



Embedded Systems Sistemi operativi

Tecnologie per il Power Management

Docente:

William Formaciari

Politecnico di Milano

formacia@elet.polimi.it

www.elet.polimi.it/~formacia



- Introduzione al Power Management (PM)
- ACPI
 - ▶ Obiettivi
 - ▶ Struttura e funzionalità
 - ▶ Specifiche hw e sw
- Tecnologie di PM basate sull'ACPI
 - ▶ Instantly Available PC
 - ▶ SpeedStep
 - ▶ OnNow
- Smart Battery System
- Power Management nei sistemi operativi per sistemi embedded (Windows CE e RTOS)

Introduzione (1)



- Gestione del consumo di potenza
 - ▶ Aspetto sempre più critico per molti sistemi elettronici digitali e non
 - ▶ Implica la valutazione di tradeoff tra velocità del sistema, latenza di risposta, consumo delle batterie/potenza AC, rumore ecc.
- Tendenza recente
 - ▶ Spostamento anche verso il sw del PM
 - 1996 Intel, Microsoft e Toshiba definiscono l'Advanced Configuration and Power Interface (ACPI) per permettere all'OS di comunicare con l'hw
 - Si arriva all'Operating System-directed Power Management (OSPM)

Introduzione (2)



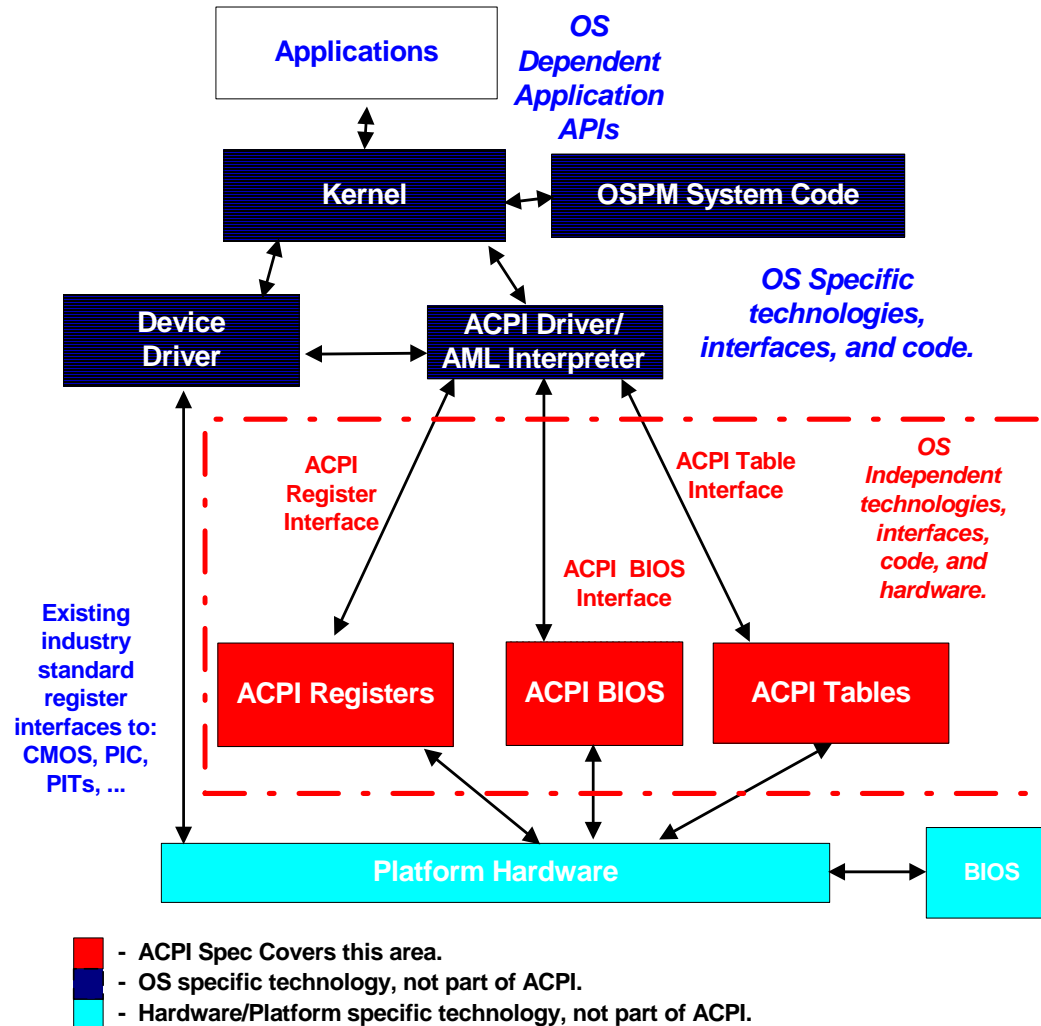
- ACPI
 - ▶ Usato per piattaforme desktop, mobile, server, workstation
 - ▶ Supportato dalle ultime versioni di Windows ('98, ME, 2000, XP) e da Linux
- Altri standard collegati all'ACPI
 - ▶ OnNow (Microsoft)
 - ▶ Instantly Available PC (Intel)
 - ▶ SpeedStep (Intel)
 - ▶ Smart Battery System (Intel e Duracell)
- Nei sistemi operativi per sistemi embedded
 - ▶ Se sufficiente si usa gestione *ad hoc* del PM con APIs
 - ▶ Altrimenti gestione del PM affidata al programmatore

ACPI - Obiettivi



- L'ACPI è l'evoluzione dell'Advanced Power Management (APM)
 - ▶ Era basato sul BIOS
 - ▶ Usava semplici timeout per decidere le transizioni dei dispositivi in stati di low power
 - ▶ L'OS non può conoscere che cosa stia facendo l'APM
- Obiettivi principali di ACPI
 - ▶ Migliorare robustezza e funzionalità del PM
 - Si implementano nell'OS le *politiche* di PM
 - Si standardizzano i *meccanismi* di controllo dell'hw
 - ▶ Rendere appetibile per tutta l'industria (dal punto di vista economico) l'implementazione del PM, riducendo gli investimenti ora concentrati nell'OS

ACPI - Struttura (1)



ACPI - Struttura (2)



- L'ACPI specifica solo l'*interfaccia* tra hw e sw
- Componente principale: ACPI System Description Tables
 - ▶ Fornite dal firmware
 - ▶ Descrivono l'interfaccia con l'hw
 - ▶ Possono contenere pseudocodice scritto in ACPI Machine Language (AML)
 - Interpretato tramite una virtual machine dall'OS
 - Contiene le istruzioni che permettono all'OS di manipolare le funzionalità di PM dell'hw (transizione di stato, interruzione dell'alimentazione ecc.)

ACPI -Stati del sistema (1)



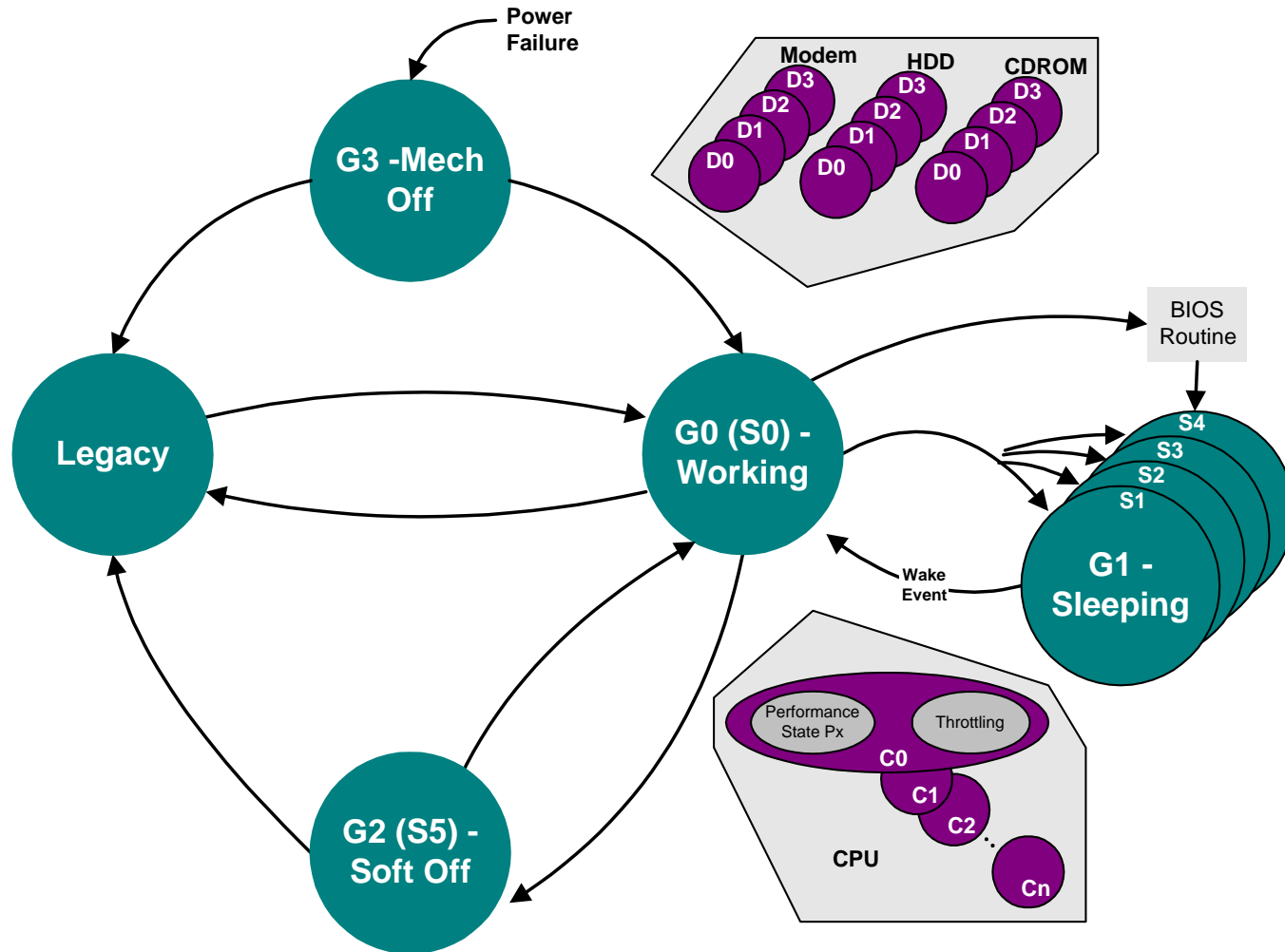
Global system state	Software runs	Latency	Power consumption	OS restart required	Safe to disassemble computer	Exit state electronically
G0 Working	Yes	0	Large	No	No	Yes
G1 Sleeping	No	>0, varies with sleep state	Smaller	No	No	Yes
G2/S5 Soft Off	No	Long	Very near 0	Yes	No	Yes
G3 Mechanical Off	No	Long	RTC battery	Yes	Yes	No

ACPI -Stati del sistema (2)



- All'interno di G1 si distinguono diversi sottostati di sleep (S1-S5) che differiscono per consumo di potenza, latenza di wakeup e ammontare del contesto salvato
- All'interno di G0 si distinguono diversi sottostati che differiscono per il consumo di potenza del solo processore (C0-C3)
- Power States per i singoli devices da D0 (Fully on) a D3 (Off)
- Performance States (P0-Pn) definiti come sottostati di C0 per il processore e di D0 per altri devices, con l'obiettivo di permettere tradeoffs performance/potenza (esempio: diminuire frequenza di clock)

ACPI - Global System Management



ACPI - Performance Management



- Esempi di come possono essere sfruttati i Performance States per vari device
 - ▶ un hard disk oppure un controller per la RAM possono fornire diversi livelli di throughput, a cui ovviamente corrispondono diversi livelli di consumo
 - ▶ un display LCD può fornire diversi livelli di luminosità
 - ▶ un sottosistema audio può fornire diversi livelli di volume o qualità del suono
 - ▶ un dispositivo con interfaccia Bluetooth può variare il suo range operativo da 10 a 100 metri aumentando la potenza di trasmissione da 1 a 100 mW (si tratta in questo caso solamente di una possibile futuro scenario, in quanto ad oggi nè l'ACPI nè Windows supportano Bluetooth)

ACPI - Plug and Play e System Events



- L'ACPI è usato anche per l'enumerazione e la configurazione dei dispositivi del sistema (assegnazione numeri di IRQ ed indirizzi di I/O)
 - ▶ Permette una gestione più robusta del Plug and Play, precedentemente gestito con le specifiche PNPBIOS in modo assai poco affidabile (nickname Plug and Pray...)
- Definisce un unico modello di eventi per il Plug and Play, per il PM e per la gestione della temperatura
 - ▶ Basato su System Control Interrupt (SCI) e registri hw che indicano l'evento accaduto
 - ▶ L'OS risponde all'interrupt lanciando opportuni metodi di controllo

ACPI - Battery Managemet



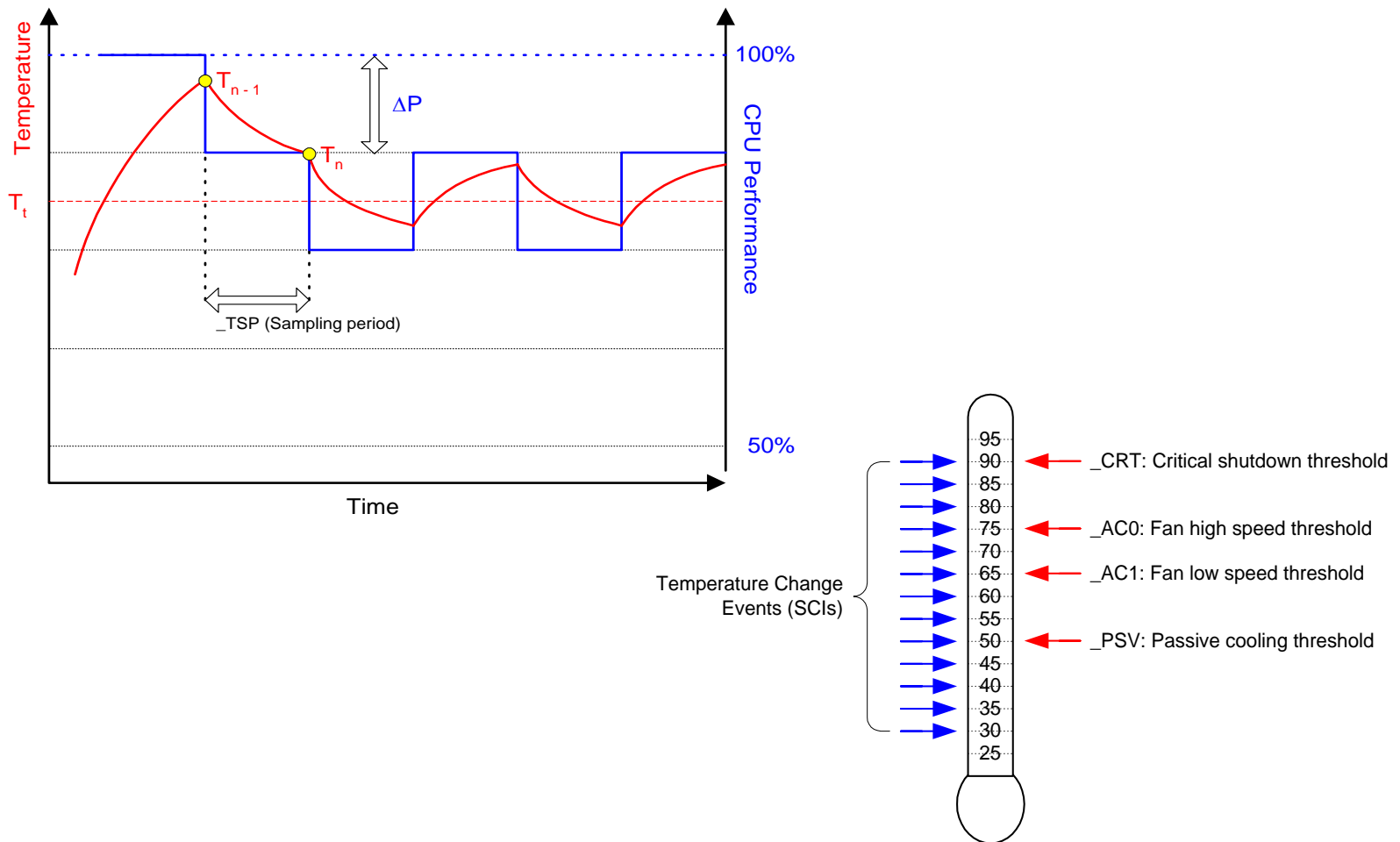
- Con l'ACPI l'OS può effettuare una gestione completa delle batterie del sistema
 - ▶ L'OS ha a disposizione informazioni sullo stato della carica, notifiche di inserimento/rimozione, inizio fase di ricarica ecc.
 - ▶ L'OS può gestire i "Low Battery Levels"
 - Warnings all'utente quando l'energia scende sotto determinati livelli
 - Transizione verso uno stato di sleep prima della scarica completa
 - Procedura di *Emergency Shutdown* per evitare danni al sistema (tipo corruzione di file) nel caso di livelli di carica critici

ACPI - Thermal Management (1)



- Sistema diviso in una o più “Thermal Zones”, per permettere di gestire diverse zone del sistema con diverse politiche
- A fronte di aumenti di temperatura si agisce tramite
 - ▶ Passive cooling: si riduce la temperatura riducendo la performance di un device e quindi il suo consumo
 - ▶ Active cooling: aumenta il consumo di potenza, tipicamente azionando una ventola di raffreddamento
- Sono disponibili equazioni empiriche per determinare la variazione di performance della CPU necessaria per abbassare la temperatura fino ad un certo valore. La loro applicazione da luogo al transitorio mostrato nella prossima slide

ACPI - Thermal Management (2)



ACPI - Specifiche hardware



- Per l'hw ACPI-compatibile sono previsti 2 modelli
 - ▶ Fixed model
 - Specifica la posizione dei registri usati per accedere alle features di PM dell'hardware
 - L'OS accede direttamente a questi registri senza l'overhead dovuto al passaggio attraverso più layer di driver
 - ▶ Generic model
 - Non vi sono limitazioni riguardo la posizione dei registri all'interno dello spazio di indirizzamento del sistema
 - L'OS vi accede tramite chiamate a codice AML fornito dal costruttore per lo specifico hardware
 - Permette agli OEMs di potersi differenziare dalla concorrenza inserendo nell'hw del valore aggiunto

ACPI - Specifiche software (1)

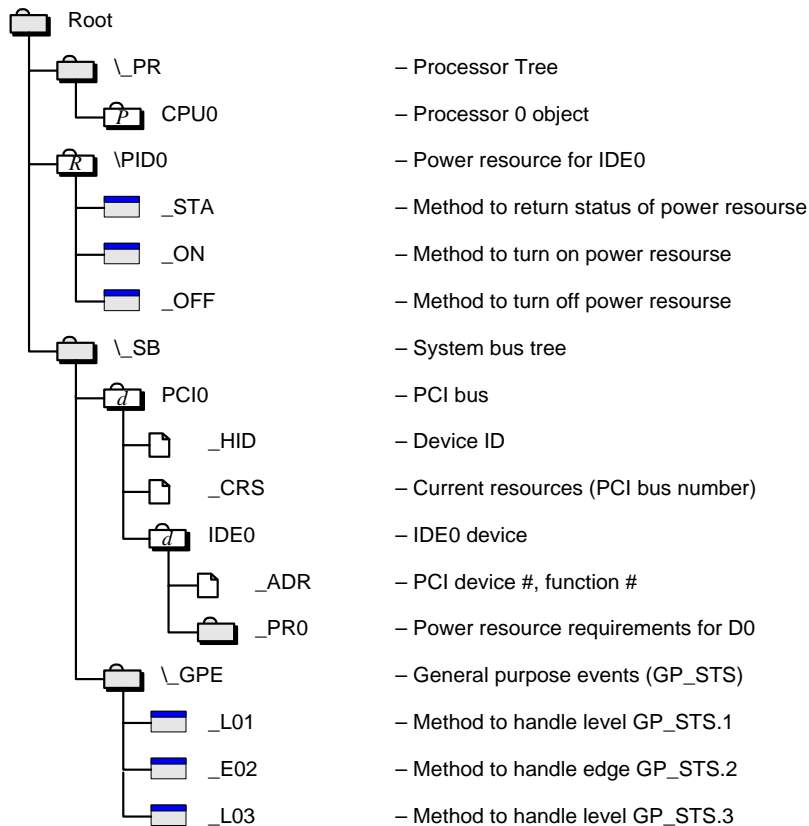


- L'OS riceve le informazioni sulle capacità di PM del sistema dalle System Description Tables
 - ▶ Memorizzate in parte nella memoria del sistema, in parte nell'area dati del BIOS
 - ▶ Implementate con una struttura dati ad albero
- Da queste tabelle l'OS costruisce l'ACPI Namespace
 - ▶ Struttura gerarchica che mantiene i riferimenti agli oggetti dell'architettura ACPI
 - ▶ Vi si possono dinamicamente aggiungere/cancellare oggetti
 - ▶ Supporta l'hot/warm/cold plug/removal ossia l'inserimento e la rimozione di dispositivi mentre il sistema è in stato di working/sleeping/off

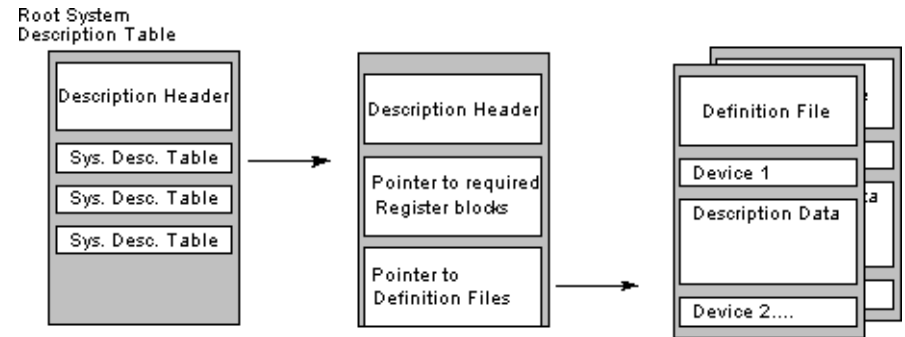
ACPI - Specific software (2)



ACPI Namespace



System Description Tables



Key	
	Package
	Processor Object
	Power Resource Object
	Bus/Device Object
	Data Object
	Control Method (AML code)

Instantly Available PC



- Tecnologia proposta da Intel nel 1997 per risolvere 2 problemi
 - ▶ Rendere il PC più simile ad altri dispositivi di consumer electronic in termini di tempo di accensione (tipicamente dell'ordine di pochi secondi)
 - ▶ Migliorare l'efficienza nell'uso dell'energia senza ripercussioni sulle performance, con l'obiettivo di un consumo massimo di 5 Watt nello stato di sleep
- Soluzioni:
 - ▶ Sfruttare lo stato S3 (Suspend to RAM) delle specifiche ACPI per avere una latenza di resume di 5 secondi
 - ▶ Implementare sulla motherboard un sistema di distribuzione dell'energia ai dispositivi ottimizzato che permetta nello stato S3 un consumo minore di 5W

SpeedStep

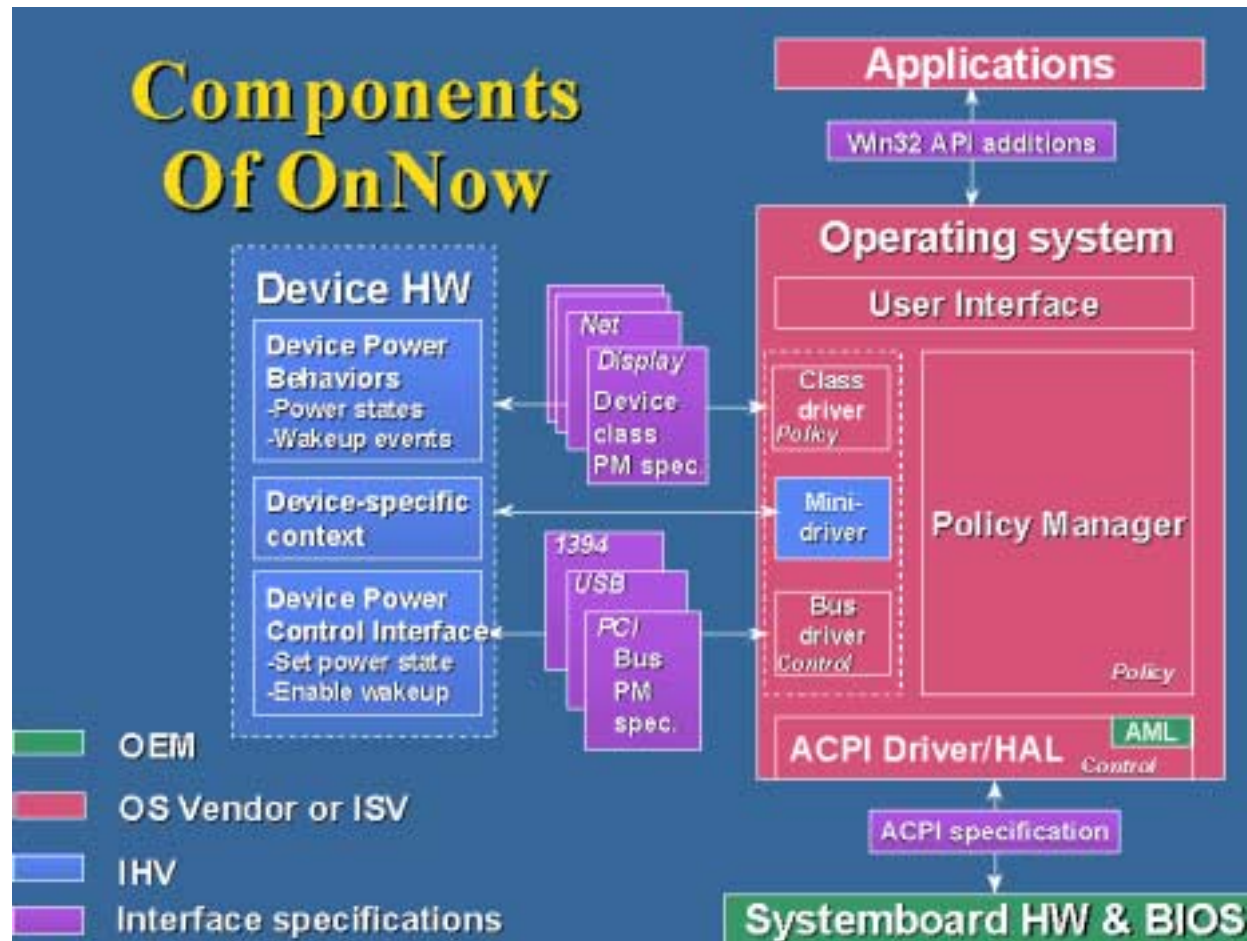


- Tecnologia di Intel implementata in tutti gli ultimi processori per sistemi mobili
- 2 modalità di funzionamento corrispondenti a 2 Performance States dell'ACPI
 - ▶ Modalità normale
 - Massima frequenza di funzionamento
 - Da usare quando il sistema è connesso a rete AC
 - ▶ Battery Optimized Mode
 - Si risparmia potenza abbassando frequenza di funzionamento ed eventualmente anche la tensione
 - Cambiamento di frequenza in funzione delle necessità delle applicazioni in esecuzione
 - Da usare quando il sistema è alimentato da batteria



- Nella visione Microsoft
 - ▶ L'ACPI fornisce all'OS i meccanismi per il Power Management
 - ▶ L'architettura OnNow gestisce le politiche di Power management
- OnNow fornisce un' interfaccia OS/applicazioni
 - ▶ APIs e messaggi con i quali l'OS informa le applicazioni del power state corrente
 - ▶ APIs che permettono alle applicazioni di informare l'OS riguardo le loro necessità di risorse e requisiti di latenza

OnNow (2)



Smart Battery System



- Standard aperto proposto nel 1996 da Intel e Duracell
 - ▶ Definisce un protocollo per la gestione delle batterie dei sistemi portatili
 - ▶ Risolve il problema della scarsa accuratezza delle indicazioni sullo stato di carica della batteria
 - ▶ Non pone nessun limite sulla tecnologia della batteria
 - ▶ Standardizza il comportamento della circuiteria integrata nel package della batteria che fornisce indicazioni sullo stato di carica ad un controller sulla motherboard tramite un opportuno bus
 - ▶ Risultato: l'OS riceve informazioni accurate sullo stato della batteria

Power Management negli OS per sistemi embedded (1)



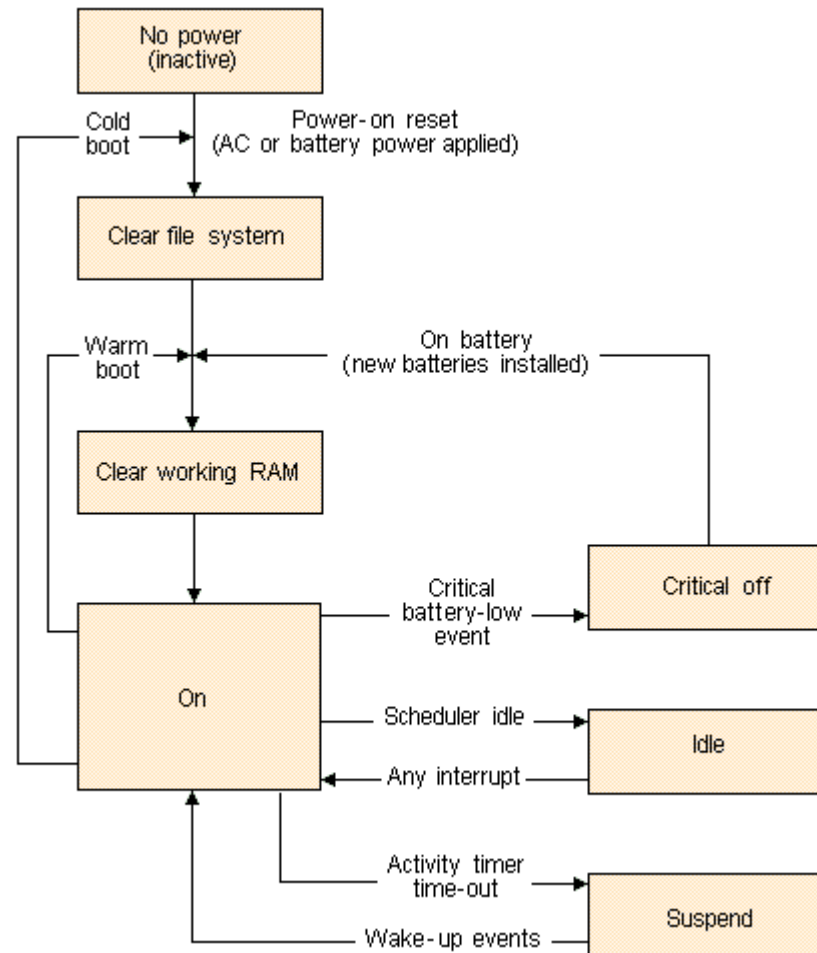
- Secondo Microware, sviluppatrice di un RTOS...
 - ▶ “The role of power management in an operating system is much like that of plumbing in a house; it is pervasive throughout the system. Because plumbing installation is an extensive task, to complete it after a house is built would require more work than completing it before the house is finished. Likewise, if an RTOS does not implement a power management subsystem, much time will be spent trying to modify it into an effective power management system. For this reason, many popular operating systems for mainstream applications are inappropriate for power-sensitive applications”

Power Management negli OS per sistemi embedded (2)

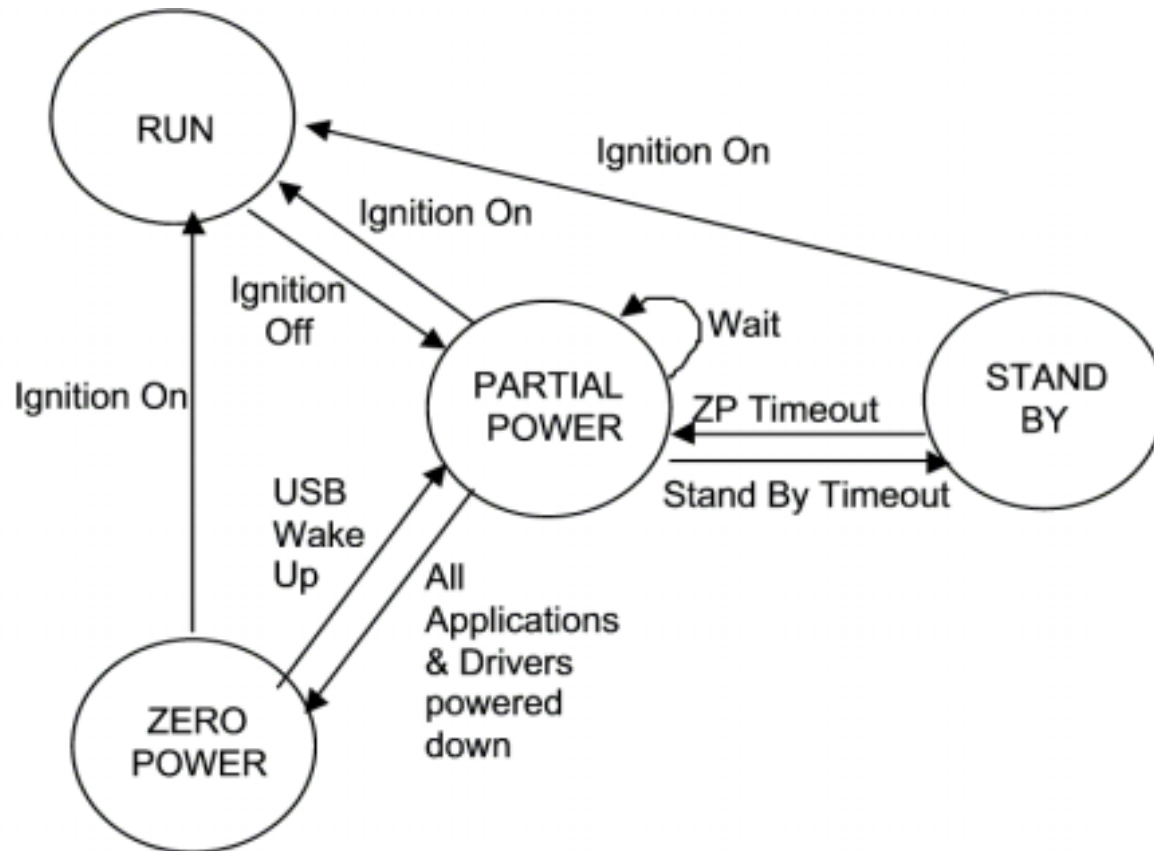


- In effetti molti RTOS non implementano alcun sottosistema di PM!!!
 - ▶ In questo caso implementazione del PM affidata a
 - Programmatore
 - Estensione dell'OS
 - Strato di middleware
- Sistemi operativi con supporto per il PM:
 - ▶ Windows CE
 - ▶ Windows CE for Automotive
 - ▶ OS-9

Windows CE



Windows CE for Automotive (1)



Windows CE for Automotive (2)

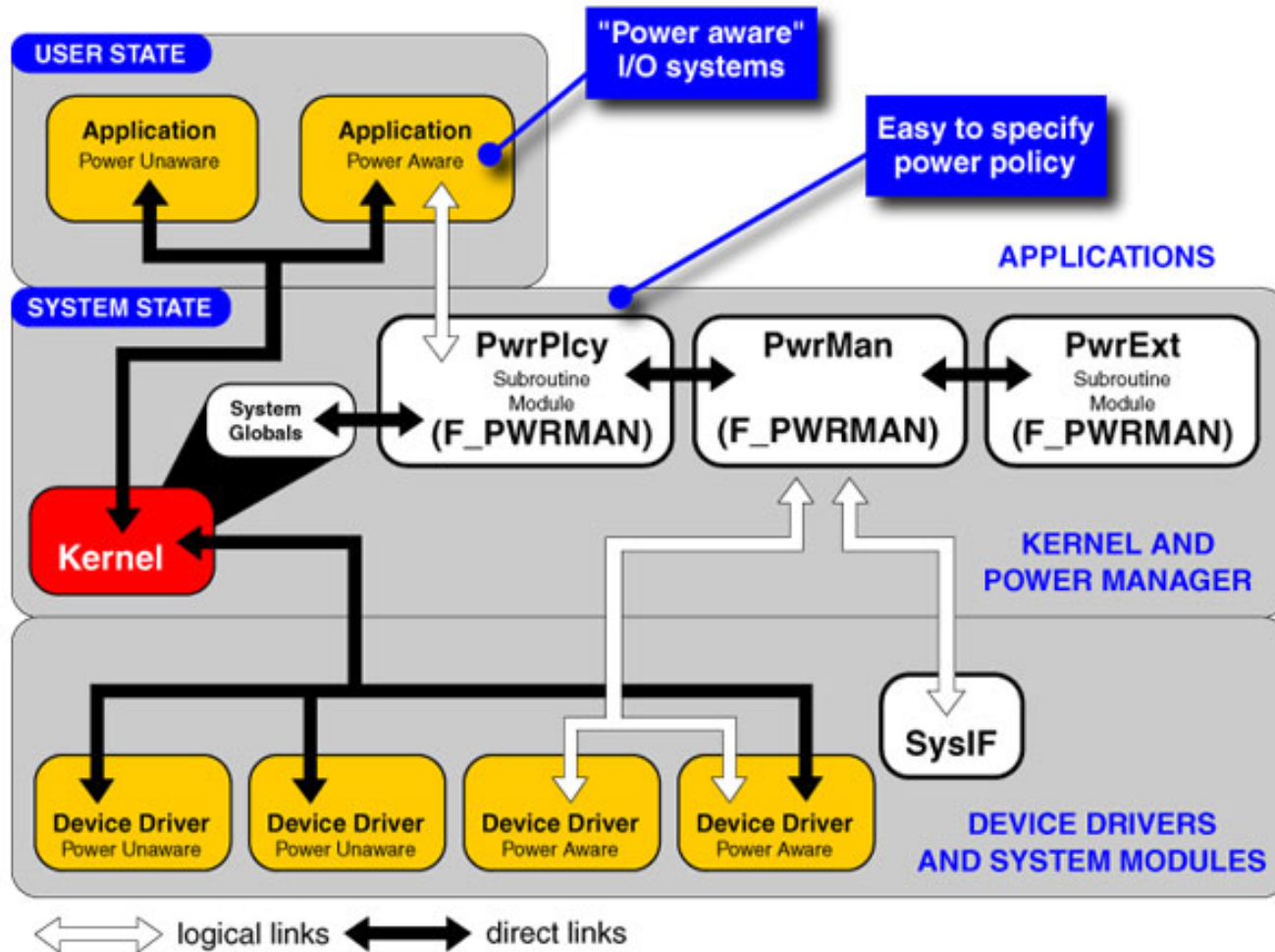


Power State Name	Description
PM_STATE_RUN	Indicates the Run, or Working, state. The Run state indicates that WCEfA is fully powered on and running.
PM_STATE_STANDBY	Indicates the Standby, or Suspend, state. The standby state indicates the WCEfA CPU is powered off but RAM is preserved.
PM_STATE_PP	Indicates the Partial Power state. The partial power state indicates that WCEfA is operating with lower power consumption than the run state. For example, the display and audio can be turned off to conserve energy.
PM_STATE_ZP	Indicates the Zero Power State (ZP). The Zero Power State indicates WCEfA operating at virtually zero power. It is still able to respond to wake-up events such as Page (the event of receiving a pager message) or Ignition On.

Windows CE for Automotive (3)



Sample Event	Description
Ignition On	Goes directly to the run state from the current state.
Ignition Off	Goes to time-out to zero power state (see time-out to zero power state below).
Faceplate attach/detach	Signals the replacement or removal of the front panel faceplate for security reasons.
Main battery detected bad	Signals the failure of the main car battery.
Backup battery detected bad	Signals the failure of the backup car battery.
Peripheral signaling partial power required	Signals a service request sent from a peripheral.
Warm boot	Signals that the user initiated a warm boot of the automotive computing device.
Cold boot	Signals that the user initiated a cold boot of the automotive computing device.
Time-out to zero-power state	Causes the device to suspend to RAM. After an OEM-defined time period, it transitions to the Standby state, then to the Zero Power State.



Riferimenti (1)



- Compaq Computer Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Phoenix Technologies Ltd., Toshiba Corporation "Advanced Configuration and Power Interface Specification" Revision 2.0 July 27, 2000 disponibile su www.acpi.info
- Progetto "ACPI4Linux" disponibile su <http://phobos.fs.tum.de/acpi/>
- Intel Corporation "The Instantly Available Power Managed Desktop PC Design Guide" Revision 1.2 September 25, 1998 disponibile su <http://developer.intel.com/technology/iapc/tech.htm#DesignGuides>

Riferimenti (2)



- Mike Flora, Microsoft Corporation “OnNow Architecture” ACPI Implementation Workshop, October 7, 1997 disponibile su www.acpi.info/present.htm
- “OnNow and Power Management” disponibile su www.microsoft.com/hwdev/onnow/
- Smart Battery System Implementer Forum disponibile su www.sbsforum.org
- Microsoft Developer Network (MSDN) Library disponibile su <http://msdn.microsoft.com/library>
- Microware, “Power Management Software for OS-9® White Paper” disponibile su www.microware.com/Products/Software/powermgmt.html