



(21) 申請案號：105110735

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 04 月 06 日

(51) Int. Cl. : *G06F11/00 (2006.01)*  
*G06N99/00 (2010.01)**G06N5/04 (2006.01)*

(30) 優先權：2015/04/09 德國

10 2015 105 396.9

(71) 申請人：中心微電子德累斯頓股份公司 (德國) ZENTRUM MIKROELEKTRONIK DRESDEN  
AG (DE)

德國

(72) 發明人：凱利 安東尼 KELLY, ANTHONY (IE)

(74) 代理人：蔡清福

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：4 共 16 頁

(54) 名稱

電子系統及用於估算及預測該電子系統故障之方法

ELECTRONIC SYSTEM AND METHOD FOR ESTIMATING AND PREDICTING A FAILURE OF  
THAT ELECTRONIC SYSTEM

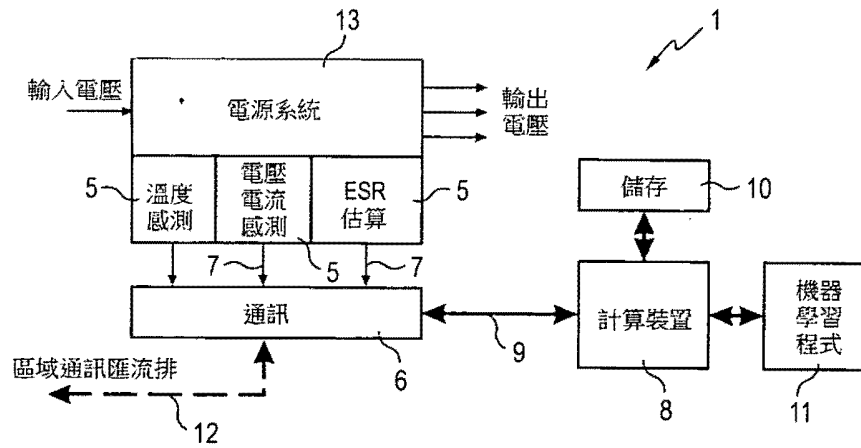
(57) 摘要

本揭露內容與一種包括元件的電子系統，及包括限制電子系統可靠性的裝置之元件以及用於估算以及預測那個電子系統的故障的方法有關。本發明實現可監控影響電子系統的參數(例如電源供應器可靠性，例如溫度)，以及可預測電源供應器故障的參數(例如大容量電容器 ESR)的系統的工作將由測量以及監控連接至它的至少一個裝置的至少一可靠性限制參數的監控系統來解決。具有監控系統的電子系統是藉由包括下述步驟的方法來使用：藉由感測器來測量影響或關聯於裝置可靠性的參數，藉由通訊單元來收集所測量感測器數據及/或其他數據，將數據傳遞至處理以及預測裝置故障並對故障發出警示的計算裝置。

The present disclosure relates to an electronic system comprising elements and the elements comprising devices that limit the reliability of the electronic system and a method for estimating and predicting a failure of that electronic system. The task of the invention to realize a system that can monitor the parameters that affect electronic system, e.g. a power supply reliability such as temperature, and parameters that can predict power supply failure such as bulk capacitor ESR will be solved by a monitoring system measuring and monitoring at least one reliability limiting parameter of at least one of the devices connected to it. The electronic system with the monitoring system is used by a method comprising following steps: measuring parameters affecting or associating the reliability of the device by sensors, collecting the measured sensor data and/or other data by a communications unit, communicating the data to a computing device for processing and predicting a failure of the device and alerting to the failure.

指定代表圖：

第2圖



符號簡單說明：

- 1 . . . 監控系統
- 5 . . . 感測器
- 6 . . . 通訊單元
- 7 . . . 感測器以及通訊單元之間的連接
- 8 . . . 計算單元
- 10 . . . 儲存裝置
- 11 . . . 機器學習程式
- 12 . . . 通訊匯流排
- 13 . . . 電源供應器
- ESR . . . 等效串聯電阻

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 電子系統及用於估算及預測該電子系統故障之方法

【英文發明名稱】 Electronic System And Method For Estimating And Predicting  
A Failure Of That Electronic System

### 【技術領域】

【0001】 本揭露內容與包括元件的電子系統及該等元件有關，且元件包括限制電子系統可靠性的裝置。

【0002】 本揭露內容也與用於估算以及預測那個電子系統的故障的方法有關。

### 【先前技術】

【0003】 預期許多電子系統連續操作並容忍子系統以及裝置的故障。例如，在大規模電腦系統中的裝置故障率意指，每幾小時預期一些類型的錯誤，然而，系統仍維持操作。數個因素促成了系統的可靠性，包括預防性維護以及重複(redundancy)。

【0004】 在電源供應器中，最常見的故障點是大容量電容器，其具有數千小時的等級的壽命，且因為可靠性問題已為許多高型終產物召回的原因。然而，儘管由不可靠電源供應器電容器造成的問題，與可靠設計技術有關的成本仍為在高端系統之外的任何東西中採用它們的障礙。

【0005】 如第1圖中所示例，電源供應器典型地包括功率鏈，其包括AC-DC轉換、功率因數校正、匯流排轉換以及負載調節點。

【0006】 典型地，系統設計師藉由使用例如重複、降低額定、使用較可靠的組件、熱管理，等等來確保可靠性。然而與這些技術相關的成本代表電源供應器可靠性是昂貴的。

【0007】 重複牽涉了複製功率系統的方面，以至於額外的單元可接管故障裝置或單元的功能。除了提供多餘單元的高成本之外，此方法也需要故障在使用者被警示之前發生。

【0008】 降低額定牽涉了使用在遠低於它們的額定規格等級的組件或裝置，其常牽涉比在其他方面所需更昂貴且更大的組件或裝置。由於組件或裝置的壽命每降10度的操作溫度典型地會加倍，降低額定常牽涉了昂貴的額外冷卻。

【0009】 藉由使用大眾化的PMBUS標準（功率管理匯流排標準），電源供應器遙測數據常是可得。雖然這已被採納用於監控以及控制，其在電源供應器可靠性中具有受限的角色，且不具有用以與遠端電腦系統通訊的必要指令或協定的特徵。

【0010】 在電源供應器中，最常見的故障點是大容量電容器。電解電容器的可靠性顯著地受到液體電解質降解的影響，尤其是在升高的溫度下。鉭電容器是替代方案，但它們需要電壓降低額定高達50%，以預防潛在的火災危害。聚合物電容器較昂貴，但解決了許多與電解以及鉭類型可靠性有關疑慮。然而，只有2000小時的保證壽命是典型的，且在高漣波電流下的顯著降解可能會影響電源供應器的性能以及可靠性。

【0011】 因此所需的是可監控影響電源供應器可靠性的參數（例如溫度）以及可預測電源供應器故障的參數（例如大容量電容器ESR（等效串聯電阻））的系統。

**【發明內容】**

**【0012】** 所揭露的本發明描述了一種電子系統，其中至少一個裝置連接至測量以及監控至少一可靠性限制參數的監控系統。電子系統包括元件，且元件包括限制電子系統可靠性的裝置，因此，最限制電子系統可靠性的至少那個裝置的功能性是由監控系統監控。

**【0013】** 在所揭露的本發明中，電子系統可為包括元件的電源供應器，元件像是AC-DC轉換器、功率因數校正、匯流排轉換器以及負載調節點，且要被監控的裝置是這些元件其中之一的至少一裝置。

**【0014】** 監控系統包括功能單元，例如用於測量裝置參數的感測器、與感測器通訊的通訊單元、連接至通訊單元的計算單元以及與計算單元相關聯的儲存裝置。此系統可監控影響電源供應器可靠性的參數(例如溫度)，以及可預測電源供應器故障的參數，例如大容量電容器ESR。因此，不同的感測器用以測量相關的參數。那些參數被報告至與計算單元連接的通訊單元，而計算單元可被整合至電腦系統中。通訊單元可隨選地預處理參數，以將它們轉換成更適合的形式，或可進行其他適合的處理。計算單元運行機器學習程式，以預測電源供應器的裝置的故障以及壽命。藉由警示維護者即將發生的故障，這樣的系統會具有預防性維護的優勢。容易故障的瑕疵產品批次的識別是另一個可能的優勢。藉由運行機器學習演算法，系統可基於所測量的數據來更新其故障機率以及模型，並隨之以所學習的可靠性數據以及參數來更新電源供應器。

**【0015】** 隨選地，通訊單元藉由區域通訊匯流排連接至本地嵌入本機，而所嵌入的本機位在監控系統所在的設施內。因此，通訊狀態包括可靠性，且狀態被傳遞至例如可配置電源供應器的微控制器。

【0016】此外，計算單元以及其相關的儲存裝置位在設施中，其中要被測量的裝置在意義上位在電源供應器附近，因為該裝置是電子系統的部分元件，即電源供應器。或在另一個實施例中，計算單元以及其相關的儲存裝置位在設施外，其中要被測量的裝置即位在不同的設施中，例如遠端數據中心。因此在雲端計算基礎的實施例中使用計算單元是特別有利的。也有利的是，監控系統在雲端計算裝置上與其他電源供應器以及建立參數數據庫的這些其他電源供應器的感測器連接。這樣的雲端基礎的實施例將允許機器學習系統與許多電源供應器通訊，這具有從多個感測器以及電源供應器學習的好處。此外，這樣的實施例具有對抗數據中心故障或數據遺失的重複好處。

【0017】為了使監控系統的性能個別地適應於目前的情況，計算單元是ASIC或FPGA。訊號是從ASIC或FPGA輸出，以對使用者警示即將發生的故障，或提供故障時間的指示或諸如此類。

【0018】計算單元可被配置用以將即將發生的故障傳遞至電源供應器以警示使用者。隨選的本地微控制器可執行警示功能。為了發出計算單元已計算或將預測即將發生的故障以及電源供應器的有限壽命的訊號，計算單元連接至指示功能裝置，例如發光二極體或狀態暫存器。

【0019】有利地，監控系統被併入於包括功率控制器、感測器、估計器、觀測器以及通訊以及處理邏輯之全部的電子功率控制IC或功率管理整合電路（PMIC）。結果是非常小巧的結構以及設計類型。

【0020】在IC技術允許的地方，可將監控系統整合在晶片上。系統單晶片（SoC）可能是可行的，其中感測器、處理以及學習演算法被併入於積體電路中。適合地，可整合開關模式功率轉換器的功率控制器、驅動器以及開關。

【0021】所揭露的發明也描述了一種用於估算以及預測電子系統的可靠性限制故障的方法，其包括下述步驟：藉由感測器測量影響或關聯於裝置可靠

性的參數，藉由通訊單元收集所測量的感測器數據及/或其他數據，將數據傳遞至用於處理以及預測裝置故障的計算單元，以及對故障發出警示。適當的感測器測量已知會影響、或可能關聯於電源供應器可靠性的參數。這樣的參數可包括輸出電壓、平均電流、溫度、ESR（等效串聯電阻）以及大容量電容器的電容。系統識別或估算可用以推斷未測量的參數或訊號。這些所測量的感測器數據及/或其他數據是由通訊單元收集，該通訊單元可預處理參數以將它們轉換成更適合的形式，或可進行其他適合的處理，或它將數據直接傳遞至用於處理並預測裝置故障、並改變故障的計算單元。

● **【0022】** 有利地，計算裝置運行用於估算、學習以及預測裝置故障的機器學習程式。該裝置可為電源供應器的大容量電容器，但也為可有用地監控並預測可靠性的功率轉換器的裝置，其包括例如AC-DC轉換器、功率因數校正、DC-DC轉換器、分離以及非分離轉換器類型之類的元件。此外，本發明也可預測故障以及可靠性之外的其他事情。使用類似數據的類似技術可用以藉由監控功率效率以及系統的計算需求來預測何時應打開省電模式。

● **【0023】** 機器學習程式處理所收集以及傳遞的感測器數據及/或其他數據。因此，其使用例如異常偵測、神經網路、K最近鄰法（K-Nearest Neighbour）、線性迴歸、馬可夫鏈蒙地卡羅法、隱藏馬可夫模型、單純貝氏法（Naive Bayes）或決策樹之類的演算法。對於具有本領域具一般技藝的技術人員而言將清楚的是，其他機器學習演算法可為有益的。

**【0024】** 計算單元可提供與所監控電源供應器的操作以及可靠性有關的有用的統計以及詳細性能數據給使用者。在雲端基礎的實施例中，這可經由適合設計的網路介面來達成。使用具有機器學習程式的監控系統的優勢是，系統可從許多遠端電源供應器聚集數據，建立參數數據庫，並根據數據學習故障機

率。這樣的系統可使用雲端計算特徵，以通過販售者從許多電源供應器收集充分的數據。

### 【圖式簡單說明】

【0025】 將參照所附圖式，其中：

第1圖 示出了典型的電子功率系統（現有技術）；

第2圖 示出了具創造性系統的概觀；

第3圖 示出了監督式分類演算法；

第4圖 示出了使用本發明的分類範例。

### 【實施方式】

【0026】 為了示例本發明的優勢，如第2圖中所示，考慮了藉由感測器5測量所具有參數的電源供應器13。適當的感測器5測量已知會影響、或可能關聯於電源供應器13的可靠性的參數。這樣的參數可包括輸出電壓、平均電流、溫度、ESR（等效串聯電阻）以及大容量電容器的電容。可使用系統識別或估算來推斷未測量的參數或訊號。

【0027】 通訊單元6將參數傳遞9至計算單元8，並可隨選地預處理參數，以將它們轉換成更適合的形式，或可進行其他適合的處理。隨選地，區域通訊匯流排12可關聯於通訊區塊6，並將包括可靠性的通訊狀態傳遞至本地嵌入本機，例如也可配置電源供應器13的微控制器。

【0028】 計算單元8及其有關的儲存10以及程式碼11可位在要測量的裝置所在的設施內，例如在電源供應器13附近，或在要測量的裝置所在的設施之外，即在不同的設施中。例如，在雲端計算基礎的實施例中，計算單元8會適合

位在遠端數據中心中。這樣的雲端基礎實施例會允許監控以及機器學習系統與許多電源供應器通訊，這具有從多個感測器以及電源供應器學習的好處。此外，這樣的實施例具有對抗數據中心故障或數據遺失的重複好處。

【0029】計算單元8可運行機器學習程式11，其目的是藉由處理所傳遞的感測器數據7及/或例如使用者輸入數據之類的其他可得數據來估算以及預測電源供應器13的故障。計算單元8可被配置用以將即將發生的故障傳達至電源供應器13以警示使用者。隨選的本地微控制器可執行警示功能。

【0030】計算單元8可提供與所監控電源供應器13的操作以及可靠性有關的有用的統計以及詳細性能數據給使用者。在雲端基礎的實施例中，這可經由合適地設計的網路介面來達成。

【0031】在另一個實施例中，機器學習演算法11可在ASIC或FPGA上執行，由此從ASIC或FPGA輸出訊號，以警示使用者即將發生的故障，或提供故障時間的指示或諸如此類。

【0032】監控以及機器學習系統1可執行演算法11，例如異常偵測、神經網路或K最近鄰法，以基於所接收的數據來預測電源供應器故障的機率。對於本領域具一般技藝的技術人員而言將清楚的是，其他機器學習演算法，例如線性迴歸、馬可夫鏈蒙地卡羅法、隱藏馬可夫模型、單純貝氏法、決策樹以及諸如此類，也可是有益的。

【0033】考慮了貝氏推論演算法接收了來自電源供應器（或多個供應器）的數據的實施例。假設了數據D以及併入參數並代表各種情境的各種模型M1、M2，例如1）接近故障的電源供應器以及2）完全沒有故障的電源供應器13，電源供應器13的即將發生的故障可根據貝氏規則藉由執行演算法11來決定，以選擇對數據最適當的模型（接近故障或完全沒有故障）：

$$p(M_i|D) = \frac{p(D|M_i) \cdot p(M_i)}{p(D)}$$

其中*i*選擇模型， $p(M_i|D)$ 是指出數據應用至模型*i*的機率之事後機率， $p(D|M_i)$ 是假定模型的數據的可能性，且是事前機率。可持續地更新此演算法，以從新數據學習，在每次的重複上事前是由事後編排。可根據它們事後機率的比率來評估競爭模型，以決定哪一個情境是較可能的。將清楚的是，利用聯合機率的計算，藉由演算法清易地符合數個額外的參數以及模型，以建立故障機率。

【0034】考慮了使用例如K最近鄰法（KNN）之類的監督式分類類型演算法的實施例。第3圖描繪了參數空間（為了清楚簡化成兩個參數），其由例如溫度、ESR、操作時數以及諸如此類的參數構成(由 $\theta_1$ 以及 $\theta_2$ 表示)。對於已知離故障大於1000小時的裝置由星號表示訓練數據，且對於離故障少於1000小時的裝置由圓圈表示。在訓練期間，根據最可能的分類，在雜訊以及觀察不確定性以及潛在變數的存在下，例如KNN之類的機器學習演算法的需求最佳化地將參數空間劃分成多個區域(如虛線所代表)。一旦訓練過，KNN演算法需要分類呈現給它的未知分類的數據(如正方形符號所代表)。KNN可隨著數據的正常分類變得隨時間觀察而未知來持續地學習。

【0035】已學習了電源供應器13的可靠性之後，監控系統1可基於那個學習開始行動。例如，像是LED或狀態暫存器的指示器功能可警示使用者或監督系統採取適合的行動。在數據中心中，監督單元可將處理工作從被預測會遭受即將發生的故障的伺服器移開。在另一個範例中，組織可被警示具有異常早期故障的產品批次，且可發佈產品的召回。在另一個範例中，已被警示即將發生的故障之後，供應商可再配置受影響的產品，以避免即將發生的故障或最小化所造成的傷害。

【0036】將此發明的教導併入於數位電源控制IC或功率管理積體電路(PMIC)中可能是有利的，由此功率控制器、感測器、估計器、觀測器以及通訊以及處理邏輯之一些或所有的整合是經濟的。為了配置以及監控包括可靠性狀態的功率控制器的目的，這樣的裝置會有用地併入區域通訊匯流排。在整合有功率控制器可能是不經濟或不相容的地方，可想像出根據此發明的教導的IC或子系統。

【0037】在IC技術允許的地方，系統單晶片(SoC)可能是可行的，其中感測器、處理以及學習演算法被併入於積體電路中。適合地，可整合功率控制器、驅動器以及開關模式功率轉換器的開關。

【0038】可想像到的是，此發明的教導不受限制，且適合用於可靠性可被有用地監控以及預測的所有功率轉換器，包括AC-DC轉換器、功率因數校正、DC-DC轉換器、分離以及非分離轉換器類型。

【0039】末端設備，例如伺服器、數據中心、網路開關以及基礎設施可都得利自此發明的教導。

【0040】此發明也建議了一種根據所揭露教導的學習以及估算裝置以及系統可靠性的方法。

【0041】此外，本發明可預測故障以及可靠性之外的其他事情。藉由監控功率效率以及系統的計算需求，使用類似數據的類似技術可用以預測何時應打開省電模式。

#### 【符號說明】

【0042】 1：監控系統

2：AC-DC轉換器

- 3：匯流排轉換器
- 4：負載調節點
- 5：感測器
- 6：通訊單元
- 7：感測器以及通訊單元之間的連接
- 8：計算單元
- 9：通訊單元以及計算單元之間的連接
- 10：儲存裝置
- 11：機器學習程式
- 12：通訊匯流排
- 13：電源供應器
- ESR：等效串聯電阻

201702872

專利案號: 105110735



申請日: 105.4.6

IPC分類: G06F 11/00 (2006.01)  
G06N 51/04 (2006.01)

201702872

【發明摘要】

【中文發明名稱】 電子系統及用於估算及預測該電子系統故障之方法 99/00

【英文發明名稱】 Electronic System And Method For Estimating And Predicting  
G06N (2010.01)

A Failure Of That Electronic System

【中文】

本揭露內容與一種包括元件的電子系統，及包括限制電子系統可靠性的裝置之  
● 元件以及用於估算以及預測那個電子系統的故障的方法有關。本發明實現可監  
控影響電子系統的參數(例如電源供應器可靠性，例如溫度)，以及可預測電源供  
應器故障的參數(例如大容量電容器ESR)的系統的工作將由測量以及監控連接  
至它的至少一個裝置的至少一可靠性限制參數的監控系統來解決。具有監控系  
統的電子系統是藉由包括下述步驟的方法來使用：藉由感測器來測量影響或關  
聯於裝置可靠性的參數，藉由通訊單元來收集所測量感測器數據及/或其他數  
據，將數據傳遞至處理以及預測裝置故障並對故障發出警示的計算裝置。

【英文】

The present disclosure relates to an electronic system comprising elements and the  
elements comprising devices that limit the reliability of the electronic system and a  
method for estimating and predicting a failure of that electronic system. The task of the  
invention to realize a system that can monitor the parameters that affect electronic  
system, e.g. a power supply reliability such as temperature, and parameters that can

predict power supply failure such as bulk capacitor ESR will be solved by a monitoring system measuring and monitoring at least one reliability limiting parameter of at least one of the devices connected to it. The electronic system with the monitoring system is used by a method comprising following steps: measuring parameters affecting or associating the reliability of the device by sensors, collecting the measured sensor data and/or other data by a communications unit, communicating the data to a computing device for processing and predicting a failure of the device and alerting to the failure.

【指定代表圖】 第2圖

【代表圖之符號簡單說明】

- 1：監控系統
  - 5：感測器
  - 6：通訊單元
  - 7：感測器以及通訊單元之間的連接
  - 8：計算單元
  - 10：儲存裝置
  - 11：機器學習程式
  - 12：通訊匯流排
  - 13：電源供應器
- ESR：等效串聯電阻

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種包括元件的電子系統，且該等元件包括限制該電子系統的可靠性的裝置，其特徵在於，該等裝置的至少其中之一連接至一監控系統，該監控系統測量並監控至少一可靠性限制參數。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述的電子系統，其特徵在於，該電子系統是一電源供應器，該電源供應器包括如一AC-DC轉換器、一功率因數校正、一匯流排轉換器以及一負載調節點的元件，且要被監控的該裝置是這些元件的其中之一至少一裝置。

【第3項】如申請專利範圍第1項或第2項所述的電子系統，其特徵在於，該監控系統包括用於測量裝置參數的感測器、與該感測器通訊的一通訊單元、連接至該通訊單元的一計算單元以及與該計算單元相關聯的一儲存裝置。

【第4項】如申請專利範圍第1項所述的電子系統，其特徵在於，該通訊單元藉由一區域通訊匯流排連接至一本地嵌入本機，而該嵌入本機位在該監控系統所在的一設施內。

【第5項】如申請專利範圍第1項所述的電子系統，其特徵在於，該計算單元以及其相關的儲存裝置位在要被測量的該裝置所在的一設施內。

【第6項】如申請專利範圍第1項所述的電子系統，其特徵在於，該計算單元以及其相關的儲存裝置位在要被測量的該裝置所在的一設施之外，即在一不同的設施中，例如一遠端數據中心。

【第7項】如前述申請專利範圍其中之一所述的電子系統，其特徵在於，該監控系統通過雲端計算裝置與其他電源供應器連接，且這些其他電源供應器的該等感測器建立參數之一數據庫。

【第8項】如申請專利範圍第3項所述的電子系統，其特徵在於，該計算單元是一ASIC或一FPGA。

【第9項】如申請專利範圍第3項所述的電子系統，其特徵在於，該計算單元連接至指示功能裝置，例如一發光二極體或一狀態暫存器。

【第10項】如前述申請專利範圍任一所述的電子系統，其特徵在於，該監控系統被併入包括該等功率控制器、感測器、估計器、觀測器以及通訊與處理邏輯的全部一數位功率控制IC或一功率管理積體電路（PMIC）中。

【第11項】用於估算以及預測一電子系統的一可靠性限制故障的方法，包括下述步驟：藉由感測器測量影響或關聯於一裝置的該可靠性的參數，藉由一通訊單元收集該所測量的感測器數據及/或其他數據，將該數據傳遞至用於處理以及預測該裝置的一故障並對該故障發出警示的一計算單元。

【第12項】如申請專利範圍第11項所述用於估算以及預測一電子系統的一可靠性限制故障的方法，其特徵在於，該計算單元運行用於估算、學習並預測該裝置的該故障的一機器學習程式。

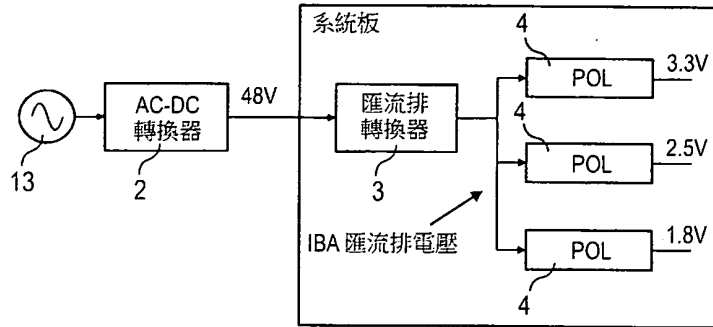
【第13項】如申請專利範圍第12項所述用於估算以及預測一電子系統的一可靠性限制故障的方法，其特徵在於，該機器學習程式處理該所收集以及傳遞的感測器數據及/或其他數據。

【第14項】如申請專利範圍第11項至第13項所述用於估算以及預測一電子系統的一可靠性限制故障的方法，其特徵在於，該機器學習程式使用例如異常偵測、神經網路、K最近鄰法、線性迴歸、馬可夫鏈蒙地卡羅法、隱藏馬可夫模型、單純貝氏法或決策樹的演算法。

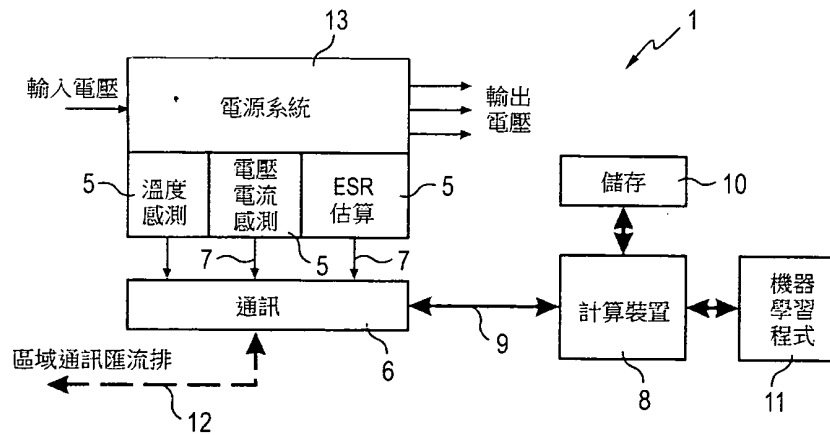
【第15項】如申請專利範圍第11項所述用於估算以及預測一電子系統的一可靠性限制故障的方法，其特徵在於，在一雲端基礎環境中使用的該計算單元是經由一網路介面所配置。

【發明圖式】

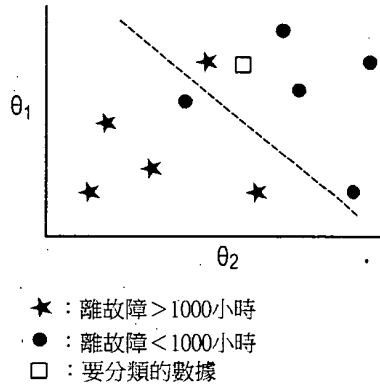
第1圖



第2圖



第3圖



第4圖

