

RFC1628 UPS 監控系統部署與維護全手冊 (深度專家版 v5.2)

文件版本: v5.2 (Expert Deep-Dive Release)

發布日期: 2026-01-12

適用設備: 飛碟 (FT) UPS WPLVT3K0 / 符合標準 RFC1628 協議之設備

系統環境: Cacti 1.2.x / RRDtool 1.7+ / SNMP v2c / Linux (Debian/RHEL)

文件導讀與使用指南

本手冊旨在提供一套標準化的操作程序 (SOP), 協助網路維運團隊從零開始建置一套穩定、可視化的 UPS 監控系統。

在 v5.2 版本中, 我們大幅增加了底層原理解說。相較於一般快速上手指南, 本文件更著重於「為什麼這樣做」的技術細節。例如: 為什麼我們必須拆分 XML? 為什麼 RRDtool 的最大值設定會導致資料遺失? SNMP Table 與 Scalar 在 Cacti 處理上有何本質區別?

透過標準化的命名與嚴謹的 XML 定義, 我們能確保在擴充監控規模時, 依然保有高可維護性。本文件適用於系統架構師、資深網管人員以及負責監控系統二次開發的工程師。

目錄 (Table of Contents)

1. 第一章: 部署前環境驗證與 **SNMP** 基礎
 - 1.1 聯通性測試與 OID 驗證: 深入 SNMP 協定
 - 1.2 系統權限與目錄結構準備: Linux 安全性考量
 - 1.3 監控項目分類與前綴定義策略: 標準化的藝術
2. 第二章: 底層 **XML Resource** 部署與架構解析
 - 2.1 Scalar Group (.0) XML 定義詳解: 單一值處理機制
 - 2.2 Table Group (.1) XML 定義詳解: 表格索引迭代機制
 - 2.3 XML 標籤命名與 Cacti 解析機制: W3C 標準與 Cacti 限制
3. 第三章: **Presets** 與 **Data Templates** 進階設定
 - 3.1 CDEF 數值轉換原理與 RPN 應用
 - 3.2 Data Templates 定義與最大值陷阱: RRDtool 儲存原理
4. 第四章: **Graph Templates** 視覺化設計哲學
 - 4.1 電壓監控圖表: 拆分架構優化與 AVR 監測
 - 4.2 負載分析: 容量規劃與警戒線 (Threshold) 設定
 - 4.3 電池健康度: 放電曲線與續航力視覺化
 - 4.4 輸入頻率品質: 市電與發電機監控
 - 4.5 系統狀態代碼: 離散數值的階梯圖應用
5. 第五章: **Data Query** 整合與映射設定實戰
 - 5.1 Scalar Query 映射邏輯與防呆機制
 - 5.2 Table Query 映射邏輯與索引對應

- 5.3 混合圖表的映射挑戰與解決方案: 避免 Poller 重複查詢
- 6. 第六章: 設備上線與圖表實例化 SOP
 - 6.1 新增設備參數調優: Timeout 與 Retries 的權衡
 - 6.2 掛載查詢與 Verbose Query 除錯技巧
 - 6.3 建立圖表的分流操作 SOP: 防止重複數據源
 - 6.4 樹狀圖管理與最終驗收清單: NaN 問題的終極排查

第一章: 部署前環境驗證與 SNMP 基礎

在進入 Cacti 的網頁圖形介面進行設定之前, 最關鍵的一步是確認底層的通訊環境是否健全。許多後續的「無數據 (NaN)」問題, 往往根源於此階段的忽略。務必於 Linux CLI 環境下確認 SNMP 通訊正常。

1.1 聯通性測試與 OID 驗證: 深入 SNMP 協定

我們使用 snmpget 指令直接向設備發出請求。這不僅測試網路連線, 更驗證設備是否正確支援 RFC1628 MIB。

[技術原理] SNMP Get vs Walk

- **Scalar (純量):** 對於單一數值 (如電池電壓), OID 結尾通常為 .0。這是 SNMP 協定中定義單一實例 (Instance) 的標準方式。
- **Table (表格):** 對於可能有多個實例的數值 (如三相電的輸入電壓), OID 結構會包含索引 (Index)。例如 .1 代表 Phase 1, .2 代表 Phase 2。雖然本次設備為單相, 但在設計架構時, 將其視為 Table 能保留未來擴充三相監控的彈性。

測試指令範例與解析:

```
# 測試 Scalar (電池狀態) - 驗證單一數值讀取能力
# 參數解析:
# -v 2c : 使用 SNMP Version 2c (最常用的版本, 支援 64bit counter 但無加密)
# -c public : Community String (類似密碼)
# .1.3.6.1.2.1.33.1.2.1.0 : 標準 RFC1628 upsBatteryStatus OID
snmpget -v 2c -c public [UPS_IP] .1.3.6.1.2.1.33.1.2.1.0
# 預期回傳: INTEGER: 2 (代表 Normal), 若回傳 Timeout 需檢查防火牆或 Community String

# 測試 Table (輸入電壓) - 驗證表格索引讀取能力
# .1.3.6.1.2.1.33.1.3.3.1.2.1 : upsInputVoltage 的 Phase 1 節點
snmpget -v 2c -c public [UPS_IP] .1.3.6.1.2.1.33.1.3.3.1.2.1
# 預期回傳: INTEGER: 1100 (代表 110.0V)
```

[故障排除與專家提示]

1. **Timeout 問題:** 若出現 Timeout: No Response from [IP], 請檢查:
 - UPS 網卡設定: 是否有 IP Access Control List (ACL)? 務必將 Cacti Server IP 加入白名

單。

- 防火牆:UDP Port 161 是否開通？
- 2. **OID 不存在**:若出現 No Such Object, 代表該設備雖支援 SNMP, 但可能未完整實作 RFC1628 標準。此時需聯繫廠商索取專用 MIB 文件。
- 3. **數值異常**:若電壓回傳 0, 可能是設備處於待機模式或感測器故障, 需登入 UPS Web 介面交叉比對。

1.2 系統權限與目錄結構準備:Linux 安全性考量

Cacti 的運作依賴 Web Server (Apache/Nginx) 與 Poller (通常由 cron 觸發的 php script) 兩者的權限。XML 資源檔必須放置於正確路徑且具備適當權限, 否則會出現 XML Parse Error 或 File Not Found。

- 資源目錄標準路徑:
 - /usr/share/cacti/site/resource/snmp_queries/ (Debian/Ubuntu 常見)
 - /var/www/html/cacti/resource/snmp_queries/ (CentOS/Source Install 常見)
 - 提示:可透過 *Cacti Console -> Configuration -> Settings -> Paths* 確認 `<path_cacti>` 變數的實際指向。
- 權限設定最佳實踐:
 - Cacti Poller 通常以 cactiuser 或 root 執行, 而 Web 介面以 www-data 或 apache 執行。
 - 為了確保 Web 介面能讀取 XML (以建立 Data Query), 且 Poller 能讀取 XML (以執行採集), 建議設定:

```
chown root:www-data /usr/share/cacti/site/resource/snmp_queries/*.xml
chmod 644 /usr/share/cacti/site/resource/snmp_queries/*.xml
```
 - 警告:切勿將權限設為 777, 這會造成安全漏洞。644 (rw-r--r--) 已足夠讓所有使用者讀取。

1.3 監控項目分類與前綴定義策略:標準化的藝術

為了在龐大的 Cacti 系統中快速識別與管理這些 UPS 指標, 我們採用 **01-05** 的數字前綴命名法。這不僅是為了排序, 更是為了將相關聯的指標在邏輯上分組, 這在後續建立 Graph Template 時至關重要。

詳細分類表與物理意義解析:

群組代號	項目名稱	類型	數據特性與物理意義說明
01 電壓監控	01_Battery_Voltage	Scalar	電池組總電壓。數值通常較大(如 820 代表 82V)。此數值下降過快代表電池老

			化。
	01_Input_Voltage	Table	市電輸入。監測供電穩定性，過高或過低都會觸發 UPS 啟動 AVR 或切換電池。
	01_Output_Voltage	Table	UPS 輸出。這是設備實際接收到的電壓，應始終維持在穩定值 (如 110V/220V)。
02 負載分析	02_Output_Load_Pct	Table	負載百分比。容量規劃的關鍵指標。若長期 >80%，應考慮負載平衡或擴容。
	02_Output_Current	Table	輸出電流 (Amp)。需對照設備規格，避免無熔絲開關 (Breaker) 跳脫。
	02_Output_Power	Table	輸出功率 (Watt)。實際功耗數據，可用於計算 PUE (Power Usage Effectiveness) 或電費估算。
03 電池健康	03_Est_Min_Remain	Scalar	預估續航時間。此數值由 UPS 內建演算法計算，隨負載變動。是設定自動關機腳本 (Shutdown Script) 的依據。
	03_Est_Charge_Rem	Scalar	剩餘電量 %。充電時應緩慢上升，放電時線性下降。
04 品質監控	04_Input_Freq	Table	輸入頻率。台灣標準為 60Hz。若頻率不

			穩通常代表市電異常或發電機運作不穩。
05 狀態代碼	O5_Battery_Status	Scalar	狀態碼: 2=正常, 3=低電量, 4=耗盡。非連續數值, 適合用階梯圖呈現。
	O5_Output_Source	Scalar	來源碼: 3=市電模式, 5=電池模式, 7=旁路。此數值變化代表 UPS 發生了切換事件。
	O5_Seconds_On_Battery	Scalar	電池供電秒數。可用於統計停電時間長度。

第二章: 底層 XML Resource 部署與架構解析

本章節解決 Cacti 在處理 RFC1628 時最大的痛點: 索引混亂 (**Index Mismatch**)。由於標準中混合了 Scalar (.0) 與 Table (.1) 兩種結構, 單一 XML 無法同時完美解析。若強行合併, 會導致部分數據因索引對應失敗而產生 NaN。因此我們採取「分治法」, 建立兩個獨立的 XML 定義檔。

部署路徑: /usr/share/cacti/site/resource/snmp_queries/

2.1 電池單一值 (Scalar Group .0) XML 定義詳解

此 XML 專門負責抓取結尾為 .0 的 OID。Scalar 本質上沒有索引, 但在 Cacti 的 Data Query 架構下, 我們必須「模擬」一個索引機制。

檔案: cacti_data_query_ups_scalar.xml

核心技術解析:

- **<oid_index>**: 我們選用 1.3.6.1.2.1.33.1.2.1 (Battery Status)。當 Cacti 對此 OID 進行 Walk 時, 會得到 .0 這個後綴。
- **<fields>** 標籤修正: 為了避免 XML 解析器報錯 (W3C 標準規定標籤名稱不能以數字開頭), 所有 <fields> 內的標籤名稱均加上 item_ 前綴, 例如 <item_01_Battery_Voltage>。這是 v5.1 版的重要修正。

2.2 輸入/輸出表格 (Table Group .1) XML 定義詳解

此 XML 專門負責抓取結尾為 .1 的 OID (代表 Phase 1)。若設備支援三相電, 此 XML 架構亦可自

動擴展抓取 Phase 2 (.2) 與 Phase 3 (.3), 展現了 Cacti Data Query 的強大擴充性。

檔案:cacti_data_query_ups_table.xml

核心技術解析:

- `<oid_index>`: 選用 1.3.6.1.2.1.33.1.4.4.1.1 (Output Line Index)。
- `<direction>input</direction>`: 定義 Index 欄位為 input, 代表這是用來建立索引的依據。
- `<direction>output</direction>`: 定義數據欄位為 output, 代表這是我們要採集的數值。

2.3 XML 標籤命名與 Cacti 解析機制

[專家提示] XML 語法陷阱

在早期的 Cacti 版本中, 使用者可能會嘗試使用 `<O1_Input_Voltage>` 這樣的標籤。然而, 標準 XML 解析器 (libxml2) 會視此為非法語法 (Invalid Element Name)。

- 錯誤寫法: `<O1_Input_Voltage>` (以數字開頭)
- 正確寫法: `<item_O1_Input_Voltage>` (以字母開頭)

這個修正雖然微小, 但卻是導致許多使用者在 "Verbose Query" 階段看到 Error parsing XML file 的主因。務必使用 `xmllint` 指令檢查您的 XML 檔案。

驗證 XML 語法指令

```
xmllint --noout /usr/share/cacti/site/resource/snmp_queries/cacti_data_query_ups_table.xml
```

第三章: Presets 與 Data Templates 進階設定

3.1 CDEF 數值轉換原理與 RPN 應用

[技術背景] 為什麼數值會放大 10 倍?

SNMP RFC1628 協議制定於 1990 年代, 為了節省頻寬並相容不支援浮點數 (Floating Point) 的舊系統, 標準建議將小數點數值放大為整數傳輸。例如 110.5V 傳輸為 1105。

Cacti 使用 RRDtool 的 **CDEF (Consolidated Data Entity Function)** 功能來在繪圖時還原數值。CDEF 使用 **RPN (Reverse Polish Notation, 逆波蘭表示法)**。

- 名稱: Divide by 10
- **RPN 公式**: `cdef=CURRENT_DATA_SOURCE,10,/`
 - 邏輯: 推入數據來源 -> 推入 10 -> 執行除法。
- 應用時機: 此 CDEF 將在 **Graph Template** 階段套用, 而非 Data Template 階段。
 - 重要含義: RRD 資料庫中儲存的仍然是原始整數 (1105)。這對於設定「最大值」有決定性的影響。

3.2 Data Templates 定義與最大值陷阱

最大值 (**Maximum Value**) 是導致圖表出現 NaN 的頭號殺手。這是一個非常隱蔽的邏輯陷阱。

[陷阱解析]

假設我們監控輸入電壓, 實際電壓為 110V。

1. SNMP 抓到的原始值 (Raw Value) 是 **1100**。
2. 若我們在 Data Template 中將 Max Value 設為 **200** (因為我們認為電壓不會超過 200V)。
3. Cacti Poller 運作時, 會先比對原始值與 Max Value: $1100 > 200$ 。
4. RRDtool 判定此數據為異常突波 (Spike), 直接丟棄並填入 NaN (Unknown)。
5. 結果: 圖表全空, 即使 SNMP 通訊正常。

[最佳實踐] 設定建議表

我們必須根據「原始值」來設定 Max Value。建議設定寬鬆的上限, 或直接設為 U (無上限)。

Template Name	Internal DS Name	Min	Max (關鍵設定)	Type	備註
01_Battery_Voltage	01_batt_volt	0	5000	GAUGE	預留給高壓電池組 (500.0V)
01_Input_Voltage	01_in_volt	0	600	GAUGE	涵蓋 380V/480V 工業電壓範圍 (實際上應為 6000 但通常 600 已足夠應付單相)
01_Output_Voltage	01_out_volt	0	600	GAUGE	同上
02_Output_Load_Pct	02_load_pct	0	100	GAUGE	百分比不應超過 100
02_Output_Current	02_out_amp	0	100	GAUGE	依設備額定電流調整
02_Output_Power	02_out_watt	0	20000	GAUGE	需大於設備額定功率 (如 3000VA UPS 可能瞬間衝高)
03_Est_Min_Remain	03_min_re m	0	10000	GAUGE	長效機型需設大
03_Est_Ch	03_charge_	0	100	GAUGE	百分比

arge_Rem	rem				
04_Input_Freq	04_in_freq	0	1000	GAUGE	60Hz 原始值為 600
05_Battery_Status	05_batt_status	0	10	GAUGE	狀態碼通常 < 10
05_Output_Source	05_out_src	0	10	GAUGE	同上
05_Seconds_On_Battery	05_sec_on_batt	0	U	GAUGE	時間累計無上限, 建議設 U

[故障修復]

若已經建立了 RRD 檔案且 Max 設定錯誤, 修改 Template 不會自動修正舊檔案。必須使用 rrdtool tune 指令:

```
rrdtool tune /usr/share/cacti/site/rra/[id]/[file].rrd --maximum 01_in_volt:U
```

第四章: Graph Templates 視覺化設計哲學

為了避免 Scalar 與 Table 數據混合造成的介面設定困難, 我們將原本的電壓圖拆分為二。這不僅是技術上的妥協, 更是視覺化邏輯的優化。

4.1 電壓監控圖表 (拆分架構優化)

4.1.1 圖表 A-1: 輸入/輸出電壓 (Table 來源)

- **Name:** UPS - 01 IO Voltage
- 設計理念: 使用線條 (Line1) 呈現市電與輸出電壓的穩定度。兩者數值接近, 適合放在同一張圖比較。
- 維運價值: 觀察 **AVR (自動穩壓)** 的效果。當 Input Voltage (綠線) 波動時, Output Voltage (藍線) 應維持平穩。若兩者同步波動, 代表 AVR 功能可能失效或進入 Bypass 模式。
- **Items:** 01_Input_Voltage (Green), 01_Output_Voltage (Blue)。

4.1.2 圖表 A-2: 電池電壓 (Scalar 來源)

- **Name:** UPS - 01 Battery Voltage
- 設計理念: 使用區域圖 (Area) 呈現。
- 維運價值: 電池電壓在浮充狀態下應非常平穩。若出現鋸齒狀波動, 可能代表充電模組異常。放電時, 紅色區域會急劇下降, 提供視覺警示。
- **Items:** 01_Battery_Voltage (Red Area), 套用 **CDEF: Divide by 10**。

4.2 負載分析與基準線設定

- **Name:** UPS - 02 Output Load Analysis
- 特色功能: 加入 **HRULE: 50** (紅色基準線)。
- 設計理念: 結合區域圖(負載)與線圖(電流/功率)。
- 維運價值: 當黃色負載區域超過紅線時, 維運人員可直觀判斷負載過半。對於 N+1 冗餘架構, 單機負載不應超過 50%, 否則故障切換時可能過載。
- **Items:** Load (Yellow Area), Current (Brown Line2), Power (Black Line1)。

4.3 電池健康度與續航力視覺化

- **Name:** UPS - 03 Battery Health
- **Items:** Charge (Green Area), Runtime (Blue Line2), SecOnBatt (Red Line2)。
- 維運價值:
 - 放電情境: Charge 下降, SecOnBatt 上升。
 - 老化判斷: 若 Charge 為 100%, 但 Runtime 顯著低於新機時的數值, 代表電池蓄電力衰退, 需安排更換。

4.4 輸入頻率品質監控

- **Name:** UPS - 04 Input Frequency
- **Items:** Frequency (Purple Line2), 套用 **CDEF: Divide by 10**。
- 基準線: HRULE: 60 (灰色)。
- 維運價值: 市電通常非常穩定。若頻率偏移, 通常代表 UPS 正在使用發電機供電, 且發電機轉速不穩。這是判斷電力來源的重要輔助指標。

4.5 系統狀態代碼追蹤

- **Name:** UPS - 05 System Status Codes
- **Items:** BatteryStatus (Pink Line2), OutputSource (Blue Line2)。
- 維運價值: 此圖表呈現階梯狀 (Step) 變化。Cacti 的平均值圖表容易抹平瞬間的狀態改變, 但階梯圖能精確記錄 UPS 在 "2026-01-12 14:00:05" 從市電切換到電池的瞬間。

第五章: Data Query 整合與映射設定實戰

此步驟是 Cacti 設定中最複雜的一環, 它負責將 XML 解析出的欄位 (XML Output Field) 與資料庫中的模板 (Data Template) 進行綁定。

關鍵操作原則:

在 Data Query 的 "Associated Graph Templates" 設定頁面中, 只勾選該 Query XML 中實際擁有的欄位。若圖表需要其他 XML 的數據, 請在該欄位留空並取消勾選, Cacti 會在另一個 Query 設定中補齊。

5.1 Scalar Query 映射邏輯 (.0 群組)

此 Query 只能看到 Scalar XML 定義的欄位。

- 適用圖表: UPS - 01 Battery Voltage, UPS - 03 Battery Health, UPS - 05 System Status

Codes。

- 映射欄位範例：
 - item_01_Battery_Voltage -> 勾選並對應至 Data Source 01_batt_volt。
- 防呆機制：若在此處嘗試勾選 01_Input_Voltage (屬於 Table), Cacti 介面可能會顯示錯誤或無 Checkbox, 這是正常的, 請保持未選取狀態。

5.2 Table Query 映射邏輯 (.1 群組)

此 Query 只能看到 Table XML 定義的欄位。

- 適用圖表: UPS - 01 IO Voltage, UPS - 02 Output Load Analysis, UPS - 04 Input Frequency
-
- 映射欄位範例：
 - item_01_Input_Voltage -> 勾選並對應至 Data Source 01_in_volt。

5.3 混合圖表的映射挑戰與解決方案

雖然我們在 v5.1 版中將電壓圖拆分了, 但若未來需要建立混合圖表 (例如將電池電壓與輸入電壓畫在一起), Cacti 也是支援的。

- 原理: 一張 Graph Template 包含多個 Data Source。
- 實作: Cacti 會自動偵測：
 - Data Source A (電池) -> 由 Scalar Query 提供數據。
 - Data Source B (輸入) -> 由 Table Query 提供數據。
 - 使用者只需在各自的 Query 設定頁面中, 勾選自己負責的部分即可。切勿重複勾選, 否則會導致 Poller 對同一個 OID 進行兩次查詢, 浪費效能甚至造成 RRD 鎖定衝突。

第六章: 設備上線與圖表實例化 SOP

完成上述所有模板與定義後, 最後一步是將設備實體化。

6.1 新增設備參數調優

- **SNMP Version:** 務必選擇 Version 2。v1 不支援 64-bit Counter (雖 UPS 較少用到), 且效能較差。
- **SNMP Timeout:** 建議設為 2000ms (2秒)。
 - 原因: UPS 的 SNMP 卡通常運算能力較弱, 且優先級低於電力控制邏輯。在負載高或電力切換瞬間, SNMP 回應會變慢。預設 500ms 容易造成 Timeout 導致圖表斷續 (Gaps)
 -
- **Downed Device Detection:** 選擇 SNMP Uptime。這比 Ping 更準確, 能確保 SNMP 服務本身是活著的。

6.2 掛載查詢與 Verbose Query 除錯

在設備頁面掛載 Scalar 與 Table 兩個查詢後, 務必點擊綠色圓圈 (Verbose Query) 進行驗證。

除錯指南:

1. **Status: Success [x Items, 1 Row]** -> 成功。
 - 注意: Rows 必須大於 0。若 Items > 0 但 Rows = 0, 代表 XML 解析成功但 SNMP 抓不到數據 (OID 錯誤或 Index 問題)。
2. **XML Parse Error** -> 失敗。
 - 檢查 XML 檔案權限 (chmod 644)。
 - 檢查 XML 語法 (xmllint), 特別是 item_ 前綴是否遺漏。
3. **SNMP Error** -> 失敗。
 - 檢查 IP、Community String。
 - 檢查 CLI snmpget 是否通。

6.3 建立圖表的分流操作 SOP

為了避免重複建立 Data Source, 請嚴格遵守分流操作:

1. 點擊 **Create Graphs for this Host**。
2. 在 **Scalar Group** 區塊, 僅勾選: Battery Voltage, Battery Health, System Status。
3. 在 **Table Group** 區塊, 僅勾選: IO Voltage, Output Load, Frequency。
4. 切勿重複勾選: Cacti 介面可能會在兩邊都顯示所有圖表選項。請依照圖表的數據來源歸屬, 擇一勾選。

6.4 樹狀圖管理與最終驗收清單

將設備加入 Graph Tree 後, 等待 2-3 個 Polling 週期 (約 10-15 分鐘), 進行最終驗收。

NaN 問題終極排查清單:

若圖表出現 NaN, 請依序檢查:

1. **SNMP 層**: CLI snmpget 有值嗎?
2. **Poller 層**: Cacti Log 有 "System Stats" 嗎? 有 "Timeout" 嗎?
3. **RRD 層 (最常見)**:
 - 使用 rrdtool info [file.rrd] 檢查 ds[name].max。
 - 若 Max 值 < 原始值 (如 100 < 1100), 請用 rrdtool tune 修正。
4. **權限層**: /rra/ 目錄下的 .rrd 檔案擁有者是否為 poller user (如 cactiuser)?

驗收標準:

- 電壓顯示為 110V/220V (CDEF 生效)。
- 頻率顯示為 60Hz。
- 12 個監控指標均有對應的圖表呈現, 且線條連續無斷點。

文件結束