

Sistema Autónomo de Temperatura

Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones
Especialidad Telemática

TFC – Sistemas Empotrados

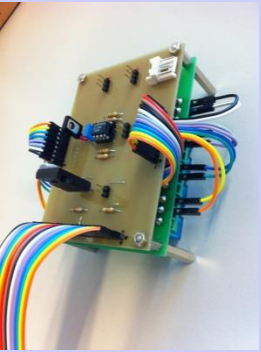
Autor

Mateo Sorroche Montellano

Consultor

Jordi Bécares Ferrés

Sistema Autónomo de Temperatura

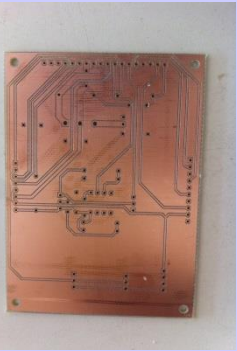


SAT

Índice:

- ✓ Introducción
- ✓ Antecedentes
- ✓ Descripción
 - ✓ Sistema autónomo de temperatura
 - ✓ Aplicaciones PC
 - ✓ Aplicación embebida
- ✓ Viabilidad técnica
- ✓ Valoración económica
- ✓ Conclusiones
- ✓ Agradecimientos
- ✓ Demostración

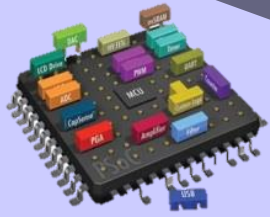
Introducción



SAT

- ✓ El proyecto se desarrolla en el ámbito de los sistemas empotrados (embebidos).
- ✓ Consiste en la definición y creación de un sistema autónomo de temperatura (SAT).
- ✓ Nace de la necesidad de optimizar recursos y costes destinados a la supervisión y control de los sistemas de temperatura.
- ✓ El sistema mantiene de forma autónoma y controlada la temperatura de una planta a un nivel establecido.

Antecedentes



SAT

- ✓ Los sistemas empotrados son sistemas de computación diseñados para realizar pocas funciones de forma dedicada, frecuentemente en tiempo real.
- ✓ En la actualidad el sector esta en creciente auge y en permanentemente en desarrollo.
- ✓ Los entornos de desarrollo facilitan y reducen el tiempo de creación de aplicaciones lo que favorece su difusión.

Antecedentes (I)



SAT

- ✓ Sistemas empotrados:
 - ✓ Potentes, flexibles, versátiles, veloces, económicos
 - ✓ Gran variedad de productos de múltiples fabricantes (Atmel, Microchip, NXP, Texas Instruments, etc.)
- ✓ Sistemas operativos:
 - ✓ Nos centramos en sistemas operativos en tiempo real.
 - ✓ FreeRTOS, VxWorks, RTLinux, QNX, ChorusOS, etc.
- ✓ Protocolos de comunicación:
 - ✓ Incorporan la mayoría de los protocolos actuales
 - ✓ SPI, CAN, I²C, USB, JTAG, Ethernet, etc.

Antecedentes (II)



SAT

- ✓ Estudio de mercado:
 - ✓ Existen multitud de sistemas tecnológicamente maduros para el control de temperatura.
 - ✓ Son sistemas económicos, cerrados y limitados.
 - ✓ Diseños antiguos poco actualizados.
 - ✓ Los sistemas empotrados permiten fácilmente nuevas funcionalidades, a un coste mas reducido.
 - ✓ Va dirigido a múltiples sectores como el industrial, el domestico, el educativo, el agrario, etc.

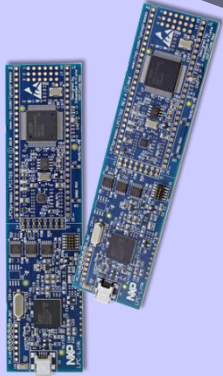
Descripción



SAT

- ✓ El proyecto se centra en el uso de la plataforma LPCXpresso de NXP
- ✓ Hardware:
 - ✓ Tarjeta LPC1769 (Cortex M3 de 32 bits)
 - ✓ Conversor USB-UART CP2102
 - ✓ Sensor digital temperatura DS18B20
- ✓ Software:
 - ✓ IDE LPCXpresso basado en Eclipse
 - ✓ Sistema Operativo en tiempo real FreeRTOS
 - ✓ Stamp Plot Lite
 - ✓ Tera Term

Descripción (I)



SAT

- ✓ Tarjeta LPC1769 Cortex M3 de ARM
 - ✓ 512 KB Flash, 64 KB SRAM, 120 MHz, 4 UART, GPIO
 - ✓ Componente principal del sistema
- ✓ Conversor USB-UART CP2102
 - ✓ 1 Mbps máximo baudrate, buffer 640 bytes
 - ✓ Enlace comunicaciones LPC1769 – PC
- ✓ Sensor temperatura DS18B20
 - ✓ -55 a 125°C, resolución programable de 9 a 12 bits
 - ✓ Bus 1-Wire, código identificación único

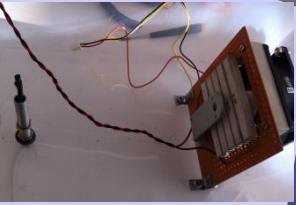
Descripción (II)



SAT

- ✓ IDE LPCXpresso basado en Eclipse
 - ✓ Entorno de desarrollo integrado, con herramientas y aplicaciones avanzadas de depuración
 - ✓ Especifico para microcontroladores NXP
- ✓ Sistema operativo en tiempo real FreeRTOS
 - ✓ Especifico para sistemas embebidos
 - ✓ Multitarea, esquema de prioridades, RAM protegida
 - ✓ Planificador, semáforos, colas, etc.
- ✓ Stamp Plot Lite, programa grafico
- ✓ Tera Term, emulador terminal

Sistema autónomo de temperatura



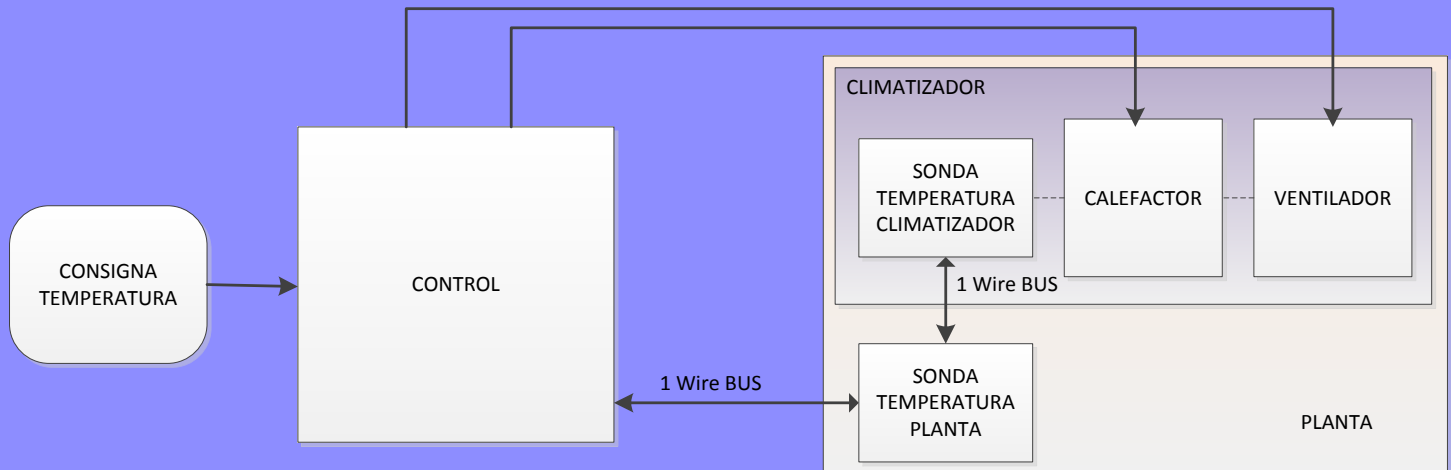
SAT

- ✓ El sistema se compone de dos partes principales:
- ✓ Sistema de control
 - ✓ Corresponde con el sistema embebido y el programa de aplicación que permite realizar el control autónomo de temperatura
- ✓ Planta
 - ✓ Corresponde con la planta a controlar. Incorpora los elementos actuadores (calefactor y ventilador) así como las sondas de temperatura y toda la electrónica necesaria para realizar la maniobra de los elementos.

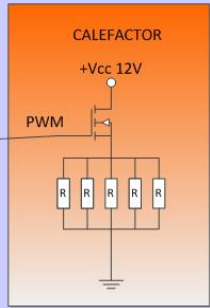
Sistema autónomo de temperatura (I)

SAT

- ✓ El sistema se plantea como una caja negra:
 - ✓ Entradas: consigna de temperatura y valor sondas
 - ✓ Salidas: Control calefactor, control ventilador y maniobra

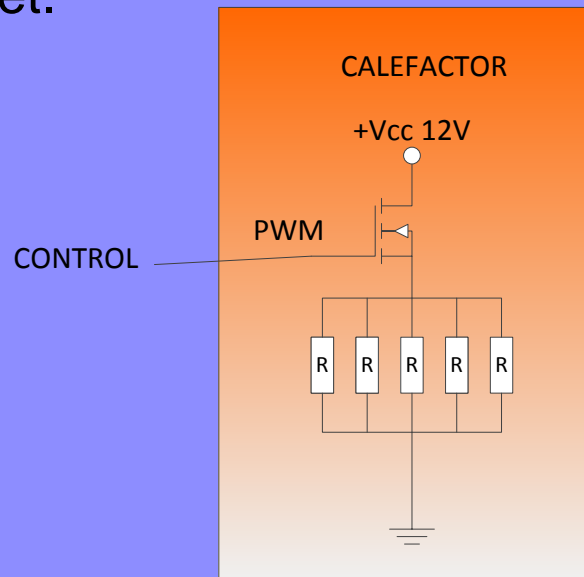


Sistema autónomo de temperatura (II)

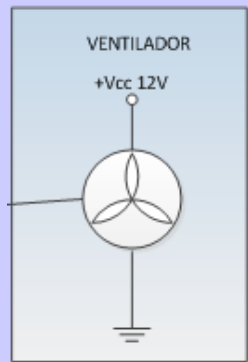


SAT

- ✓ Bloque calefactor:
- ✓ Disponemos de alimentación en continua a 12V sobre un grupo de resistencias cerámicas conectadas en paralelo y reguladas a través de una señal PWM sobre la puerta de un mosfet.

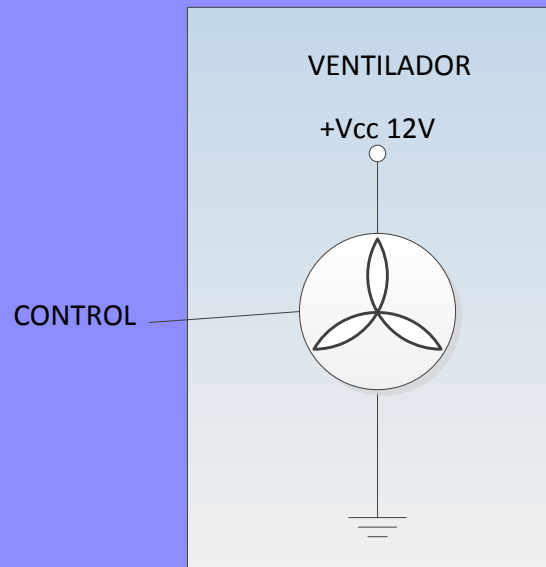


Sistema autónomo de temperatura (III)

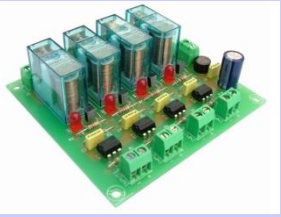


SAT

- ✓ Bloque refrigerador:
- ✓ Disponemos de alimentación en continua a 12V sobre un ventilador y reguladas a través de una señal analógica DAC sobre la puerta de un transistor.

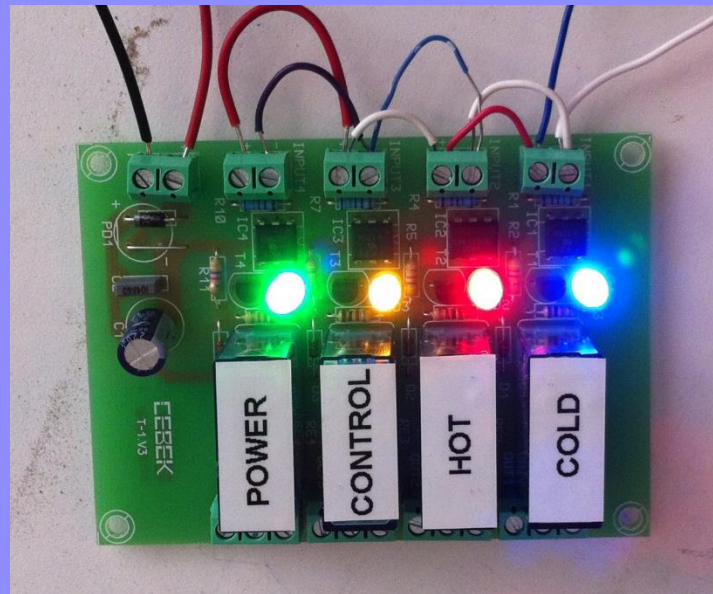


Sistema autónomo de temperatura (IV)



SAT

- ✓ Bloque contactos:
- ✓ Placa CEBEK T1 modificada, sustituyendo los led de estado por led de color específico para las salidas de POWER, CONTROL, HOT y COLD.



Sistema autónomo de temperatura (V)



SAT

- ✓ Bloque PCB:
- ✓ Se ha diseñado y construido una placa PCB donde se distribuyen los circuito electrónicos de control, las alimentaciones e interconexiones de los elementos.



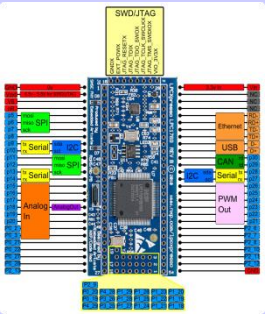
Sistema autónomo de temperatura (VI)

SAT

- ✓ Planta:
- ✓ Se ha montado unidos el bloque ventilador y calefactor junto a una sonda de temperatura en la planta.
- ✓ En el extremo opuesto la otra sonda de temperatura.

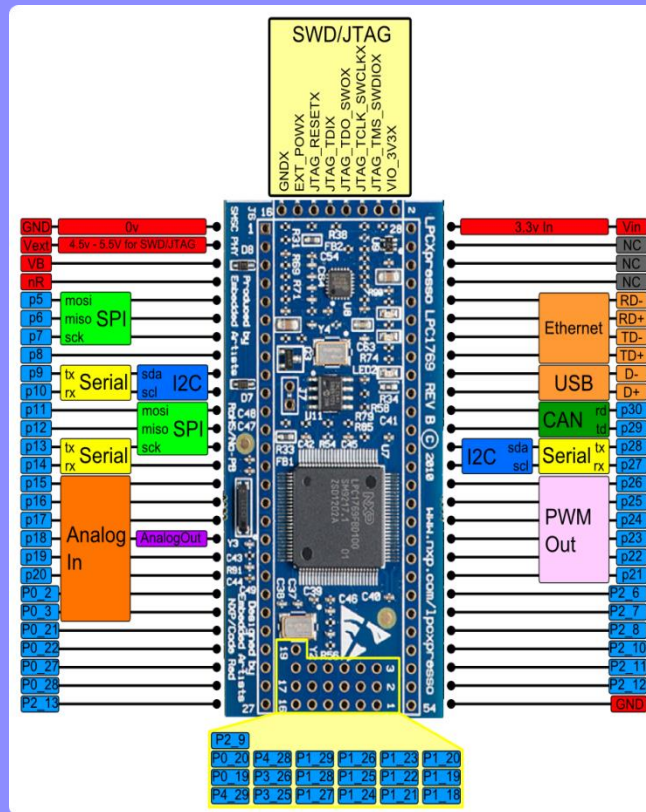


Sistema autónomo de temperatura (VII)



✓ Conexión LPC1769:

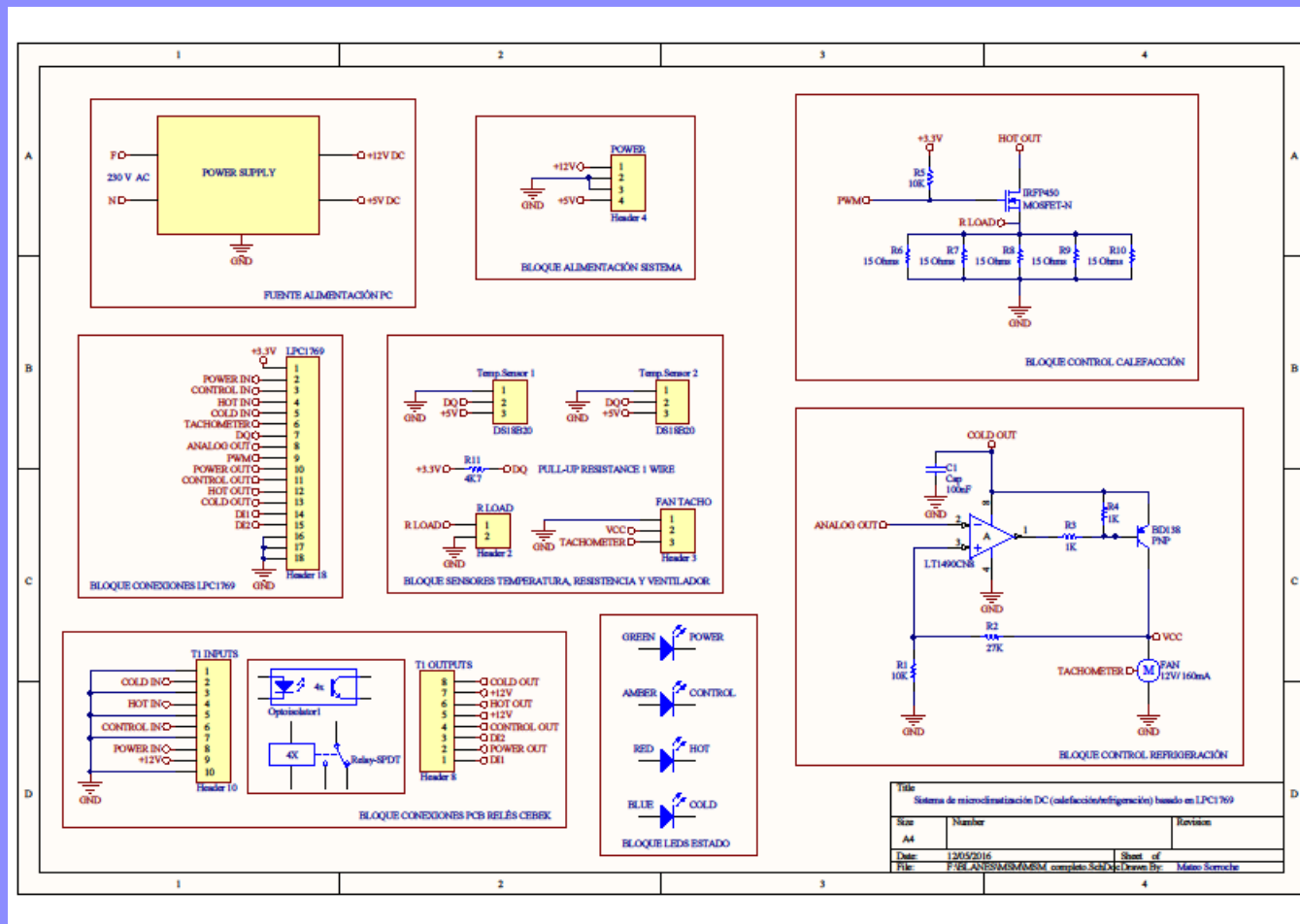
SAT



UART0	TX	P0.2	J6	21
UART0	RX	P0.3	J6	22
UART1	TX	P0.15	J6	13
UART1	RX	P0.16	J6	14
UART2	TX	P0.10	J6	40
UART2	RX	P0.11	J6	41
UART3	TX	P0.0	J6	9
UART3	RX	P0.1	J6	10
DAC		P0.26	J6	18
1WIRE		P0.21	J6	23
PWM1		P2.0	J6	42
POWER		P0.22	J6	24
CONTROL		P2.11	J6	52
HOT		P2.12	J6	53
COLD		P2.13	J6	27

Sistema autónomo de temperatura (VIII)

✓ Esquema de conexiones:

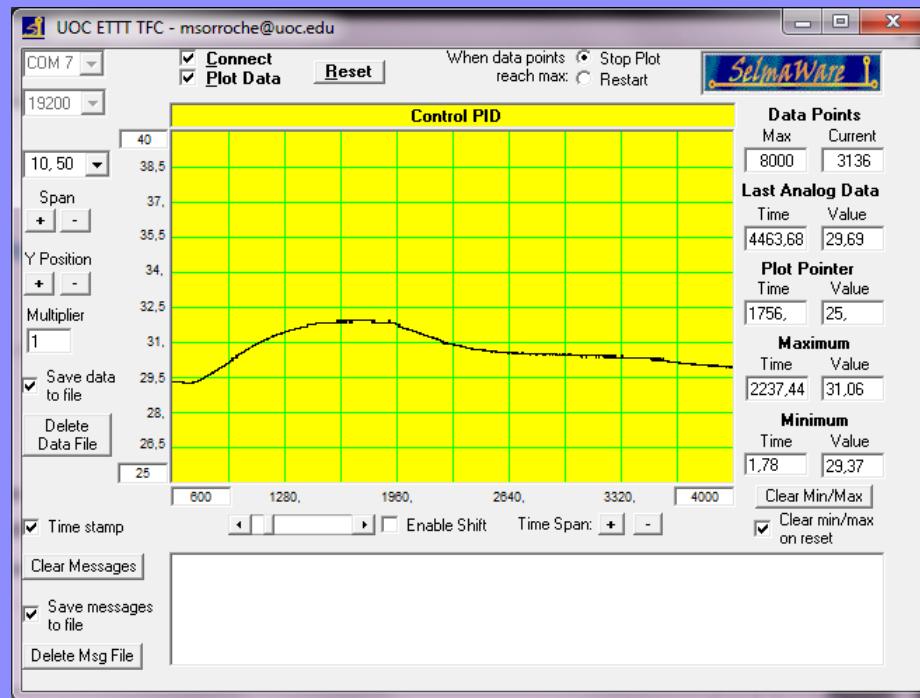
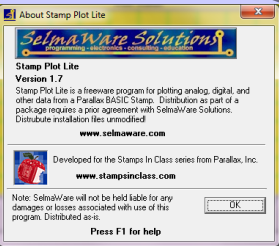


SAT

Aplicaciones PC

- ✓ Stamp Plot Lite v1.7, programa freeware configurado como registrados de datos, que visualiza y grafía los datos de temperatura enviados por la aplicación embebida.

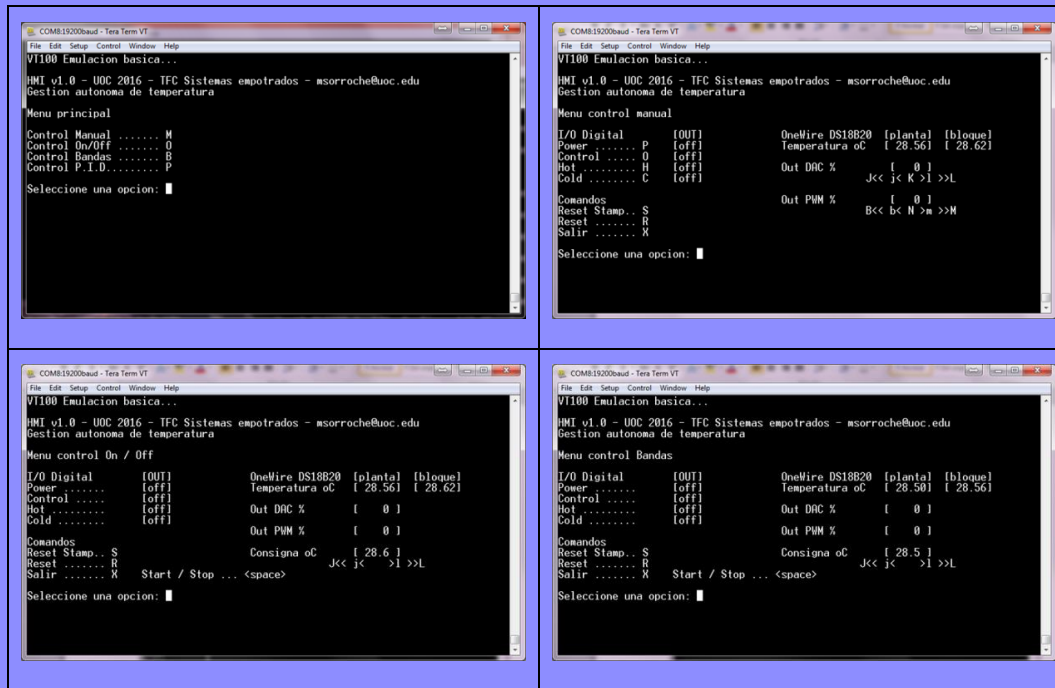
SAT



Aplicaciones PC (I)

- ✓ Tera Term v4.86, emulador de terminal VT100 que nos permite de forma fácil y cómoda generar una interficie de usuario HMI, o un registrador de eventos (log).

SAT



Aplicación embebida

SAT

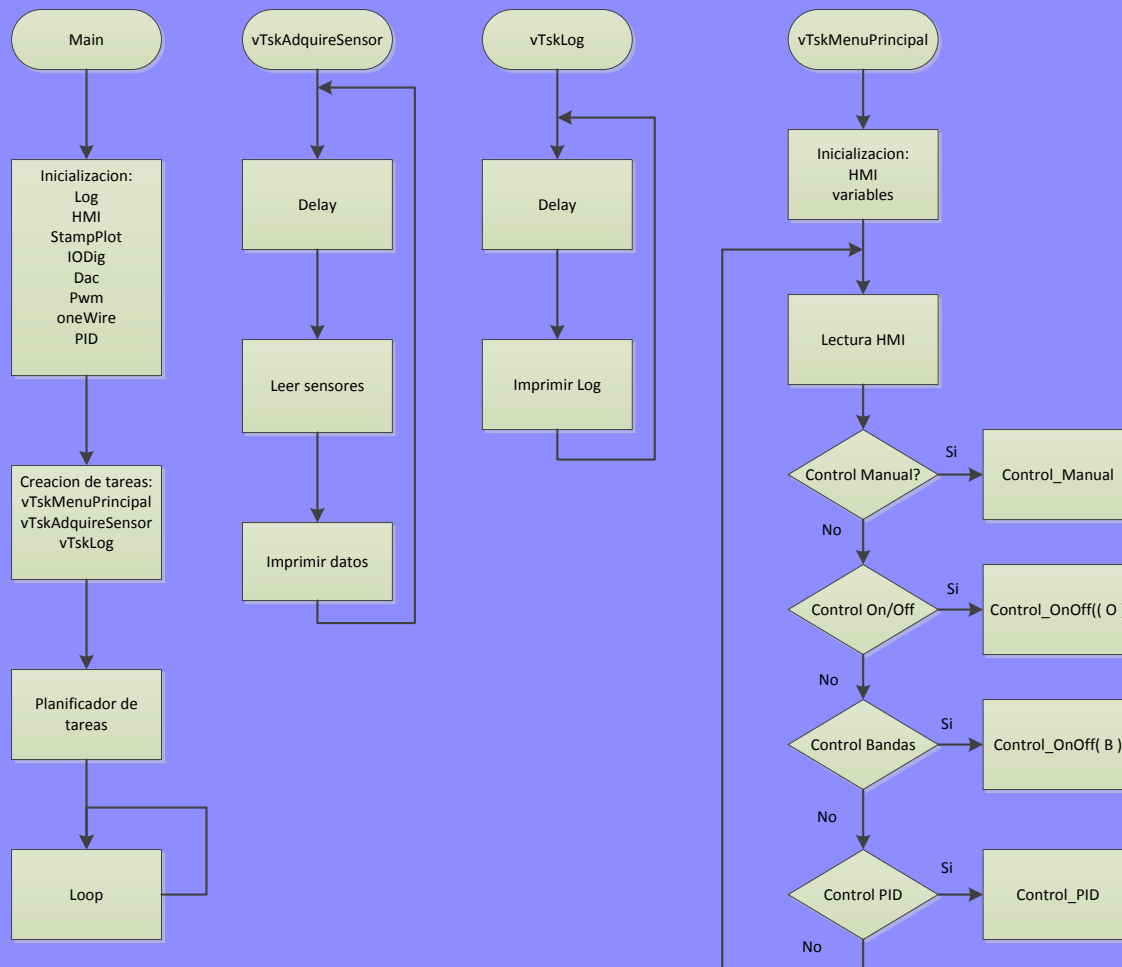


- ✓ La aplicación de control esta escrita en lenguaje C y basada en FreeRTOS y CMSISv2p00
- ✓ Consta del programa principal y 3 tareas:
 - ✓ El programa principal main inicializa los subsistemas y lanza las 3 tareas, quedando en bucle.
 - ✓ La tarea vTskAcquireSensor adquiere datos de temperatura de forma periódica.
 - ✓ La tarea vTskLog muestra en la interface HMI los mensajes log del sistema.
 - ✓ La tarea vTskMenuPrincipal inicializa interfaces HMI y queda a la espera de instrucciones.

Aplicación embebida (I)

✓ Diagrama de bloques de la aplicación.

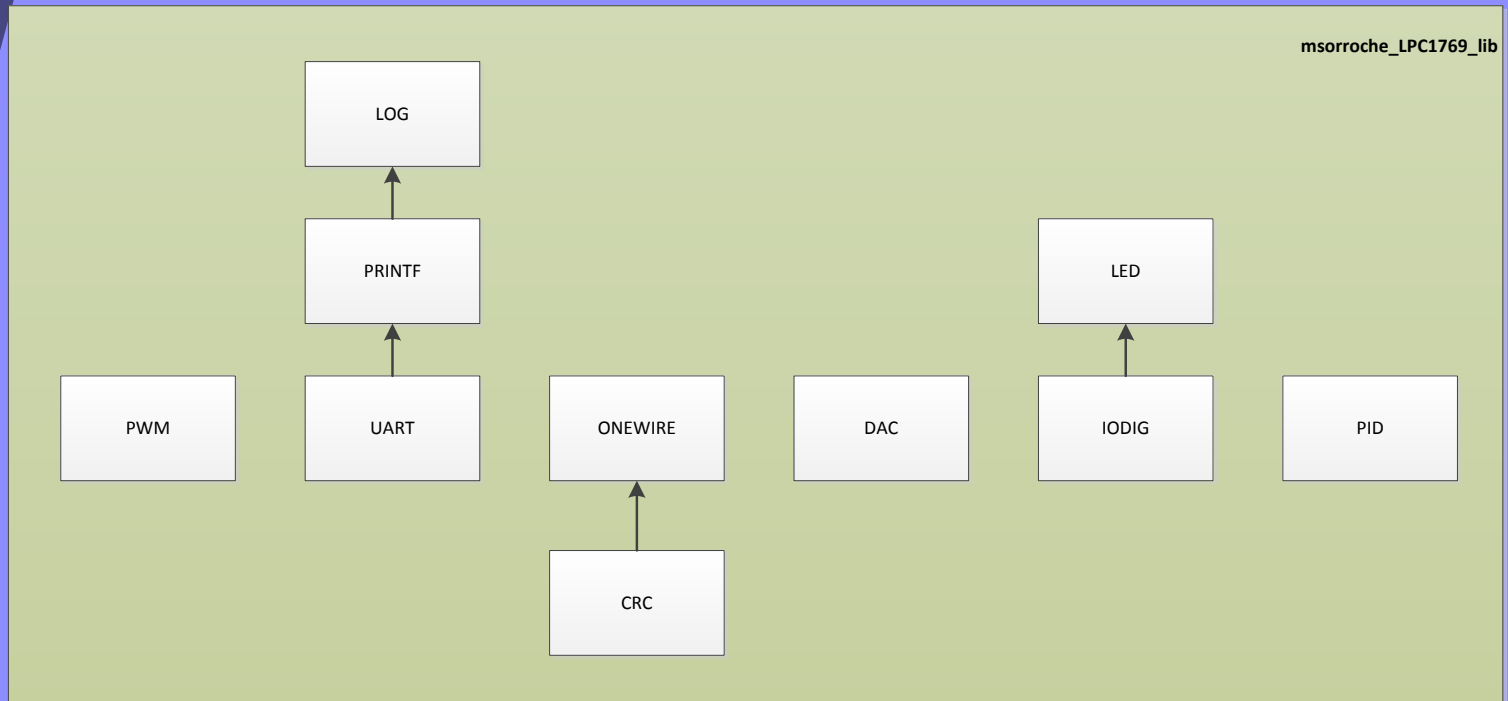
SAT



Aplicación embebida (II)

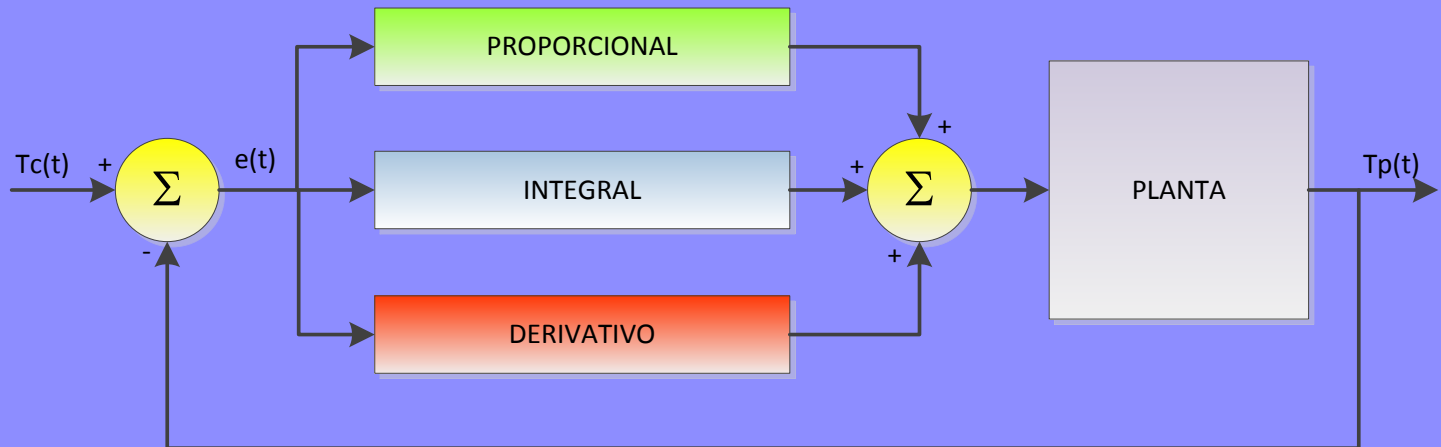
- ✓ Diagrama de módulos de sistema, donde se resaltan las interdependencia entre los distintos componentes.

SAT



Aplicación embebida (III)

- ✓ Lazos de Control:
 - ✓ Control Manual.
 - ✓ Control On/Off.
 - ✓ Control Bandas.
 - ✓ Control PID.

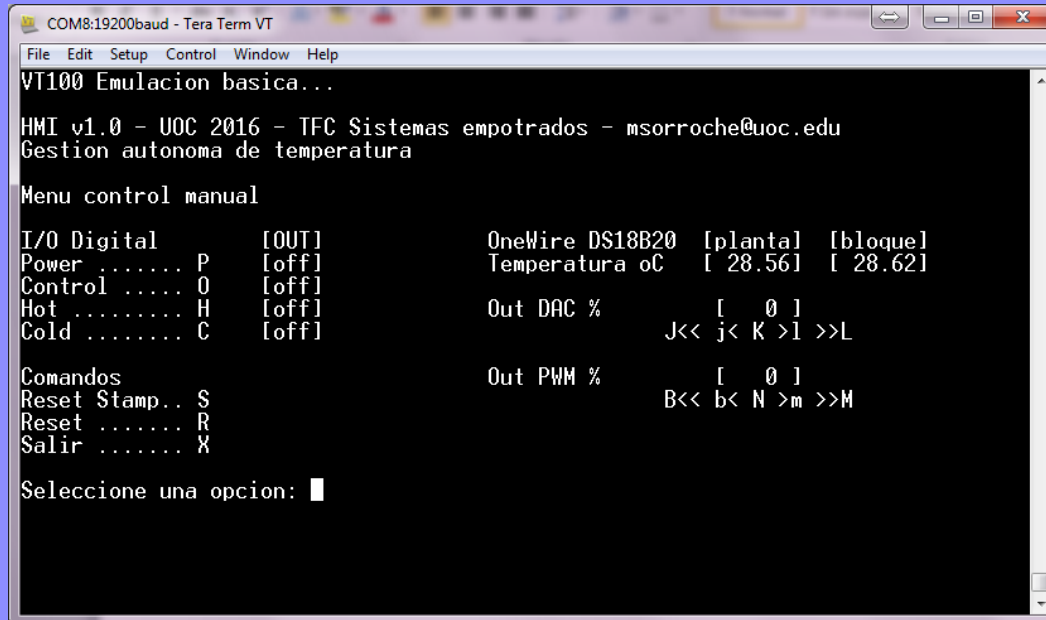


SAT

Aplicación embebida (IV)

- ✓ Ejemplo: Interficie de usuario control manual
- ✓ Accionamiento salidas de control maniobra
- ✓ Accionamiento salida DAC y PWM
- ✓ Comandos Reset Stamp, Reset Global, Salir
- ✓ Lectura continua sondas temperatura

SAT



```
COM8:19200baud - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
VT100 Emulacion basica...

HMI v1.0 - UOC 2016 - TFC Sistemas empotrados - msorroche@uoc.edu
Gestion autonoma de temperatura

Menu control manual

I/O Digital      [OUT]      OneWire DS18B20 [planta] [bloque]
Power ..... P  [off]      Temperatura oC  [ 28.56] [ 28.62]
Control ..... O  [off]
Hot ..... H    [off]      Out DAC %       [ 0 ]
Cold ..... C  [off]      J<< j< K >l >>L

Comandos
Reset Stamp.. S          Out PWM %       [ 0 ]
Reset ..... R          B<< b< N >m >>M
Salir ..... X

Seleccione una opcion: █
```

Viabilidad técnica



SAT

El proyecto es viable técnica y económicamente.

- ✓ Se basa en desarrollo de aplicaciones y estructuras de control sobre hardware existente, de fácil acceso, bajo coste y ampliamente documentado.
- ✓ Se basa en estándares de la industria y de código abierto.
- ✓ Los montajes y circuitos adicionales son de fácil realización u obtención.

Viabilidad técnica (I)

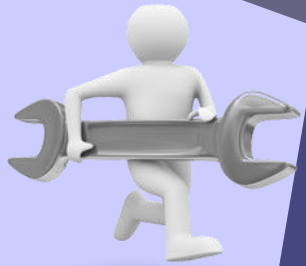


SAT

Puntos fuertes:

- ✓ Alimentación fuente PC-AT estándar modificada
- ✓ Resistencias calefactoras estándar dh BC15/15
- ✓ Etapa de control potencia calefactor en base mosfet
- ✓ Ventilador estándar PC StarTech FANBOX2
- ✓ Placa relés maniobra control CEBEK T1
- ✓ Sondas digitales temperatura DS18B20 en bus 1-wire
- ✓ Sencillo diseño de la placa protoboard PCB que reúne toda interconexión entre sistema de control y planta

Viabilidad técnica (II)



SAT

Puntos débiles:

- ✓ La tensiones ofrecidas por la placa LPC1769 tanto para señales PWM como salida DAC puede ser insuficiente para excitar adecuadamente las etapas de potencia y puede ser necesario instalar un circuito adaptador.
- ✓ Mejora de los algoritmos de control accediendo a la configuración de sus parámetros internos
- ✓ Realizar una función de auto sintonizado para el control PID
- ✓ Añadir nuevos algoritmos de control

Valoración económica



Presupuesto de desarrollo con todos los materiales y mano de obra:

SAT

Pos	Descripción	Cantidad	Unidad	Total €
01	NPX LPCXpresso LPC1769	1	20,00	20,00
02	UART-USB CP2102	4	5,50	22,00
03	Sensor temperatura DS18B20	2	6,30	12,60
04	Set cables M/H	40	0,15	6,00
05	Set cables H/H	40	0,15	6,00
06	Placa CEBEK T1	1	25,20	25,20
07	Resistencias dh 15R	5	2,40	12,00
08	Placa montaje resistencias	1	1,80	1,85
09	Cables, tornillería placa montaje resistencias	1	2,90	2,90
10	Ventilador StartTech 80x80	1	10,00	10,00
11	Rejilla protectora ventilador	1	1,75	1,75
12	Soporte separador ventilador	1	1,25	1,25
13	Soporte sonda temperatura calefactor	1	2,00	2,00
14	Soporte sonda temperatura planta	2	1,30	2,60
15	Cajas de plástico T BOX XS 38x26,5x19	2	8,20	16,40
16	Interruptor bipolar	1	5,75	5,75
17	Fuente alimentación PC-AT Media Magic 400W	1	27,00	27,00
18	Rejilla ventilación habitáculo equipo	1	2,20	2,20
19	Rejilla ventilación habitáculo planta	1	3,10	3,10
20	Hub USB 4 puertos	1	7,35	7,35
21	Cable extensor 1 m USB M/H	1	3,25	3,55
22	Cable USB – micro USB M/H	1	3,50	3,50
23	Protoboard pruebas, montaje preliminar	1	30,00	30,00
24	Protoboard prototipo, diseño y construcción	1	250,00	250,00
25	Protoboard montaje y soldadura componentes	1	60,00	60,00
26	Cables, conectores, resistencias y material	1	20,00	20,00
27	Documentación, desarrollo programación	250	10,00	2500,00
28	Montaje y puesta en marcha	40	10,00	400,00
Precio Total €				3455,00

Valoración económica (I)



SAT

Presupuesto de mantenimiento:

Pos	Descripción	Cantidad	Unidad	Total
01	Informe técnico reparación y presupuesto	1	25,00	25,00
02	Informe de viabilidad adaptación y presupuesto	4	25,00	100,00
03	Precio hora SAT reparación	variable	20,00	20,00
04	Precio hora SAT desarrollo	variable	25,00	25,00
05	Materiales empleados (precio desarrollo * 1,10)	variable	variable	variable

Presupuesto de industrialización:

Pos	Descripción	Cantidad	Unidad	Total
01	Gestión de compras (15% de 555€)	1000	83,25	83250,00
02	Montaje y P.M. (35% de 400€)	1000	140,00	140000,00
03	Coste de desarrollo (0,1% de 2500€)	1000	2,50	2500,00
04	Certificación, logística y distribución	1000	5,00	5000,00
05	Imprevistos, varios, marketing, publicidad	1000	3,25	3250,00
Precio Total € (para 1000 unidades)				234000,00

Valoración económica (II)



SAT

Conclusiones:

- ✓ El coste del material en el desarrollo solo representa un 16% del coste de desarrollo.
- ✓ El coste de documentación, programación, montaje y puesta en marcha representa el 84% del coste de desarrollo.
- ✓ El presupuesto de mantenimiento es difícil de cuantificar a priori y depende de la actuación y materiales empleados.
- ✓ El coste por unidad se reduce por economía de escala.
- ✓ El coste de montaje y puesta en marcha se reduce al aplicar procedimientos industriales.
- ✓ Los costes de desarrollo, certificaciones, publicidad, etc. se repercuten entre las unidades fabricadas.
- ✓ Precio objetivo de 275€ para 1000 unidades.

Conclusiones



SAT

Objetivos conseguidos:

Se han cubierto los objetivos principales del proyecto:

- ✓ Monitorización de las temperaturas del sistema.
- ✓ Monitorización del estado del sistema.
- ✓ Control de potencia disipada por el calefactor.
- ✓ Control de velocidad del ventilador
- ✓ Sistema autónomo
- ✓ Sistema retroalimentado

Objetivos pendientes:

- ✓ Conectividad inalámbrica.
- ✓ Notificación mail.
- ✓ Web control.

Conclusiones (I)



SAT

- ✓ Todos los aspectos del proyecto han sido novedosos.
- ✓ El hardware ha representado una grata sorpresa por la cantidad y variedad de “sabores”, calidad y economía.
- ✓ Entorno de desarrollo amigable, con inevitable curva de aprendizaje.
- ✓ Personalmente muy satisfecho. Se han ido resolviendo todas las dificultades que ha ido apareciendo, aunque a veces con grandes esfuerzos.
- ✓ Acontecimientos fuera de mi control ha impedido el progreso adecuado a lo largo de la asignatura, aunque finalmente y con gran dedicación se han alcanzado los objetivos.
- ✓ La planificación es adecuada aunque por los motivos anteriores me ha sido difícil seguirla.

Agradecimientos



SAT

A la memoria de mi padre.

A mi familia.

Gracias por su atención.

Demostración



SAT

Video demostrativo