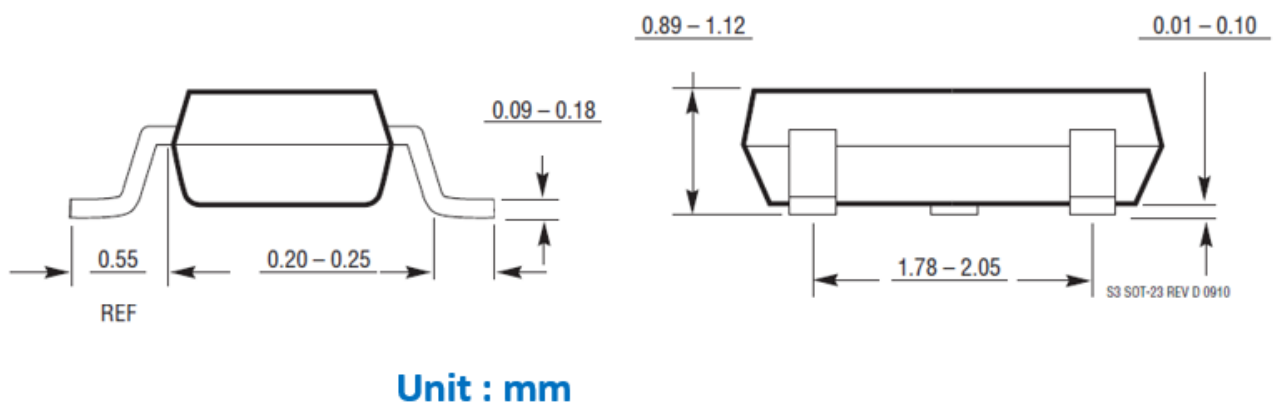


圖 4.2、SOT-23-3 封裝尺寸圖(2)^[6]

5. 參考資料

[1] 友順科技官網:

[Online URL] <http://www.unisonic.com.tw>

[2] 場效電晶體簡介，

[Online URL] <http://ezphysics.nchu.edu.tw/prophys/electron/lecturenote/FET.pdf>

[3] 金屬氧化半導體場效電晶體 MOSFET，

[Online URL]

<https://physcourse.thu.edu.tw/galechu/wp-content/uploads/sites/8/2018/09/MOSFET-0924.pdf>

[4] 選擇正確的 MOSFET

[Online URL]

<https://www.ctimes.com.tw/DispArt/tw/Fairchild/%E5%BF%AB%E6%8D%B7%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E9%AB%94/08040115428V.shtml>

[5] 友順科技官網，2N7002 datasheet:

[Online URL] <http://www.unisonic.com.tw/datasheet/2N7002.pdf>

[6] SOT-23-3 封裝資料:

[Online URL]

https://www.analog.com/media/en/package-pcb-resources/package/pkg_pdf/ltc-legacy-sot-23/SOT3%2005-08-1631%20Rev%20D.pdf