

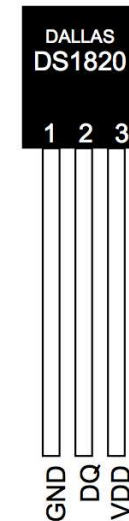
DS18B20

Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

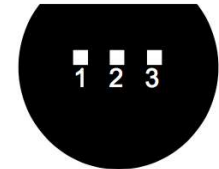
Digital Thermometer

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply
- range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is - 67°F to +25
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)

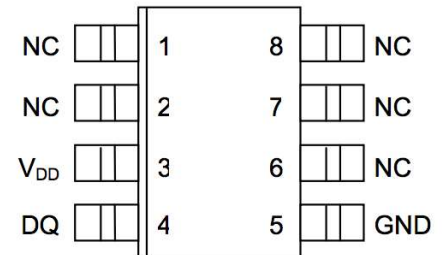
PIN ASSIGNMENT



BOTTOM VIEW



DS18B20 To-92
Package



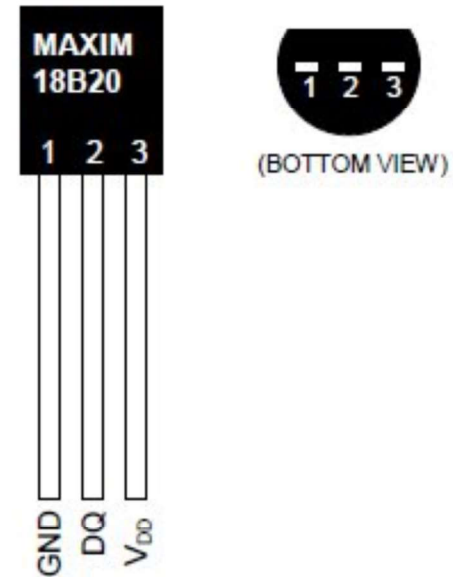
DS18B20Z
8-Pin SOIC (150 mil)

PIN DESCRIPTION

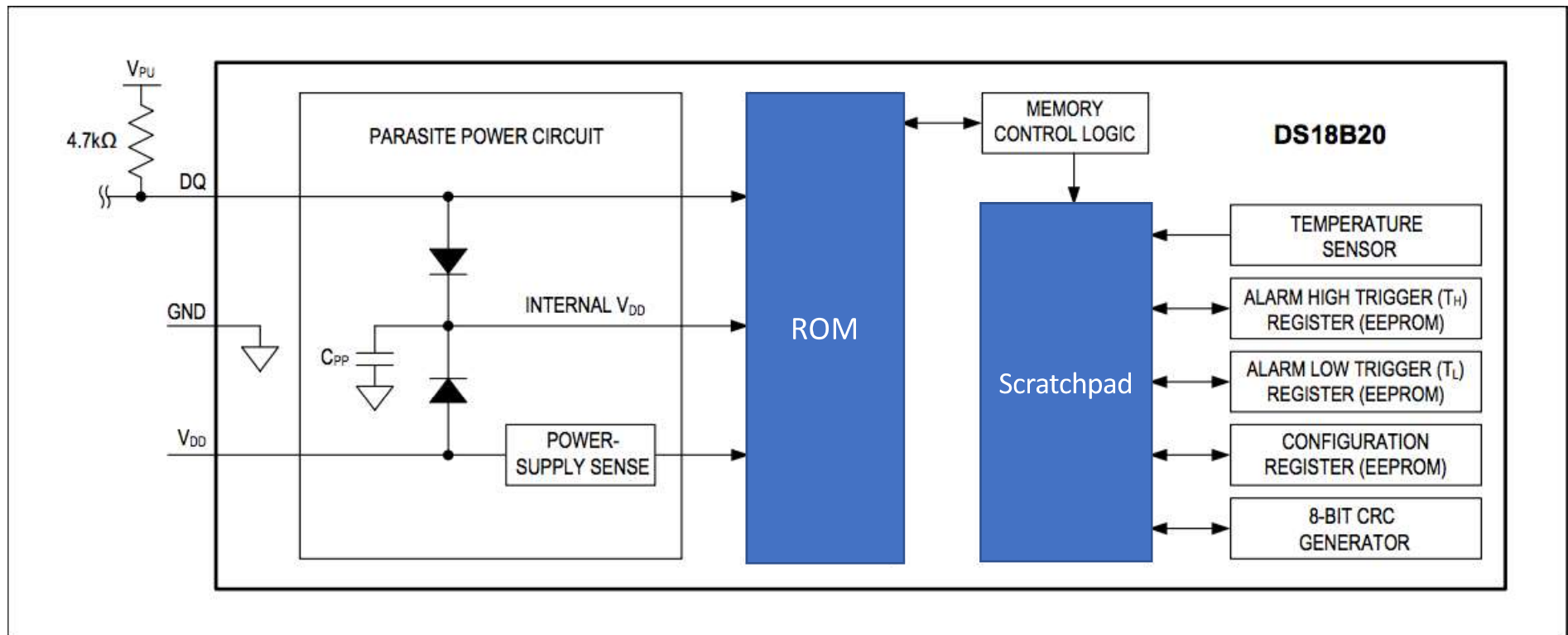
GND - Ground
DQ - Data In/Out
V_{DD} - Power Supply Voltage
NC - No Connect

One Wire Communication

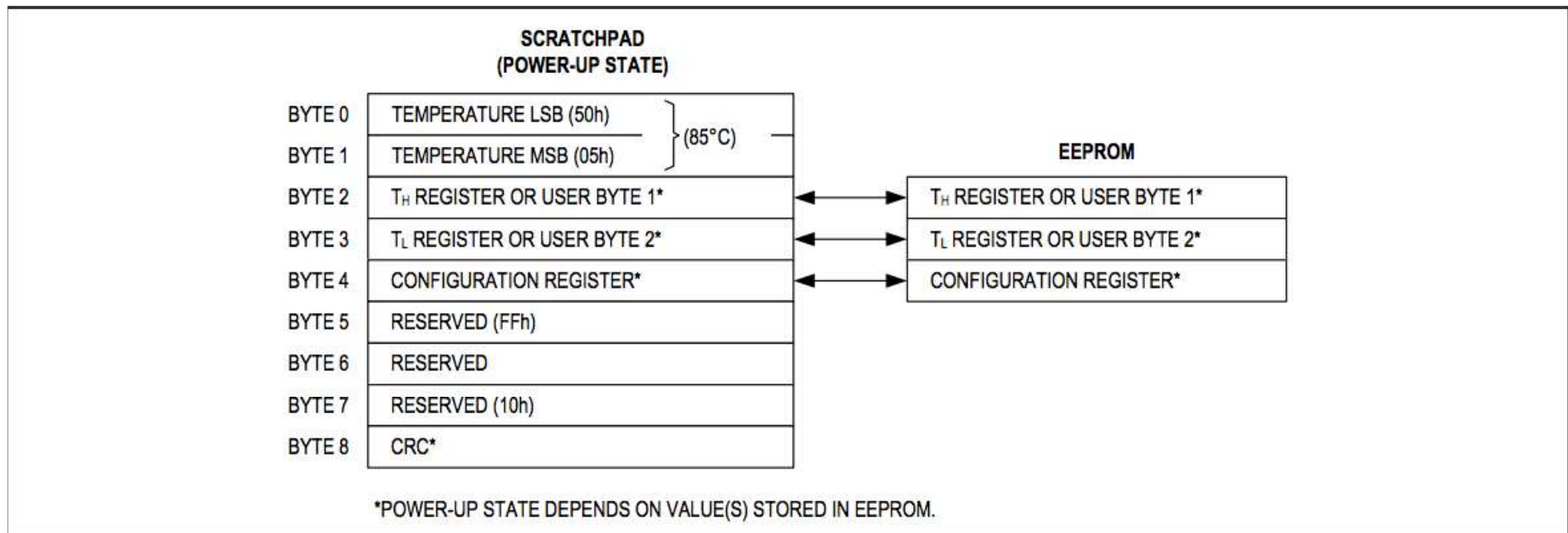
- 透過DQ以及時序的搭配來達到input以及output都透過一條線即可



Block Diagram



Scratchpad Memory



Temperature Representation

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

S = SIGN

特性

- 64-bit ROM 儲存裝置的特別辨識碼（以便識別多個溫度計）
- Scratchpad 擁有 2-byte 溫度暫存器、警示暫存器（過高溫或是過低溫）及設定暫存器（精度設定），後三者為與 EEPROM 溝通所以是非揮發的。
- 溫度精度可以調成為 9 bits, 10 bits, 11 bits 及 12 bits
 - 分別為 0.5, 0.25, 0.125 及 0.0625
 - 預設為 12 bits

控制流程

- 每次要完成一個Operation都必須經過三個步驟
 - Initialization
 - ROM Command
 - DS18B20 Function Command

Initialization

- 透過 One Wire Protocol 告訴 DS18B20 我們準備要下指令給它了

ROM Command

- 若同時在匯流排上有很多 DS18B20 我們可以透過 ROM Command 來找尋特定的 DS18B20。
- 也可以用來偵測是否有任一 Device 有超溫或是溫度過低的現象。
 - Search ROM [0xF0]
 - Read ROM [0x33]
 - Match ROM [0x55]
 - Skip ROM [0xCC]
 - Alarm Search [0xEC]
- 若只有一個 DS18B20，我們可以使用 Skip ROM 這個指令

DS18B20 Function Command

- 這些指令是用來讀寫 Scratchpad Memory 的。
 - Convert T [0x44]
 - Write Scratchpad [0x4E]
 - Read Scratchpad [0xBE]
 - Copy Scratchpad [0x48]
 - Recall E² [0xB8]
 - Read Power Supply [0xB4]

Convert T[emperature]

- 開始讀取環境溫度並且利用ADC轉換
- 溫度將會放在 Scratchpad Memory 的前兩個 byte
- 不同精度需要不同的轉換時間
 - 9-bit -> 93.75 ms
 - 10-bit -> 187.5 ms
 - 11-bit -> 375 ms
 - 12-bit -> 750 ms
- 若轉換完成後，透過one wire 讀取一個 bit 會得到 1，反之則代表還正在進行溫度轉換。

Write Scratchpad

- 分別寫入 3 bytes 的資料到 Scratchpad 裡

- T_H : 高溫 threshold
- T_L : 低溫 threshold
- Configuration:

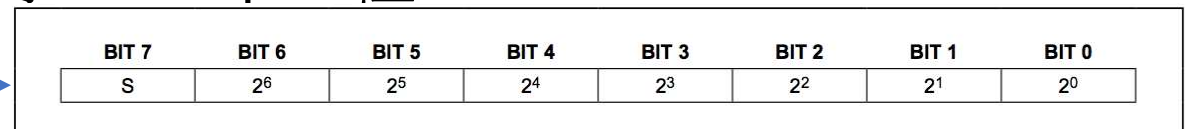


Figure 5. T_H and T_L Register Format

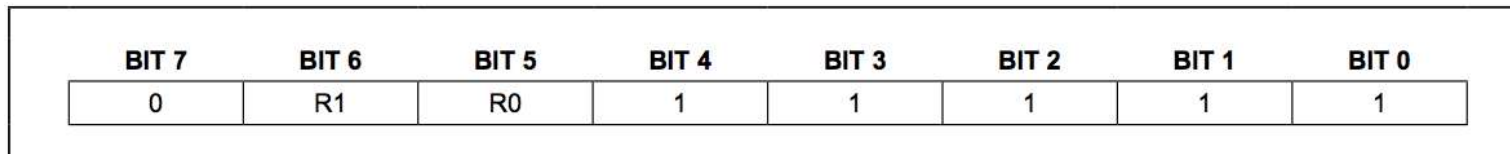


Figure 10. Configuration Register

Table 2. Thermometer Resolution Configuration

R1	R0	RESOLUTION (BITS)	MAX CONVERSION TIME	
0	0	9	93.75ms	($t_{CONV}/8$)
0	1	10	187.5ms	($t_{CONV}/4$)
1	0	11	375ms	($t_{CONV}/2$)
1	1	12	750ms	(t_{CONV})

Copy Scratchpad

- 將 T_H , T_L 及 Configuration 從 Scratchpad Memory 寫到 EEPROM 裡面（非揮發性記憶體）。

Recall E^2

- 將 T_H , T_L 及 Configuration 從 EEPROM（非揮發性記憶體）讀到 Scratchpad Memory 裡面。

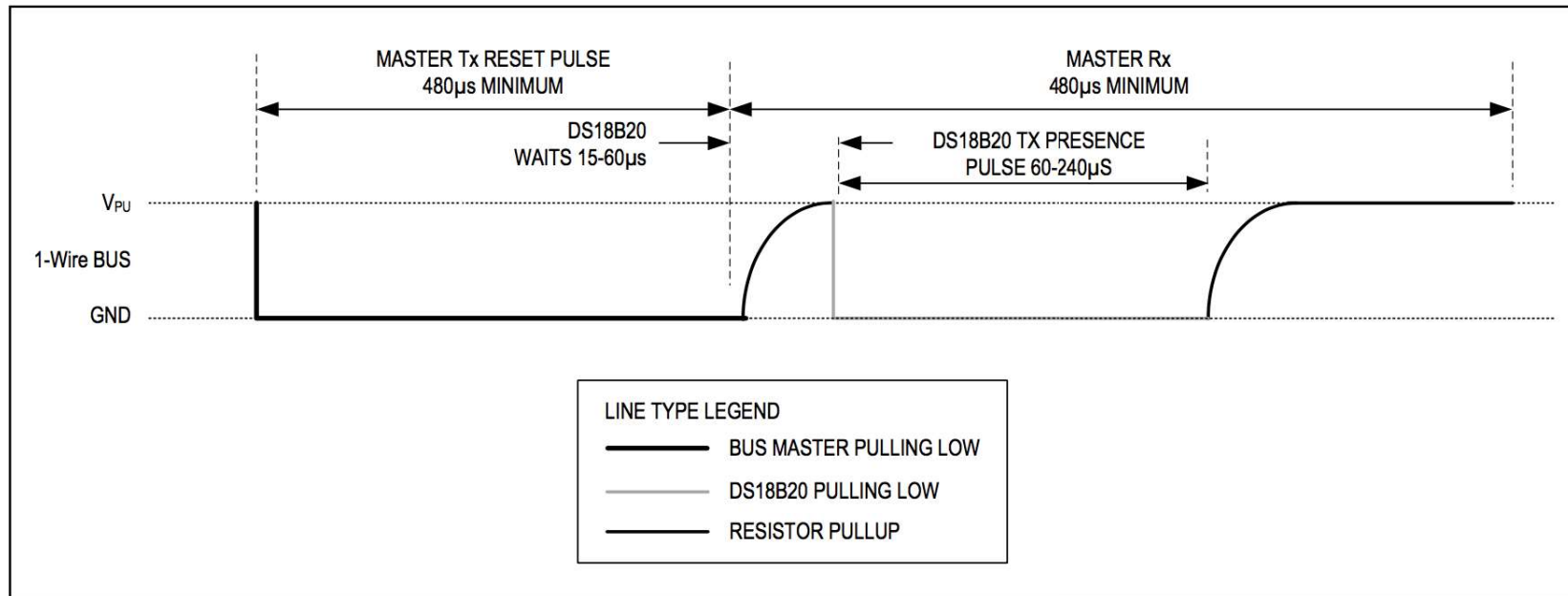
Read Power Supply

- 若接線方式為 Parasitic Mode (寄生方式)，則在 one wire 1-bit 讀取時會拿到 low
- 若接線方式為 External Power Supply，則在 one wire 1-bit 讀取時會拿到 high

One Wire Protocol (Initialization)

- Master 把電壓壓低(0)最少 480 us
- Master 釋放 wire（改成input）並且因為pull-up resistor所以會電壓拉高
- 當 DS18B20 偵測到正緣，它會等待 15us 到 60us 然後把電壓壓低 60us 到240us
- 當我們偵測到 DS18B20 有把電壓壓低，我們便知道 DS18B20 已經初始化了

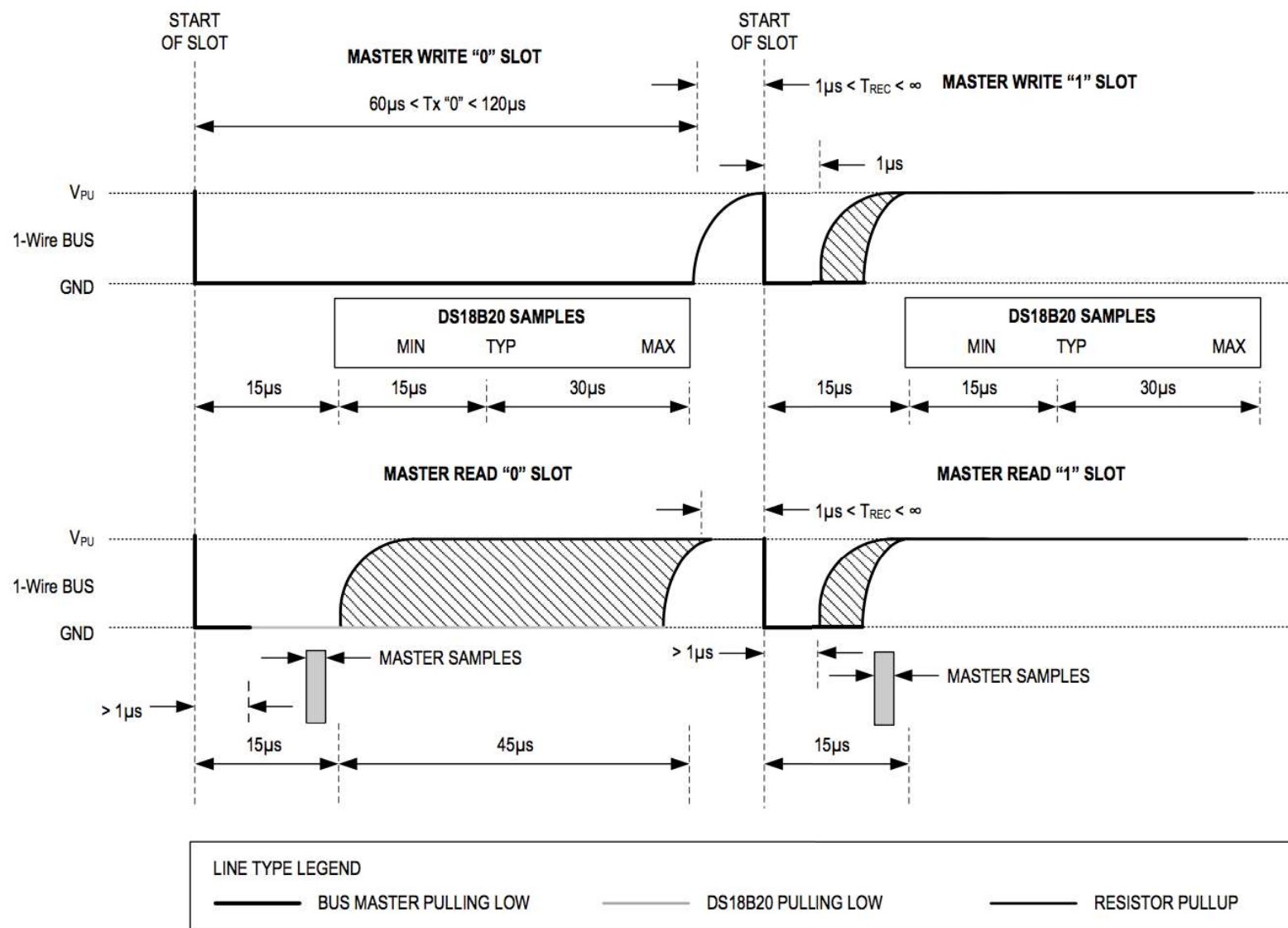
One Wire Protocol (Initialization)



```
uint8_t OneWire_Reset(OneWire_t* OneWireStruct) {  
    ...  
  
    /* Line low, and wait 480us */  
    ONEWIRE_INPUT(OneWireStruct);  
    ONEWIRE_LOW(OneWireStruct);  
    ONEWIRE_OUTPUT(OneWireStruct);  
    ONEWIRE_DELAY(480);  
  
    /* Release line and wait for 70us */  
    ONEWIRE_INPUT(OneWireStruct);  
    ONEWIRE_DELAY(70);  
  
    /* Check bit value */  
    ...  
  
    /* Delay for 410 us */  
    ONEWIRE_DELAY(410);  
  
    ...  
}
```

One Wire Protocol (Read 1 bit)

- 每一次的 read operation 最少都要有 60us
- 連續兩次之間要間格最少 1us
- 由 Master 把 DQ 拉低最少 1us 然後釋放DQ(改成input) 表示開始讀取。
- DS18B20 將會開始放 0 (low) 或是 1 (high) 在DQ上
- DS18B20 所送出來的 data 只會有效 15us （從Master把DQ拉低開始算），也就是說，Master 必須要在 15us 內把值讀進來



One Wire Protocol (Write 1 bit)

- 每一次的 write operation 最少都要有 60us
- 連續兩次之間要間格最少 1us
- Master Write 1
 - 由 Master 把 DQ 拉低
 - 15us 內釋放DQ(改成input)
- Master Write 0
 - 由 Master 把 DQ 拉低
 - 維持至少 60us

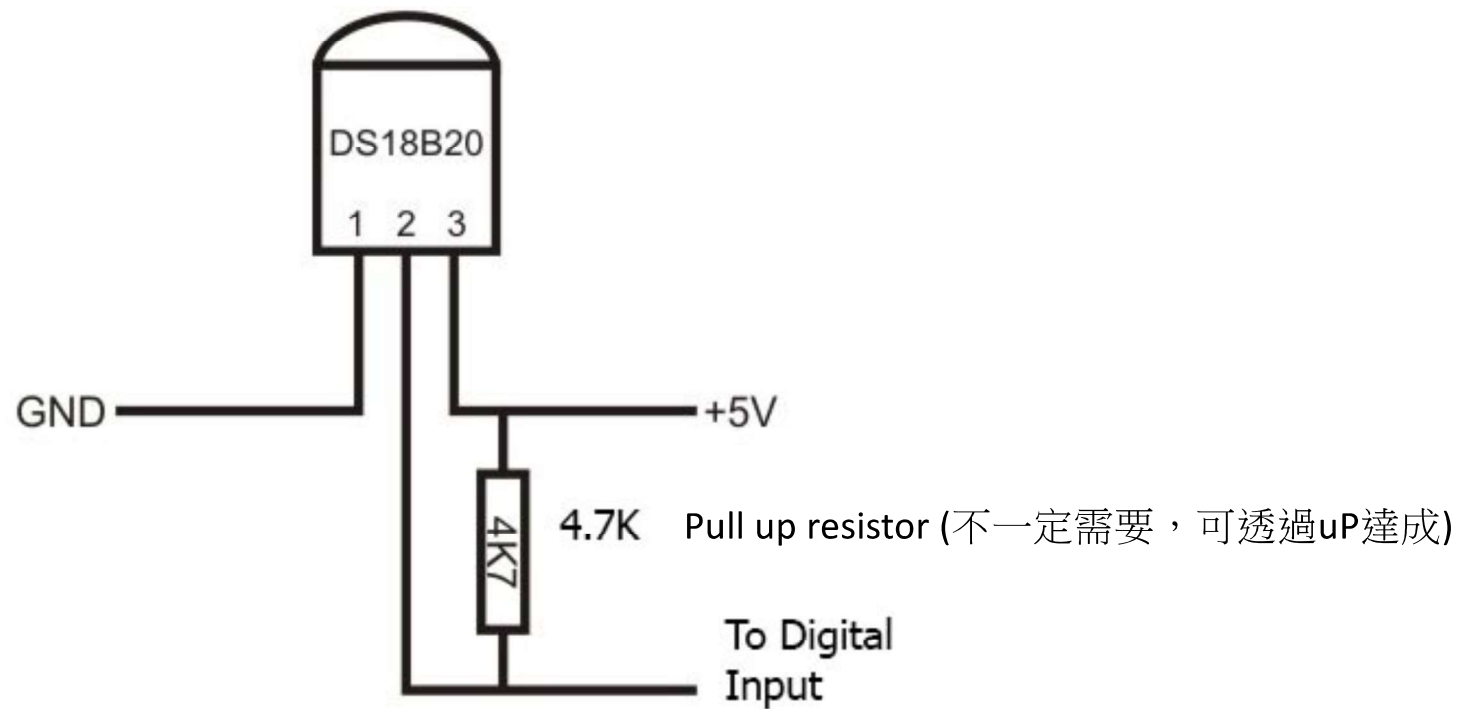
One Wire Protocol (Note)

- 所有的 **Operation** 都是透過負緣觸發（從高電位變成低電位的時候），因此請注意原本的電位。
- 由於 DQ 有接一個 Pull-up resistor，若將 DQ 設置為 input 時，空角位的狀態會是 high，也就是當對方沒有給任何 input 時則為 high，當對方給 low 時，則為 low，對方給 high 時，還是 high

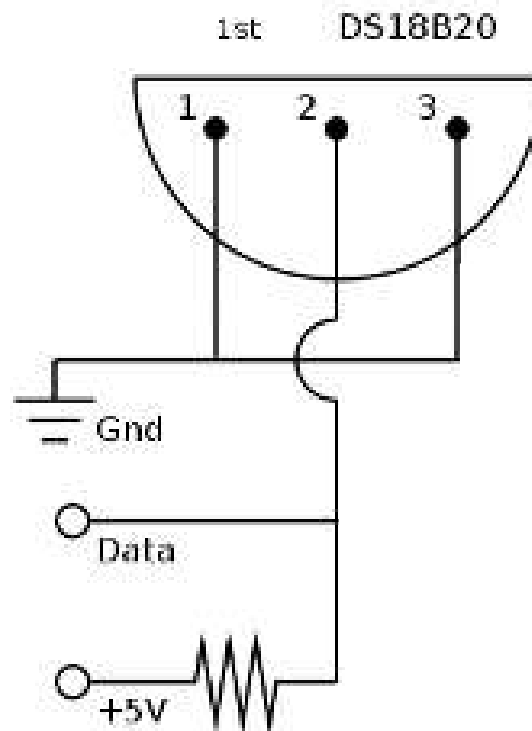
```
void OneWire_WriteBit(OneWire_t* OneWireStruct, uint8_t bit) {
    ONEWIRE_INPUT(OneWireStruct);
    if (bit) {
        /* Set line low */
        ONEWIRE_LOW(OneWireStruct);
        ONEWIRE_OUTPUT(OneWireStruct);
        ...

        /* Bit high */
        ONEWIRE_INPUT(OneWireStruct);
        ...
    } else {
        /* Set line low */
        ONEWIRE_LOW(OneWireStruct);
        ONEWIRE_OUTPUT(OneWireStruct);
        ...
    }
    ONEWIRE_INPUT(OneWireStruct);
}
```


接線 (External Power Supply)



接線 (Parasitic Mode)



Reference

- <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
(Datasheet)