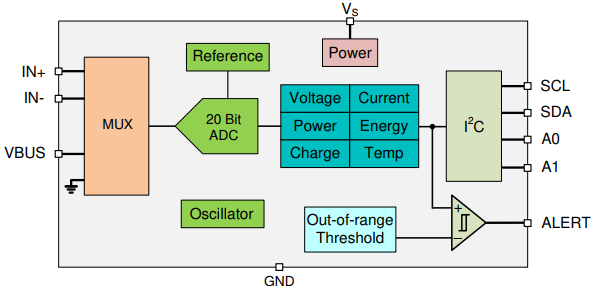
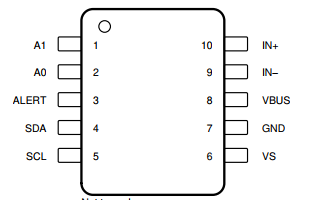
**CẢM BIẾN ĐIỆN NĂNG INA228**

Cảm biến có công dụng đo dòng, điện áp, công suất, nhiệt độ của pin, acquy, v.v..



*Ảnh 1. Sơ đồ khối chức năng*

1. **Cấu hình chân và chức năng:**



*Ảnh 2. Cấu hình chân*

***Bảng 1. Chức năng chân***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| STT | Tên | Phân Loại | Chức năng |
| 1 | A1 | Digital input | Cấu hình địa chỉ I2c |
| 2 | A0 | Digital input | Cấu hình địa chỉ I2c |
| 3 | ALERT | Digital output | Chuông báo |
| 4 | SDA | Digital I/O | Chân dữ liệu I2c |
| 5 | SCL | Digital input | Chân xung i2c |
| 6 | VS | Power supply | Chân cấp nguồn cho ic |
| 7 | GND | Ground | Chân nối đất |
| 8 | Vbus | Analog input | Kênh đo áp |
| 9 | IN- | Analog input | Kênh đo dòng (-) |
| 10 | IN+ | Analog input | Kênh đo dòng (+) |

1. **Dải hoạt động tối đa**

***Bảng 2. Dải hoạt động***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ký hiệu | Mô tả | Min | Max | Đơn vị |
| VS | Điện áp hoạt động | 2.7 | 5.5 | V |
| VIN+ VIN- | Chênh lệch | -20 | 20 | V |
|  | Riêng | -0.3 | 85 | V |
| VVBUS | Kênh đo áp | -0.3 | 85 | V |
| I/O pins | Chân vào ra | GND-0.3 | VS+0.3 | V |
| IIN | Dòng vào các chân |  | 5 | mA |
| IOUT | Dòng ra các chân |  | 10 | mA |
| TJ | Nhiệt độ ở mối hàn |  | 150 | oC |
| TSTG | Nhiệt độ làm việc | -65 | 150 | oC |

1. **Dải đầu vào ở các kênh đo và tính toán:**
   1. Điện áp và nhiệt độ:

***Bảng 3. Thông số chi tiết***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tham số | Khoảng tối đa | Hằng số chuyển đổi |
| Điện áp shunt | ± 163.84mV (ADCRANGE =0) | 312.5 nV/LSB |
|  | ± 40.96mV (ADCRANGE = 1) | 78.125 nV/LSB |
| Bus vol | 0 - > 85 V | 195.3125 nV/LSB |
| Nhiệt độ | -40 -> 150 oC | 7.8125 m oC/LSB |

3.2 Dòng điện:

CURRLSBCALC = 13107.2 x 106 x CURRENT\_LSB x RSHUNT

Trong đó:

* CURRLSBCALC là giá trị cần ghi vào thanh ghi CURRLSBCALC\_3 để hiệu chỉnh kết quả
* CURRENT\_LSB =
* RSHUNT: giá trị điện trở ở kênh đo dòng ( tùy chọn nhưng < 16.38 mΩ )

Current [A] = CURRENT\_LSB x CURRENT

Trong đó:

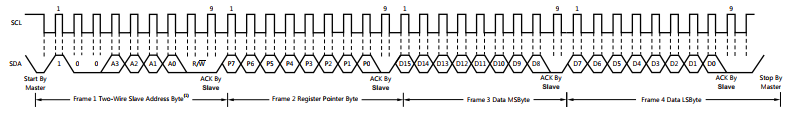
* Current [A]: giá trị dòng đo được cuối cùng
* CURRENT: giá trị đọc được ở thanh ghi CURRENT

1. **Giao tiếp I2C**
   1. Cấu hình địa chỉ:

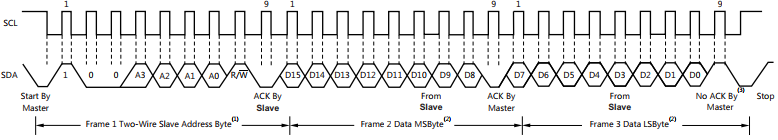
2 chân A1, A0 nối với mỗi chân khác nhau sẽ tạo ra địa chỉ khác nhau

***Bảng 4. Chi tiết cấu hình địa chỉ***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **A1** | **A0** | **SLAVE ADDRESS** |
| GND | GND | 1000000 |
| GND | VS | 1000001 |
| GND | SDA | 1000010 |
| GND | SCL | 1000011 |
| VS | GND | 1000100 |
| VS | VS | 1000101 |
| VS | SDA | 1000110 |
| VS | SCL | 1000111 |
| SDA | GND | 1001000 |
| SDA | VS | 1001001 |
| SDA | SDA | 1001010 |
| SDA | SCL | 1001011 |
| SCL | GND | 1001100 |
| SCL | VS | 1001101 |
| SCL | SDA | 1001110 |
| SCL | SCL | 1001111 |

* 1. Đọc Ghi dữ liệu qua chuẩn I2C:
* Ghi dữ liệu:
* Gửi 8 bit cho IC bao gồm: 7 bit địa chỉ được cấu hình như bảng trên và bit 0
* Gửi 8 bit địa chỉ thanh ghi cần ghi dữ liệu
* Gửi từng byte dữ liệu vào thanh ghi

*ảnh 3. Biểu đồ thời gian quá trình ghi dữ liệu*

* Đọc dữ liệu:
* Gửi 8 bit cho IC bao gồm: 7 bit địa chỉ được cấu hình như bảng trên và bit 1
* Gửi 8 bit địa chỉ thanh ghi cần đọc dữ liệu
* Tạo xung clock để nhận dữ liệu từ thanh ghi

*ảnh 4. Biểu đồ thời gian quá trình đọc dữ liệu*

\*Nếu trước đó đang làm việc với thanh ghi cần đọc thì không cần gửi lại địa chỉ thanh ghi đó nữa, nếu là thanh ghi mới thì gửi địa chỉ thanh ghi như sơ đồ ghi dữ liệu

1. **Chân giám sát hệ thống ALERT:**

Chân ouput (open-drain) ALERT có thể đưa ra chẩn đoán về các sự cố thông qua mức logic ở chân, khi hoạt động bình thường thì chân ở mức 1, khi có sự cố vượt ngưỡng chân sẽ về mức 0. Ngoài ra chân cũng có thể được dùng để thông báo sau khi ADC chuyển đổi sau( cấu hình ở bit CNVRF)

***Bảng 5. Mô tả các ngưỡng mà chân ALERT chẩn đoán***

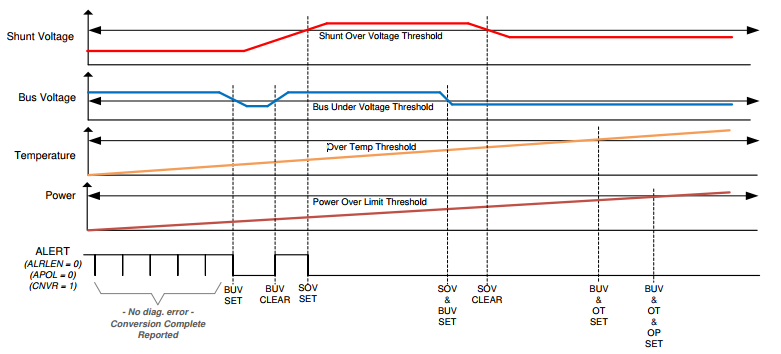
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **INA228-Q1 DIAGNOSTIC** | **STATUS BIT IN DIAG\_ALRT REGISTER (RO)** | **OUT-OF-RANGE THRESHOLD REGISTER (R/W)** | **REGISTER DEFAULT VALUE** |
| Shunt Under Voltage Limit | SHNTUL | SUVL | 0x8000 h (two's complement) |
| Shunt Over Voltage Limit | SHNTOL | SOVL | 0x7FFF h (two's complement) |
| Bus Voltage Over-Limit | BUSOL | BOVL | 0x7FFF h (two's complement, positive values only) |
| Bus Voltage Under-Limit | BUSUL | BUVL | 0x0000 h (two's complement, positive values only) |
| Temperature Over-Limit | TMPOL | TEMP\_LIMIT | 0xFFFF h (unsigned, positive values only) |
| Power Over-Limit | POL | PWR\_LIMIT | 0x7FFF h (two's complement) |

Việc đọc thanh ghi DIAG\_ALRT với mục đích đưa ra chẩn đoán vượt ngưỡng khi chân ALERT được kích hoạt. Ngoài ra nó còn đưa ra các chẩn đoán mà không làm kích hoạt chân ALERT:

* Math Overflow — được chỉ ra bởi MOVF bit
* Memory Status — được chỉ ra bởi MEMSTAT bit
* Energy Overflow — được chỉ ra bởi ENRGOF bit
* Charge Overflow — được chỉ ra bởi CHROF bit

Khi chân ALERT được cấu hình để thông báo việc chuyển đổi của ADC hoàn tất, thì chân ALERT sẽ trở thành chân thông báo đa chức năng, điệu biểu diễn ở sơ đồ dưới.

Quan sát trạng thái pin khi ADC hoàn thành việc chuyển đổi và khi xảy ra việc vượt ngưỡng.

*Ảnh 5. Biểu đồ hoạt động chân ALERT*

1. **Sơ đồ thanh ghi:**

***Bảng 6. Thanh ghi trong INA228***

|  |
| --- |
| **Offset Acronym Register Name Register size (bits)** |
| 0h CONFIG\_1 Configuration 16 |
| 1h ADCCONFIG\_2 ADC Configuration 16 |
| 2h CURRLSBCALC\_3 Shunt Calibration 16 |
| 3h TEMPCOCONFIG\_4 Shunt Temperature Coefficient 16 |
| 4h VSHUNT Lưu giá trị điện áp shunt 24 |
| 5h VBUS Lưu giá trị áp đo được 24 |
| 6h DIETEMP Temperature Measurement 16 |
| 7h CURRENT Lưu giá trị dòng đo được 24 |
| 8h POWER Lưu giá trị công suất đo được 24 |
| 9h ENERGY Energy Result 40 |
| Ah CHARGE Charge Result 40 |
| Bh DIAG\_ALRT Cờ chẩn đoán và ALERT 16 |
| Ch SOVL Ngưỡng trên VShunt 16 |
| Dh SUVL Ngưỡng dưới Vshunt 16 |
| Eh BOVL Ngưỡng trên Vbus 16 |
| Fh BUVL Ngưỡng dưới Vbus 16 |
| 10h TEMP\_LIMIT Ngưỡng trên nhiệt độ 16 |
| 11h PWR\_LIMIT Ngưỡng trên công suất 16 |
| 3Eh MANUFACTURER\_ID Manufacturer ID 16 |
| 3Fh DEVICE\_ID Device ID 16 |

1. **Một số thanh ghi quan trọng:**

**7.1 *Configuration (CONFIG\_1) Register (Offset = 0h) [reset = 0h]***

***Bảng 7. Thanh ghi CONFIG\_1***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15 | RST | R/W | 0h | Bit reset 0h = hoạt động bình thường 1h = reset tất cả thanh ghi về giá trị mặc định |
| 14 | RSTACC | R/W | 0h | 0h = Normal Operation 1h = reset thanh ghi ENERGY and CHARGE về giá trị mặc định |
| 13-6 | CONVDLY | R/W | 0h | Tạo độ trễ chuyển đổi ở ADC. 0h = 0 s 1h = 2 ms FFh = 510 ms |
| 5 | TEMPCOMP | R/W | 0h | Enables temperature compensation of an external shunt 0h = Shunt Temperature Compensation Disabled 1h = Shunt Temperature Compensation Enabled |
| 4 | ADCRANGE | R/W | 0h | Cấu hình điện áp tối đa ở Vshunt 0h = ±163.84 mV 1h = ± 40.96 mV |
| 3-0 | RESERVED | R/W | 0h | Reserved. Always reads 0. |

7.2 ADC Configuration (ADCCONFIG\_2) Register (Offset = 1h) [reset = FB68h].

**Bảng 8. Thanh ghi ADCCONFIG\_2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15-12 | MODE | R/W | Fh | Cấu hình chế độ hoạt động của các kênh đo.  Có 2 chế độ chính là: triggered, continuous 0h = Shutdown 1h = Bus Voltage triggered, single shot 2h = Shunt Voltage triggered, single shot 3h = Shunt voltage and Bus voltage triggered, single shot 4h = Temperature measurement triggered, single shot 5h = Temperature and bus voltage measurement triggered, single shot 6h = Temperature and Shunt voltage measurement triggered, single shot 7h = Bus voltage, Shunt voltage and Temperature measurement triggered, single shot 8h = Shutdown 9h = Continuous Bus voltage Ah = Continuous Shunt voltage Bh = Continuous Shunt and Bus voltage Ch = Continuous Temperature measurement Dh = Continuous Bus voltage and Temperature measurement Eh = Continuous Temperature and Shunt voltage Fh = Continuous Bus, Shunt voltage and Temperature |
| 11-9 | VBUSCT | R/W | 5h | Sét thời gian chuyển đổi điện áp ở Vbus: 0h = 50 µs 1h = 84 µs 2h = 150 µs 3h = 280 µs 4h = 540 µs 5h = 1052 µs 6h = 2074 µs 7h = 4120 µs |
| 8-6 | VSHCT | R/W | 5h | Set thời gian chuyển đổi điện áp shunt: 0h = 50 µs 1h = 84 µs 2h = 150 µs 3h = 280 µs 4h = 540 µs 5h = 1052 µs 6h = 2074 µs 7h = 4120 µs |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 5-3 | VTCT | R/W | 5h | Sets the conversion time of the temperature measurement: 0h = 50 µs 1h = 84 µs 2h = 150 µs 3h = 280 µs 4h = 540 µs 5h = 1052 µs 6h = 2074 µs 7h = 4120 µs |
| 2-0 | AVG | R/W | 0h | Chọn số lần đo trong 1 lần lấy kết quả, nếu số lần > 1, thì khi đo xong hết mới cập nhật kết quả. 0h = 1 1h = 4 2h = 16 3h = 64 4h = 128 5h = 256 6h = 512 7h = 1024 |

***7.6.1.3 Shunt Calibration (CURRLSBCALC\_3) Register (Offset = 2h) [reset = 1000h]***

**Table 9. Thanh ghi CURRLSBCALC\_3**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15 | RESERVED | R/W | 0h | Reserved. Always reads 0. |
| 14-0 | CURRLSB | R/W | 1000h | Giá trị tượng trưng cho trở shunt dùng để tính kết quả dòng điện (Ampe). Giá trị này được tính ở mục 3.2 |

***7.6.1.4 Shunt Temperature Coefficient (TEMPCOCONFIG\_4) Register (Offset = 3h) [reset = 0h]***

**Table 10. Thanh ghiTEMPCOCONFIG\_4**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15-14 | RESERVED | R | 0h | Reserved. Always reads 0. |
| 13-0 | TEMPCO | R/W | 0h | Temperature coefficient of the shunt for temperature compensation correction. Calculated in respect to +25°C. The full scale value of the register is 16383 ppm/C. The 16 bit register provides a resolution of 1ppm/°C/LSB 0h = 0 ppm/°C FFFFh = 16383 ppm/°C |

***7.6.1.5 Shunt Voltage Measurement (VSHUNT) Register (Offset = 4h) [reset = 0h]***

**Table 11. VSHUNT Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 23-4 | VSHUNT | R | 0h | Differential voltage measured across the shunt output. Two's complement value. Conversion factor: 312.5 nV/LSB when ADCRANGE = 0 78.125 nV/LSB when ADCRANGE = 1 |
| 3-0 | RESERVED | R | 0h | Reserved. Always reads 0. |

***7.6.1.6 Bus Voltage Measurement (VBUS) Register (Offset = 5h) [reset = 0h]***

**Table 12. VBUS Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 23-4 | VBUS | R | 0h | Bus voltage output. Two's complement value, however always positive. Conversion factor: 195.3125 µV/LSB |
| 3-0 | RESERVED | R | 0h | Reserved. Always reads 0. |

***7.6.1.7 Temperature Measurement (DIETEMP) Register (Offset = 6h) [reset = 0h]***

**Table 13. DIETEMP Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15-0 | DIETEMP | R | 0h | Internal die temperature measurement. Two's complement value. độ phân giải: 7.8125 m°C/LSB |

***7.6.1.8 Current Result (CURRENT) Register (Offset = 7h) [reset = 0h]***

**Table 14. CURRENT Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 23-4 | CURRENT | R | 0h | Calculated current output in Ampere (A) |
| 3-0 | RESERVED | R | 0h | Reserved. Always reads 0. |

***7.6.1.9 Power Result (POWER) Register (Offset = 8h) [reset = 0h]***

**Table 15. POWER Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 23-0 | POWER | R | 0h | Calculated power output in watt (W) |

***7.6.1.10 Energy Result (ENERGY) Register (Offset = 9h) [reset = 0h]***

**Table 16. ENERGY Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 39-0 | ENERGY | R | 0h | Calculated energy output. |

***7.6.1.11 Charge Result (CHARGE) Register (Offset = Ah) [reset = 0h]***

**Table 17. CHARGE Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 39-0 | CHARGE | R | 0h | Calculated charge output. Two's complement value. |

***7.6.1.12 Diagnostic Flags and Alert (DIAG\_ALRT) Register (Offset = Bh) [reset = 0001h]***.

**Table 18. DIAG\_ALRT Register Field Descriptions**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bit** | **Field** | **Type** | **Reset** | **Description** |
| 15 | ALRLEN | R/W | 0h | When the Alert Latch Enable bit is set to Transparent mode, the Alert pin and Flag bit resets to the idle states when the fault has been cleared. When the Alert Latch Enable bit is set to Latch mode, the Alert pin and Alert Flag bit remain active following a fault until the DIAG\_ALRT Register has been read. 0h = Transparent 1h = Latched |
| 14 | CNVR | R/W | 0h | Nối cờ báo chuyển đổi ra chân ALERT. 0h = Disable  1h = Enables |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 13 | SLWALRT | R/W | 0h | ALERT function is asserted on the completed averaged value. This gives the flexibility to delay the ALERT after the averaged value. 0h = ALERT comparison on non-averaged (ADC) value 1h = ALERT comparison on Averaged value |
| 12 | APOL | R/W | 0h | Cấu hình kiểu chân cho ALERT. 0h = Normal (Active-low open-drain) 1h = Inverted (active-high ) |
| 11 | ENRGOF | R | 0h | This bit indicates the health of the ENERGY register. If the 40 bit ENERGY register has overflowed this bit is set to 1. 0h = Normal 1h = Overflow Clears when the ENERGY register is read. |
| 10 | CHROF | R | 0h | This bit indicates the health of the CHARGE register. If the 40 bit CHARGE register has overflowed this bit is set to 1. 0h = Normal 1h = Overflow Clears when the CHARGE register is read. |
| 9 | MOVF | R/W | 0h | This bit is set to 1 if an arithmetic operation resulted in an overflow error. It indicates that current and power data may be invalid. 0h = Normal 1h = Overflow |
| 8 | RESERVED | R/W | 0h | Reserved. Always read 0. |
| 7 | TMPOL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the temperature measurement exceeds the threshold limit in the temperature over-limit register. 0h = Normal 1h = Over Temp Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |
| 6 | SHNTOL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the shunt voltage measurement exceeds the threshold limit in the shunt over-limit register. 0h = Normal 1h = Over Shunt Voltage Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |
| 5 | SHNTUL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the shunt voltage measurement falls below the threshold limit in the shunt under-limit register. 0h = Normal 1h = Under Shunt Voltage Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |
| 4 | BUSOL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the bus voltage measurement exceeds the threshold limit in the bus over-limit register. 0h = Normal 1h = Bus Over-Limit Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |
| 3 | BUSUL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the bus voltage measurement falls below the threshold limit in the bus under-limit register. 0h = Normal 1h = Bus Under-Limit Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |
| 2 | POL | R/W | 0h | This bit is set to 1 if the power measurement exceeds the threshold limit in the power limit register. 0h = Normal 1h = Power Over-Limit Event When ALRLEN =1 this bit is cleared by reading the register. |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | CNVRF | R/W | 0h | Bit này được set lên 1 sau khi chuyển đổi xong giá trị. 0h = Normal 1h = Conversion completed Event  khi ALRLEN =1 bit này bị xóa khi đọc thanh ghi hoặc băt đầu. |
| 0 | MEMSTAT | R/W | 1h | This bit is set to 0 if a checksum error had been detected in the device trim memory space. 0h = Memory Checksum Error 1h = Normal Operation |