



Asociación Civil para la Investigación,
Promoción y Desarrollo de los
Sistemas Electrónicos Embebidos

Seminario de Electrónica Sistemas Embebidos



Laboratorio de
Sistemas Embebidos

LPCXpresso – Yakindu SCT



**FACULTAD
DE INGENIERIA**
Universidad de Buenos Aires

Ing. Juan Manuel Cruz (juanmanuel.cruz@hasar.com)

Gerente de Ingeniería de Cia. Hasar SAIC

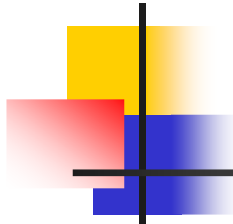


UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Profesor Asociado Ordinario - Técnicas Digitales II TN-FRBA

Profesor Adjunto Interino - Sistemas Embebidos FIUBA

Buenos Aires, 18 de Abril de 2018



Temario

- Diagrama de estados: Yakindu SCT
- Yakindu SCT
-
- Generación de Código (LPCXpresso)
- Diagrama de estados: Paso a Paso
- Convención de Identificadores
- Generación de Código (LPCXpresso)
-
- Referencias

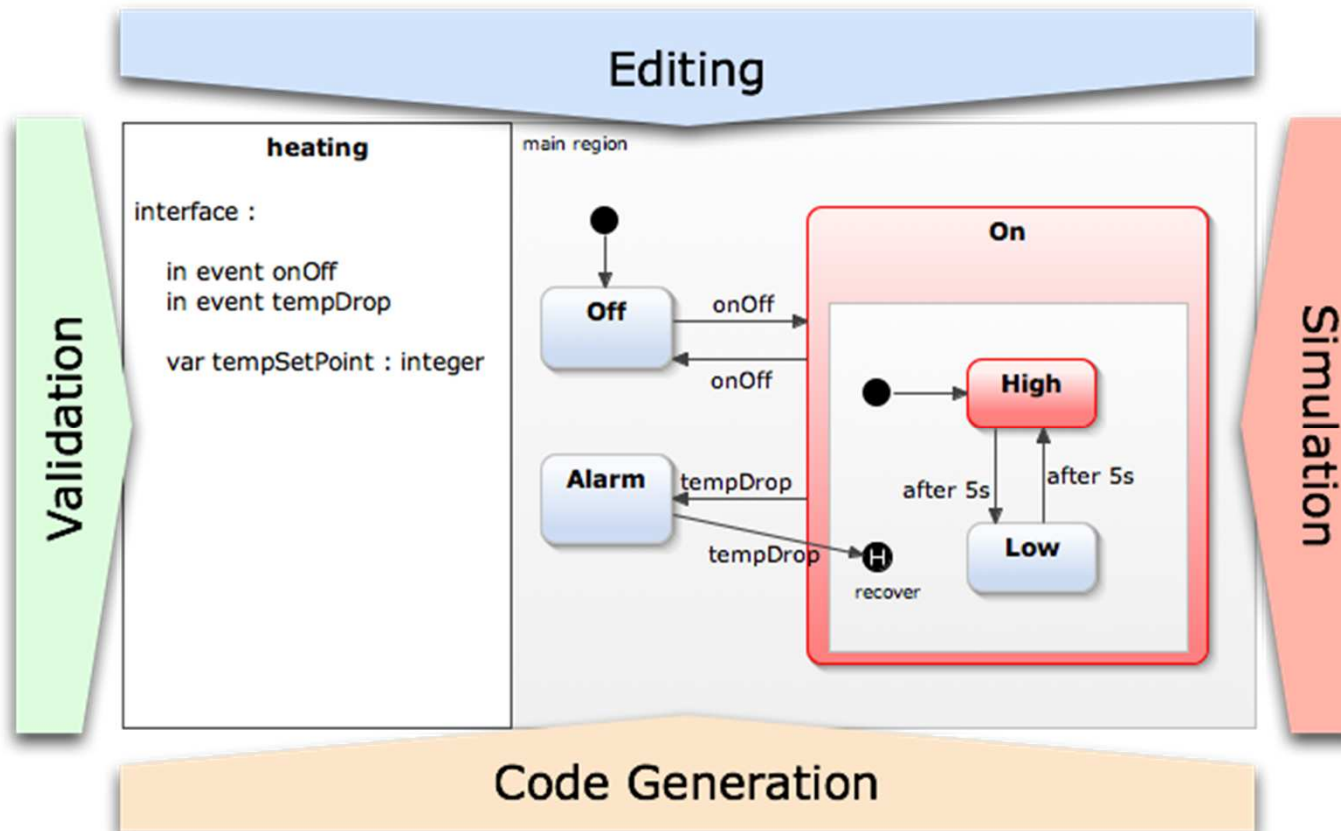


Diagrama de Estado: Yakindu SCT

- **Yakindu** es un kit de herramientas modular para el desarrollo de sistemas embebidos en base a modelos. Basado en la plataforma de desarrollo de código abierto Eclipse
- **Yakindu Statechart Tools (SCT)** es uno de los módulos esenciales del kit y proporciona las siguientes herramientas para hacer frente a los diagramas de máquinas de estado:
 - **Editor:** para crear y editar diagramas de estado
 - **Simulador:** para simular el comportamiento de los statecharts
 - **Generadores de código:** para transformar los statecharts en código Java, C, C ++
 - **Validador integrado:** para verificar problemas sintácticos o semánticos del modelo statechart

Diagrama de Estado: Yakindu SCT

- El gráfico muestra estas características y su relación entre sí:



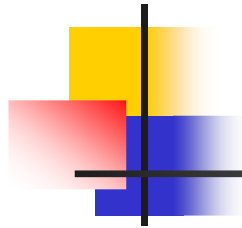
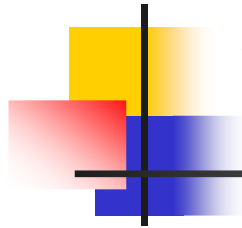


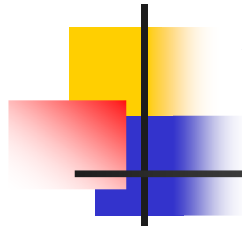
Diagrama de Estado: Yakindu SCT

- El código fuente de Yakindu Statechart Tools (SCT) se proporciona bajo la Licencia Pública de Eclipse
- Los generadores de código abierto que vienen con Yakindu SCT:
 - No implican restricciones de licencia en cuanto al código generado
 - El mismo es propiedad del usuario (como persona u organización)
 - No es necesario hacer del mismo código abierto
 - El usuario es libre de elegir el modelo de licencia del mismo
- La parte principal de Yakindu SCT es un proyecto de código abierto, disponible en www.yakindu.org
- Es útil para el diseño de Finite State Machines y Harel Statecharts (modelar comportamiento)



Yakindu SCT: plugin, New Statechart

- Se puede descargar el kit de herramientas completo o instalar un **plugin** (<http://updates.yakindu.org/sct/releases/>) a la distribución de LPCXpresso con que trabajamos en clase (siguiendo las instrucciones de la guía de Trabajos Prácticos)
- Para crear un nuevo archivo statechart:
 - En la vista **Project Explorer (Workspace)**
 - Haga clic con el **botón derecho** del mouse en un proyecto o en una carpeta en la que desee crear el nuevo diagrama de estado
 - Surge un menú de contexto, en él seleccione Nuevo → **Otros**
 - Aparecerá el cuadro de diálogo **New**, en él seleccione YAKINDU SCT → **Statechart Model**



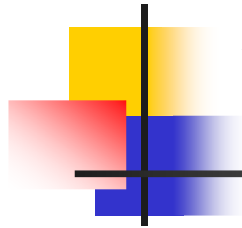
Yakindu SCT: Create statechart

- Aparecerá una ventana **New YAKINDU Statechart** (wizard)
- Introduzca un **nombre de archivo** para el archivo del statechart que se va a crear (su extensión debe ser **.sct**)
- Además puede editar el proyecto o la carpeta destino y haga clic en **Next>**
- Seleccione el dominio del statechart y haga clic en **Finish**
- Si aparece el cuadro de diálogo **Confirm Perspective Switch** responda **Yes** para incluir una nueva perspectiva: **SC Modeling**
- El resultado es que el nuevo archivo **statechart** ha sido **creado** en la ubicación que especificó y **abierto** por el editor de statechart
- Para copiar un nuevo archivo statechart existente:
 - Recorra a las opciones del menú de contexto: **Copy & Paste**



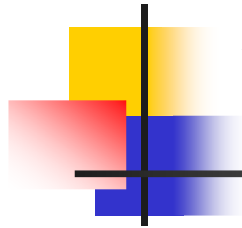
Yakindu SCT: Delete statechart

- Para eliminar un archivo statechart:
 - En la vista **Project Explorer (Workspace)**
 - Haga clic con el **botón derecho** del mouse sobre el archivo que desee eliminar
 - Surge un menú de contexto, en él seleccione **Delete**
 - Aparecerá el cuadro de diálogo **Delete Resources**, que brinda tres opciones:
 - Haga clic en **Preview>** para inspeccionar lo que la operación de eliminación va a hacer (antes de confirmar)
 - Haga clic en **Cancel** para cancelar la operación de borrado (el archivo statechart permanecerá en el proyecto)
 - Haga clic en **OK** para eliminar realmente el archivo statechart



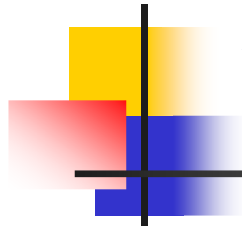
Yakindu SCT: SC Modeling

- Es una perspectiva de Eclipse que soporta el modelado de statecharts, ella define los siguientes puntos de vista:
 - **Project Explorer** (izquierda): muestra su workspace y proyectos, carpetas y archivos contenidos en él. Util para inspeccionar la estructura interna de los modelos statechart
 - **Properties** (abajo): muestra las propiedades en relación con el modelo semántico o la apariencia gráfica del elemento seleccionado en el editor de statechart. Permite editarlas
 - **Problems** (abajo): muestra los errores y advertencias existentes del workspace. Al hacer doble clic en una entrada normalmente se abre la ubicación del error o advertencia correspondiente
 - **Outline** (derecha): vista de ojo de pájaro del statechart abierto. También indica el punto de vista actual para una mejor orientación en modelos grandes



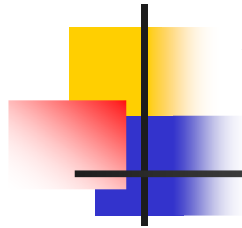
Yakindu SCT: SC Modeling

- El archivo del statechart (arriba) se presenta como dos áreas de edición:
 - Area **gráfica** (arriba derecha)
 - Agregar o eliminar una región
 - Hacer Zoom (Ctrl & girar rueda del mouse)
 - Abrir Menú de contexto (botón derecho del mouse)
 - Agregar elementos gráficos previamente seleccionados en **Palette** (arriba más a la derecha)
 - Area de **texto** (arriba izquierda)
 - Se recomienda completarla agregando/eliminando/editando elementos en la vista **Properties** (abajo)



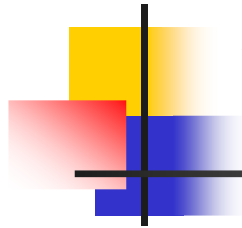
Yakindu SCT: SC Modeling

- Para Simular un archivo statechart:
 - En la vista **Project Explorer (Workspace)**
 - Haga clic con el **botón derecho** del mouse en un proyecto o en una carpeta en la que desee crear el nuevo diagrama de estado
 - Surge un menú de contexto, seleccione Run As → **1 Statechart Simulation**
 - Aparecerá una nueva perspectiva: **SC Simulation**, habiéndose abierto una instancia de Debug de statecharts (se resalta en rojo el estado actual)
 - En la vista **Simulation** (abajo a la derecha) se puede excitar al statechart mediante eventos, modificar sus variables y ver las acciones que se ejecutan



Yakindu SCT: SC Modeling

- Para generar código es necesario agregar un nuevo archivo:
 - En la vista **Project Explorer (Workspace)**
 - Haga clic con el **botón derecho** del mouse en la carpeta en la que ha creado el diagrama de estado
 - Surge un menú de contexto, en él seleccione Nuevo → **Otros**
 - Aparecerá el cuadro de diálogo **New**, en él seleccione YAKINDU SCT → **Code Generator Model**
 - Aparecerá una ventana **New YAKINDU Statechart** (wizard)
 - Surgirá un **nombre de archivo** para el archivo de generación (su extensión debe ser **.sgen**) y haga clic en **Next>**
 - Seleccione el lenguaje (**C**) y el archivo statechart fuente (**.sct**) fuente. Además puede editar el proyecto o la carpeta destino y haga clic en **Finish**

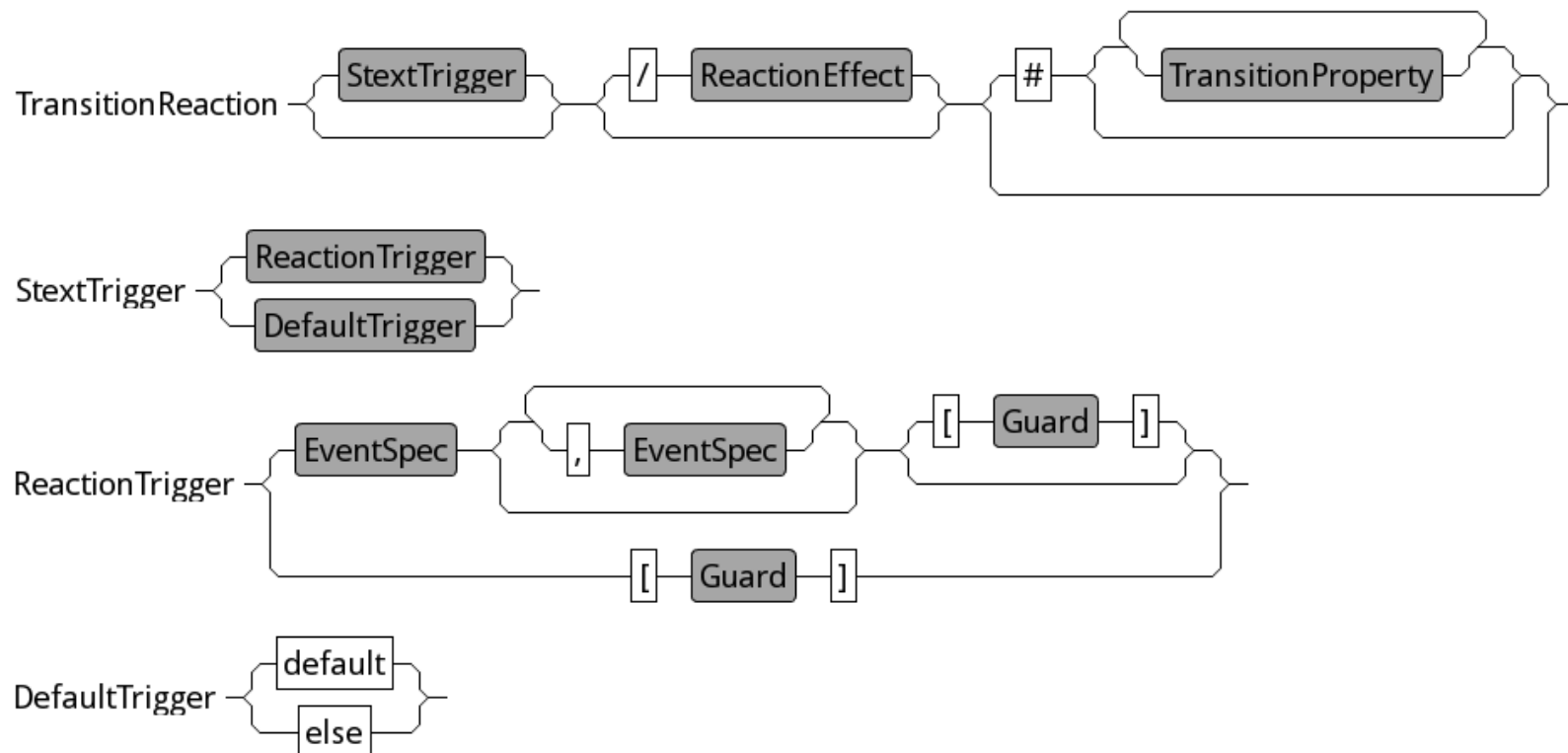


Yakindu SCT: SC Modeling

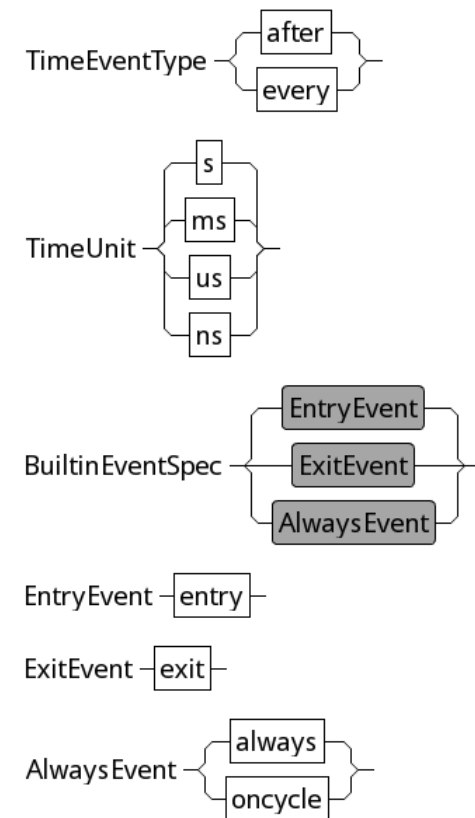
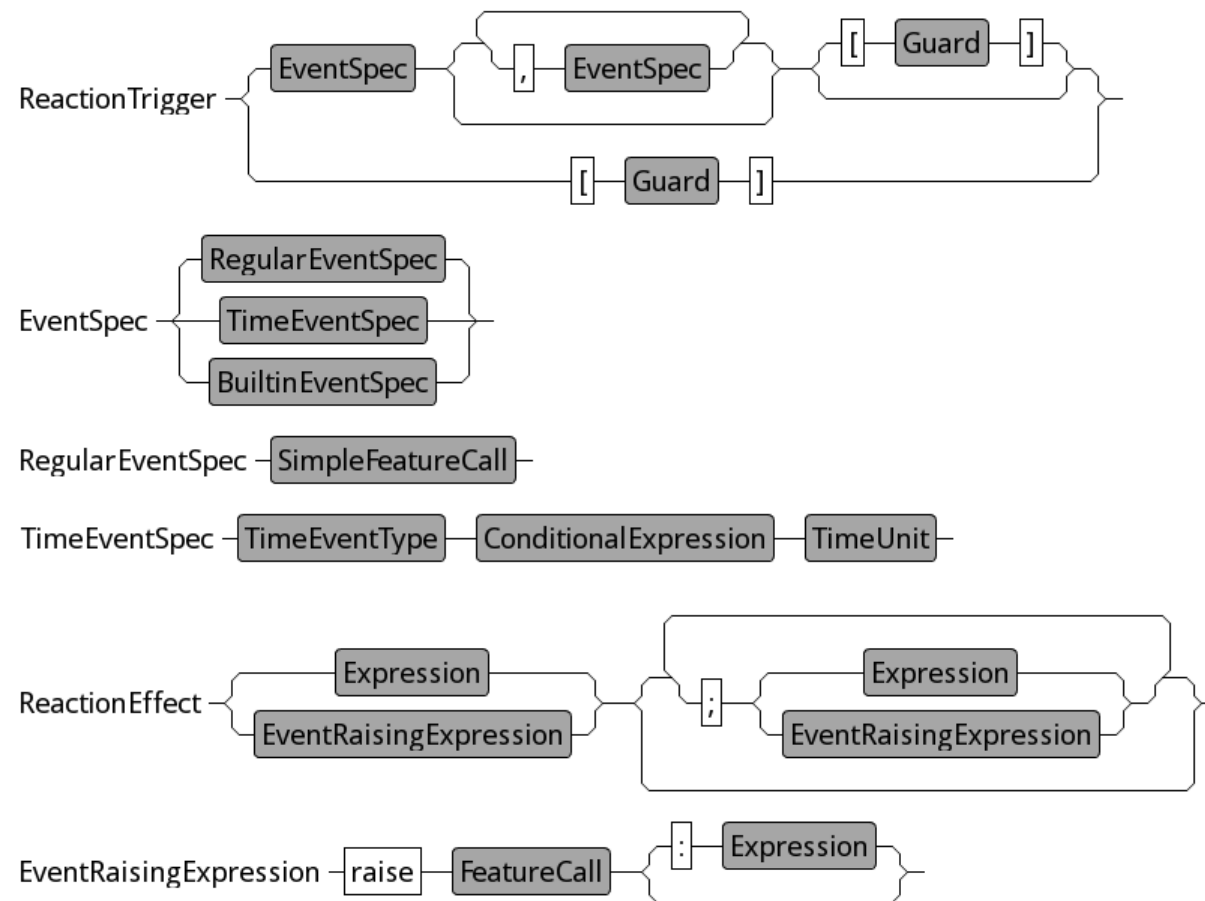
- En la vista **Project Explorer (Workspace)**
- Haga clic con el **botón derecho** del mouse sobre el archivo **.sgen**
- Surge un menú de contexto, en él seleccione **Generate Code Artifacts** (preste atención a los mensajes de Consola)
- O bien mediante **Build Project** (o **Build All**)
- En la carpeta seleccionada se generarán:
 - **xxxx.c** y **xxxx.h** (fuentes con el nombre del statechart **xxxx.sct**)
 - **sc_types.h** (prototipos de variables)
 - **xxxxRequired.h** (prototipos de funciones)
- Resta vincular el código generado con los fuentes de la aplicación

Yakindu SCT: SC Modeling

- **Syntax:** Trigger [Guard] , ... / Effect ; ...



Yakindu SCT: SC Modeling





Generación de Código (LPCXpresso)

- Para **compilar** los fuentes del **código generado** por **Yakindu SCT** **con** nuestras propias herramientas (**LPCXpresso** - configurado para el micro elegido para la aplicación) se necesita **combinar** código **fuentes**:
 - Código generado por el **usuario**
 - Código generado automáticamente por **Yakindu SCT**
- Por lo que el diseñador tiene que escribir el siguiente código:
 - Código p/inicializar el **hardware**
 - Código p/procesar dispositivos de **salida** (**funciones de acción** / **drivers** de salida)
 - Código p/procesar **entradas** (**generación de eventos** / manejar **cola** de eventos / **drivers** de entrada)
 - La función **main** e **ISRs** (rutinas de atención de interrupciones) que configuran la **API** (Application Programming Interface) de **usuario**

Generación de Código (LPCXpresso)

- La solución es simple y consiste en:
 - Asegurar la **Generación de Eventos** (producto del procesamiento del programa principal o de las interrupciones que se produzcan)
 - Dentro del main se ejecuta la **Aplicación de Usuario** que monitorea flags, setea **eventos**, invoca al **código generado** por **Yakindu SCT** e **iterar**
 - Con la consecuente ejecución en **secuencia** de las **Funciones de Acción**

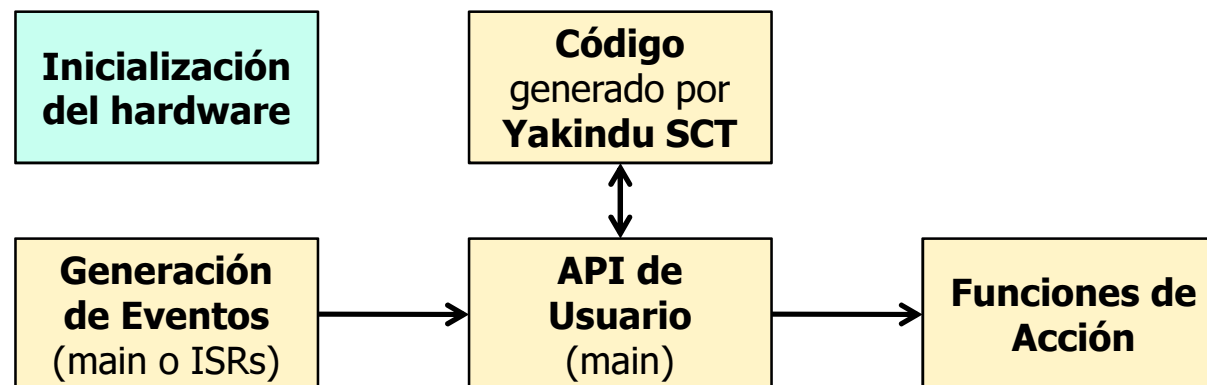




Diagrama de Estado: Paso a Paso

- Partir de las especificaciones del sistema
 - Primer paso Identificar los **eventos** y las **acciones**
 - Segundo paso Identificar los **estados**
 - Tercer paso Agrupar por **jerarquías**
 - Cuarto paso Agrupar por **conurrencia**
 - Quinto paso Añadir las **transiciones**
 - Sexto paso Añadir las **sincronizaciones**
- Elegida una herramienta de software podremos: **Editar**, **Verificar** y **Validar (Simular)** el diagrama de estado
- Culminando con la **generación del código** (opción posible dependiendo de la herramienta de software)



Convención de Identificadores

- A fin de no confundir los elementos del diagrama de estado adoptaremos la siguiente convención para identificarlos (afín a la documentación de **Yakindu SCT**)

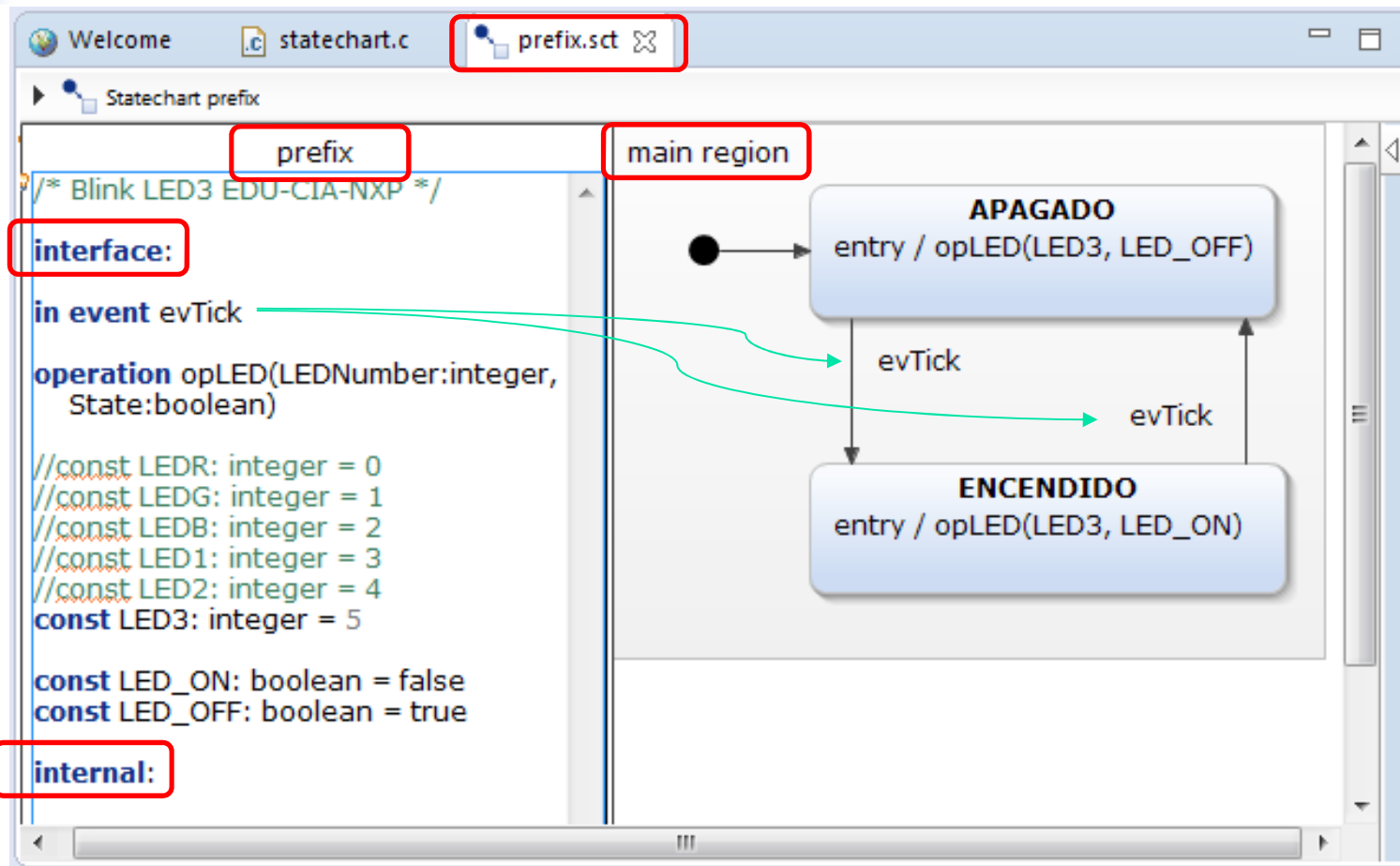
■ Tipografía	Elemento	Prefijo
■ CAMELcASE:	State	
■ xxCamelCase:	Event (External)	(xx → ev)
	Action Function (External)	(xx → op)
	Signal (Internal Event)	(xx → si)
	Internal Variable	(xx → vi)
	External Variable	
■ xxCAMELcASE:	Constant	



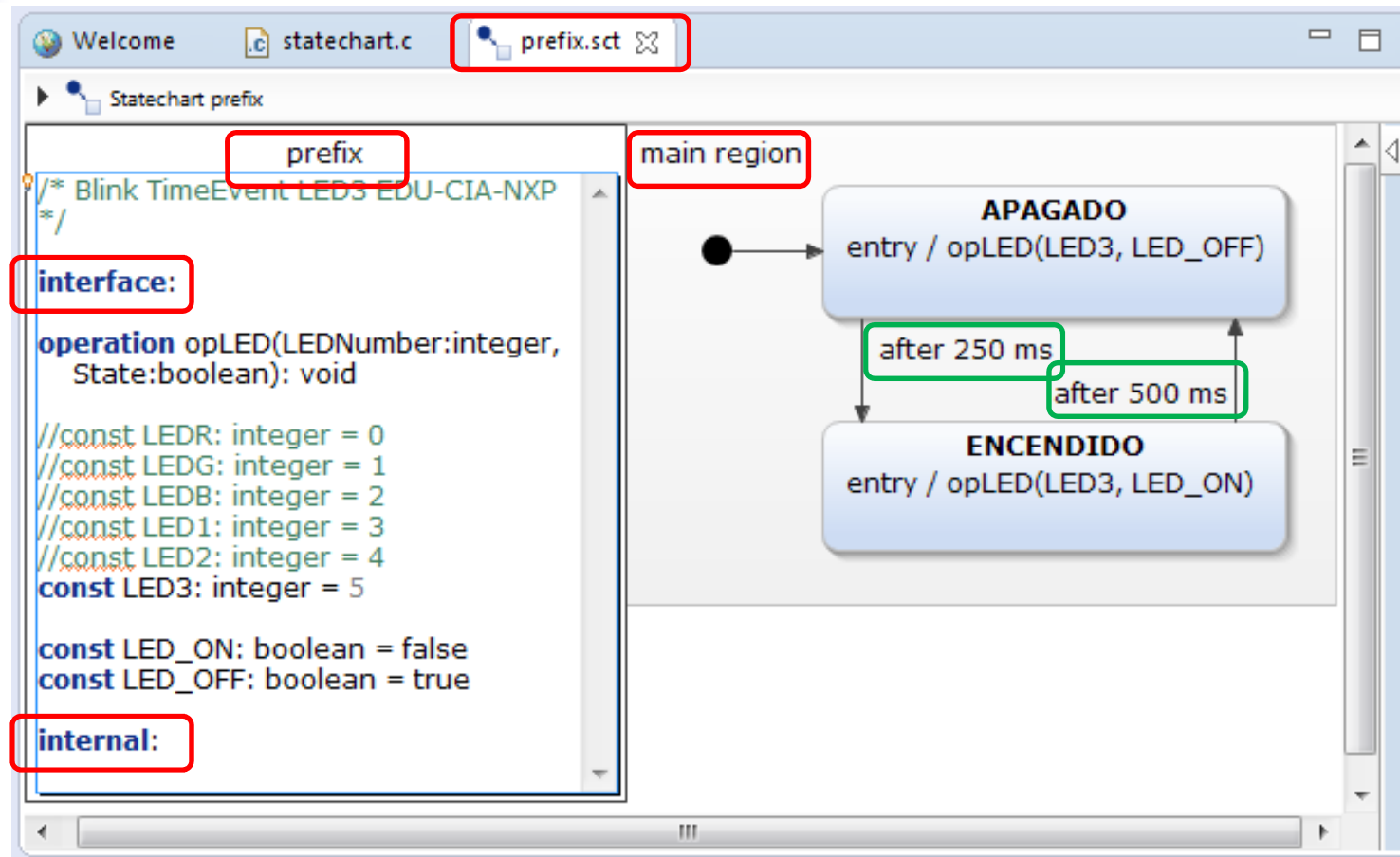
Generación de Código (LPCXpresso)

- P/simplificar nombraré al archivo statechart creado: **Prefix.sct**
- Resultando el archivo de generación **Prefix.sgen**
 - Si desea tener generar todos los fuentes en la misma carpeta modifique **targetFolder = ".../gen"** (path de la carpeta de fuentes de la aplicación dentro del proyecto)
 - Idem anterior: **libraryTargetFolder = ".../gen"**
 - Se generarán 4 (cuatro archivos), a saber:
 - **Prefix.c** y **Prefix.h** (fuentes con el nombre del statechart **Prefix.sct**)
 - **sc_types.h** (prototipos de variables)
 - **PrefixRequired.h** (prototipos de funciones)

Generación de Código (LPCXpresso)



Generación de Código (LPCXpresso)





Generación de Código (LPCXpresso)

```
#include "main.h"
#include "board.h"
#include "Prefix.h"
#include "TimerTicks.h"

/* Public types/enumerations/variables */
volatile bool SysTick_Time_Flag = false;

/*! This is a state machine */
Static Prefix statechart;

#define __USE_TIME_EVENTS (false) // "true" with TimerEvents or "false" without TimeEvents

/*! This is a state machine that requires timer services */
#if (__USE_TIME_EVENTS == true)
    #define NOF_TIMERS (sizeof(PrefixTimeEvents)/sizeof(sc_boolean))
#else
    #define NOF_TIMERS 0
#endif
```



Generación de Código (LPCXpresso)

```
TimerTicks ticks[NOF_TIMERS];
```

```
/* This state machine makes use of operations declared in the state machines interface or  
internal scopes. */
```

```
void prefixIface_opLED(Prefix* handle, sc_integer LEDNumber, sc_boolean State)  
{  
    Board_LED_Set((uint8_t) LEDNumber, State);  
}
```

```
#if (__USE_TIME_EVENTS == true)
```

```
// This function has to set up timers for the time events that are required by the state machine
```

```
void prefix_setTimer(Prefix* handle, const sc_eventid evid, const sc_integer time_ms, const  
sc_boolean periodic)  
{  
    SetNewTimerTick(ticks, NOF_TIMERS, evid, time_ms, periodic);  
}
```




Generación de Código (LPCXpresso)

```
// This function has to unset timers for the time events that are required by the state machine
void prefix_unsetTimer(Prefix* handle, const sc_eventid evid)
{   UnsetTimerTick(ticks, NOF_TIMERS, evid);   }
#endif

/* Handle interrupt from SysTick timer */
void SysTick_Handler(void)
{
    SysTick_Time_Flag = true;
}

int main(void)
{
    #if (__USE_TIME_EVENTS == true)
        uint32_t i;
    #endif
```



Generación de Código (LPCXpresso)

.....

Board_Init();

/ Statechart Initialization in main*/*

#if (__USE_TIME_EVENTS == **true**)

InitTimerTicks(ticks, NOF_TIMERS);

#endif

prefix_init(&statechart);

prefix_enter(&statechart);

/ LEDs toggle in main loop */*

while (1) {

__WFI();

if (**SysTick_Time_Flag** == **true**) {

SysTick_Time_Flag = **false**;

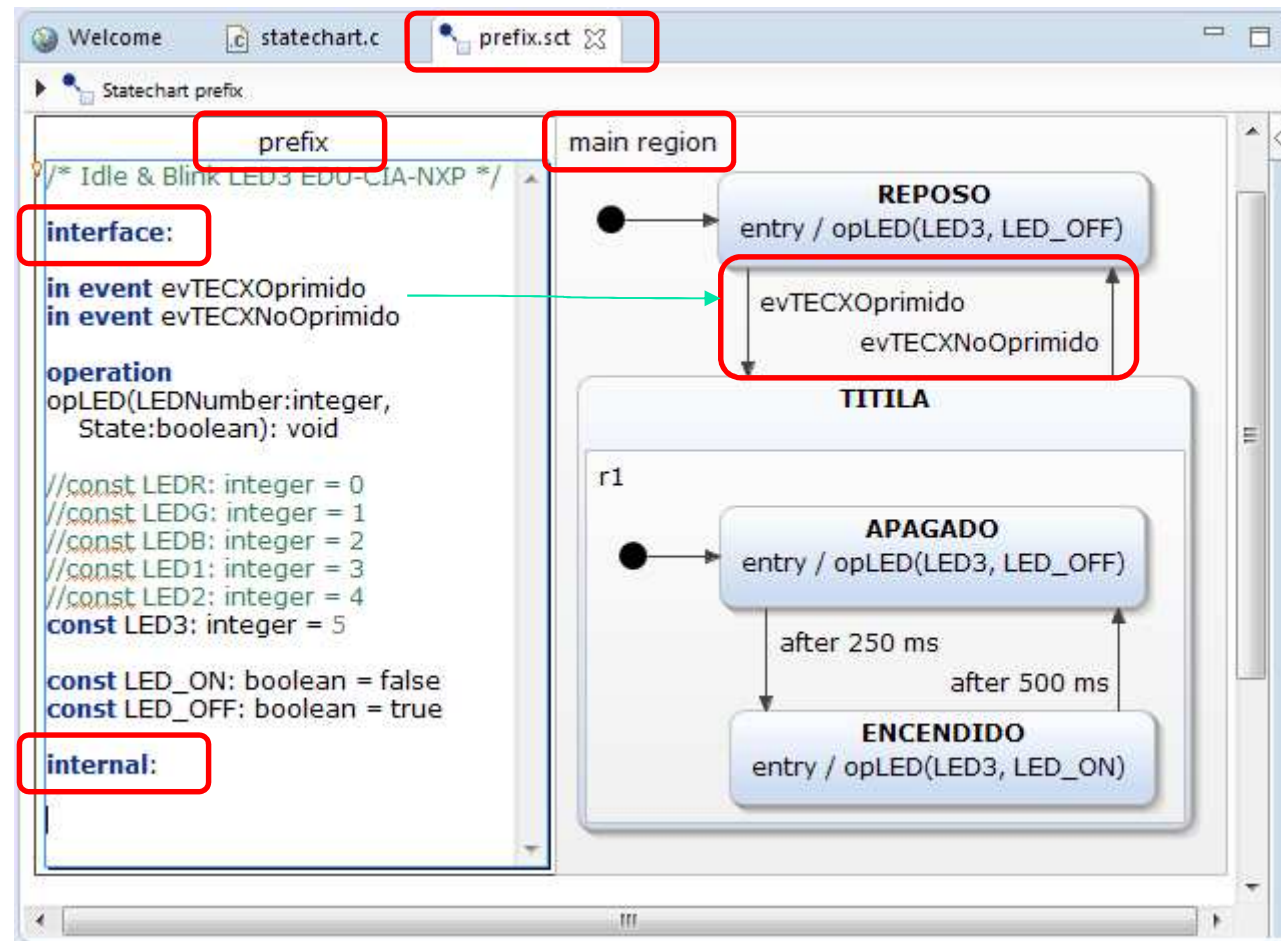


Generación de Código (LPCXpresso)

```
#if (__USE_TIME_EVENTS == true)
UpdateTimers(ticks, NOF_TIMERS);
for (i = 0; i < NOF_TIMERS; i++) {
    if (IsPendEvent(ticks, NOF_TIMERS, ticks[i].evid) == true) {
        prefix_raiseTimeEvent(&statechart, ticks[i].evid); // Event->Ticks.evid=>OK
        MarkAsAttEvent(ticks, NOF_TIMERS, ticks[i].evid);
    }
    #else
    prefixIface_raise_evTick(&statechart); // Event -> evTick => OK
    #endif

    prefix_runCycle(&statechart); // Run Cycle of Statechart
}
}
```

Generación de Código (LPCXpresso)





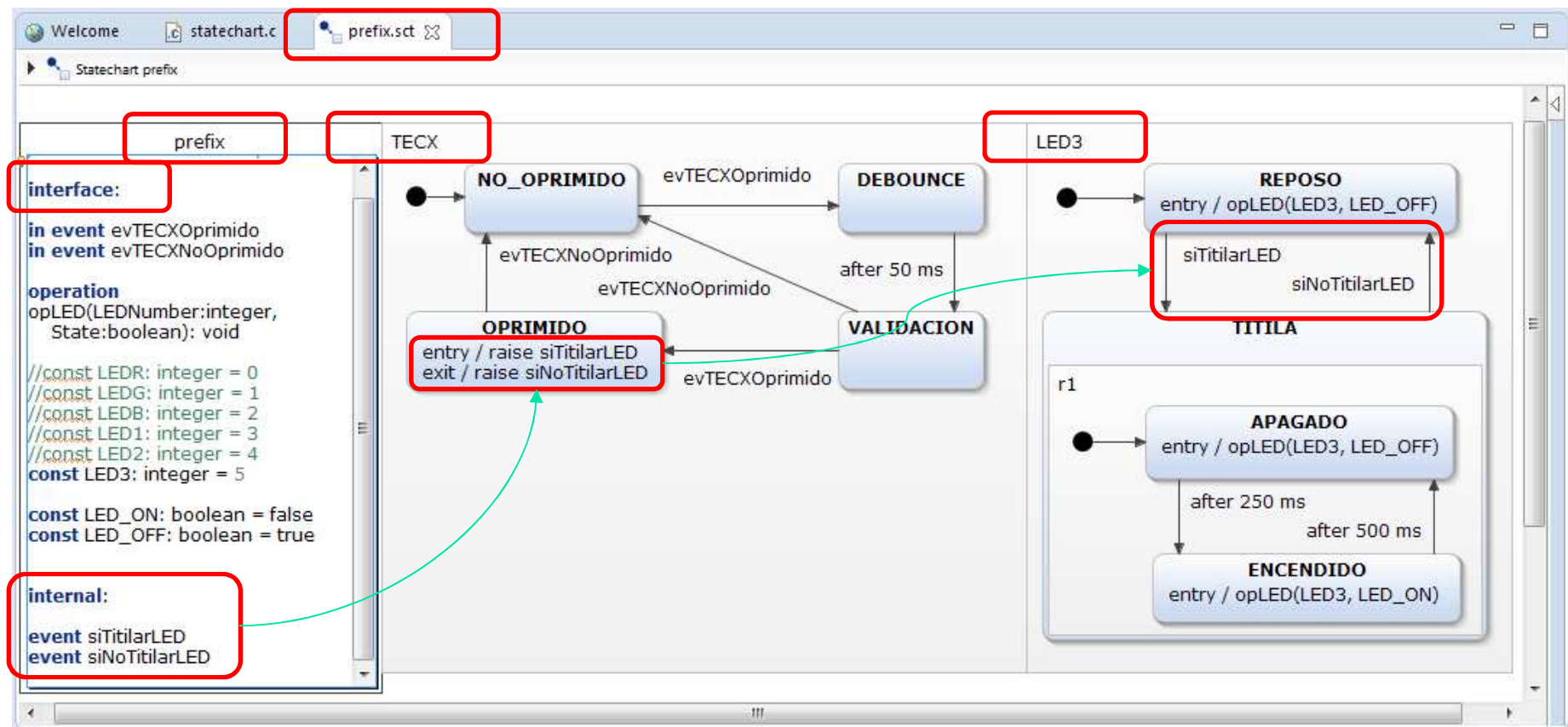
Generación de Código (LPCXpresso)

```
uint32_t BUTTON_Status;
.....

BUTTON_Status = Buttons_GetStatus();
if (BUTTON_Status != 0)           // Event -> evTECXOprimido => OK
    prefixIface_raise_evTECXOprimido(&statechart);
else                             // Event -> evTECXNoOprimido => OK
    prefixIface_raise_evTECXNoOprimido(&statechart);

    prefix_runCycle(&statechart);    // Run Cycle of Statechart
}
}
}
```

Generación de Código (LPCXpresso)

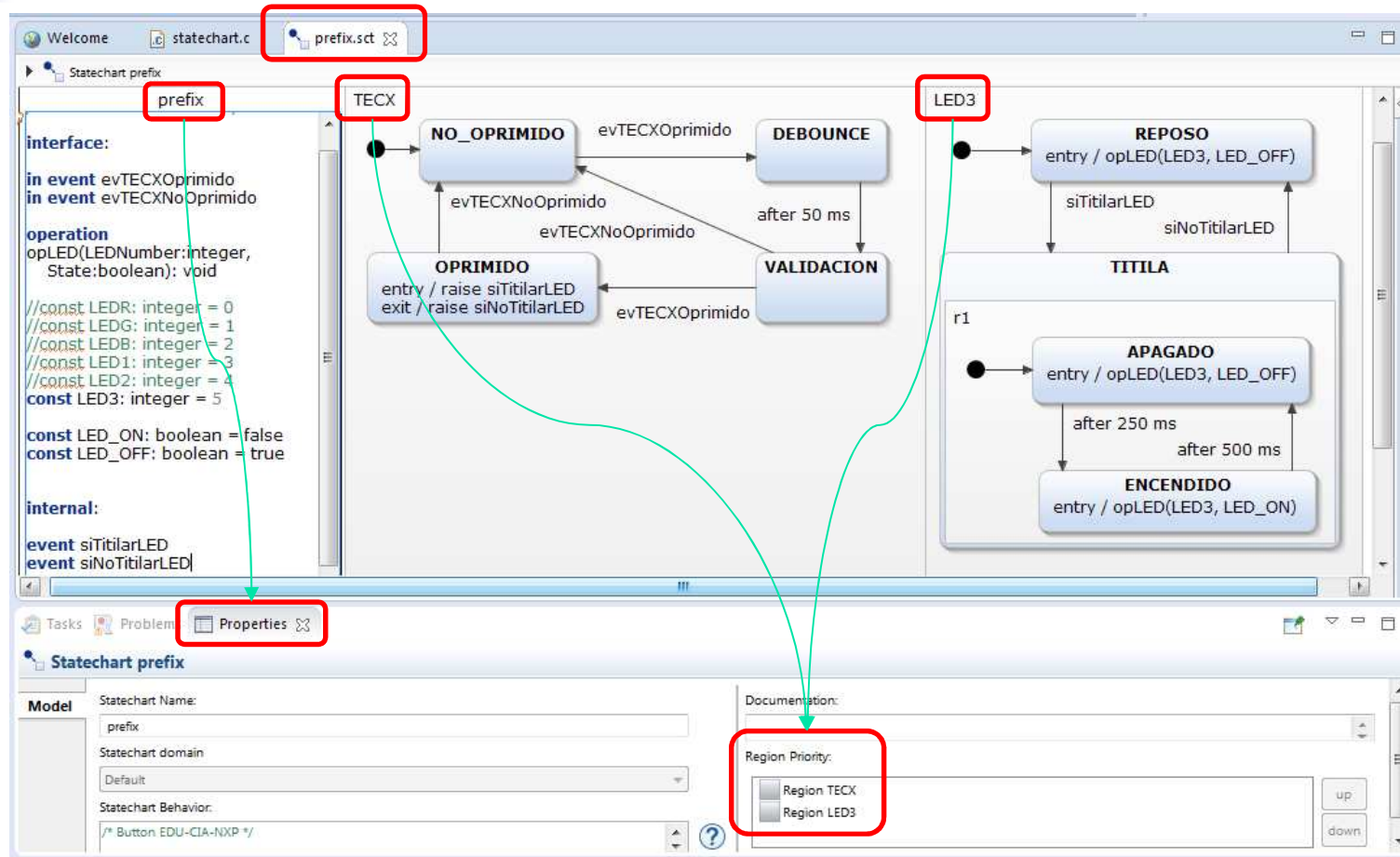




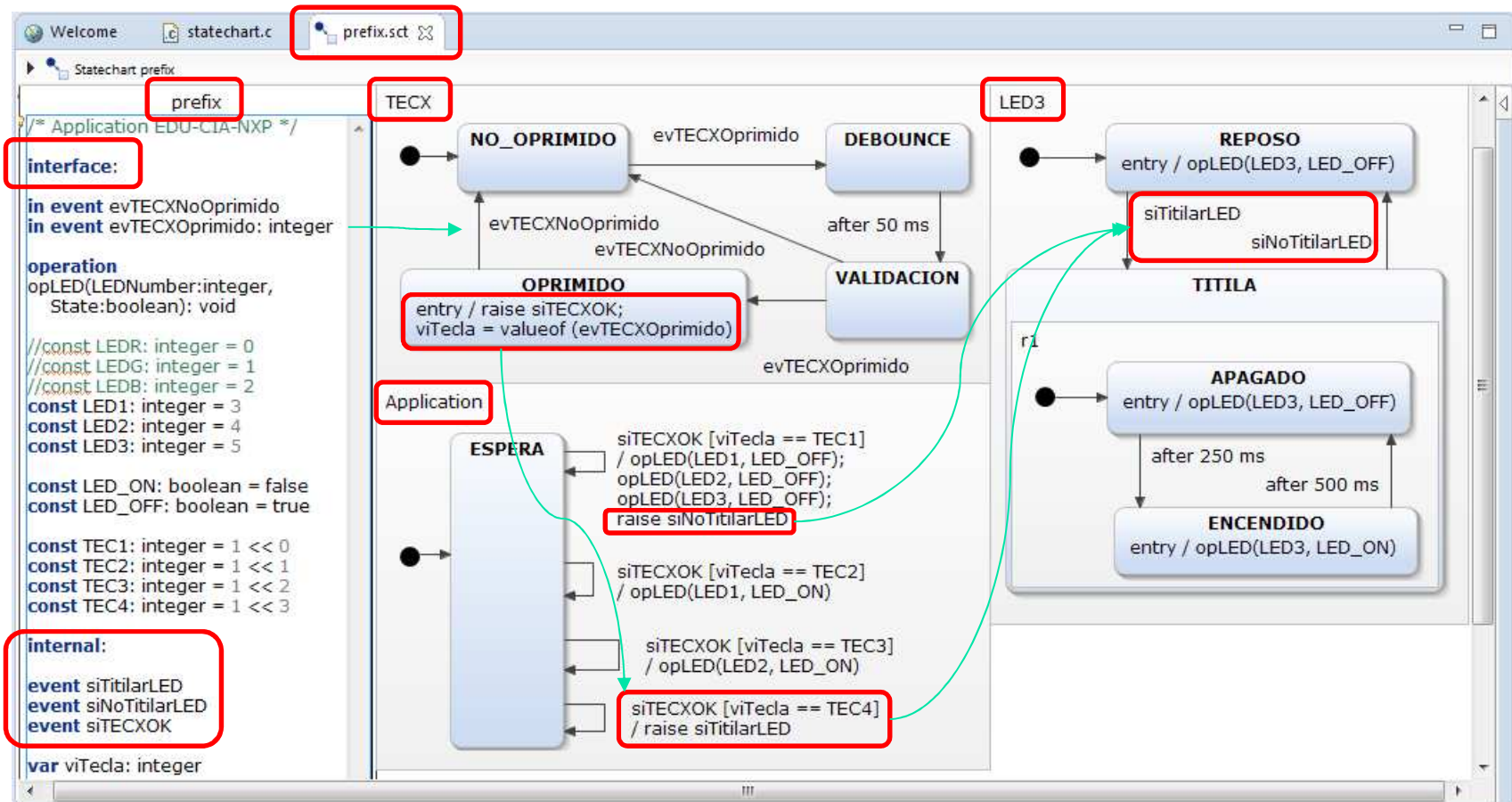
Generación de Código (LPCXpresso)

- ¿Porqué conviene diferenciar eventos de señales?
- ¿Cambia main() respecto al de Idle Blink LED3?
- Asigne prioridades a las regiones según el siguiente criterio:
 - **Mayor** prioridad a regiones que gestionan entradas
 - **Intermedia** prioridad a regiones que gestionan tareas
 - **Menor** prioridad a regiones que gestionan salidas
 - **¿Porqué?**
- ¿Qué criterio adoptaría para asignar prioridades a las transiciones salientes de un estado?, ¿porqué?

Generación de Código (LPCXpresso)



Generación de Código (LPCXpresso)





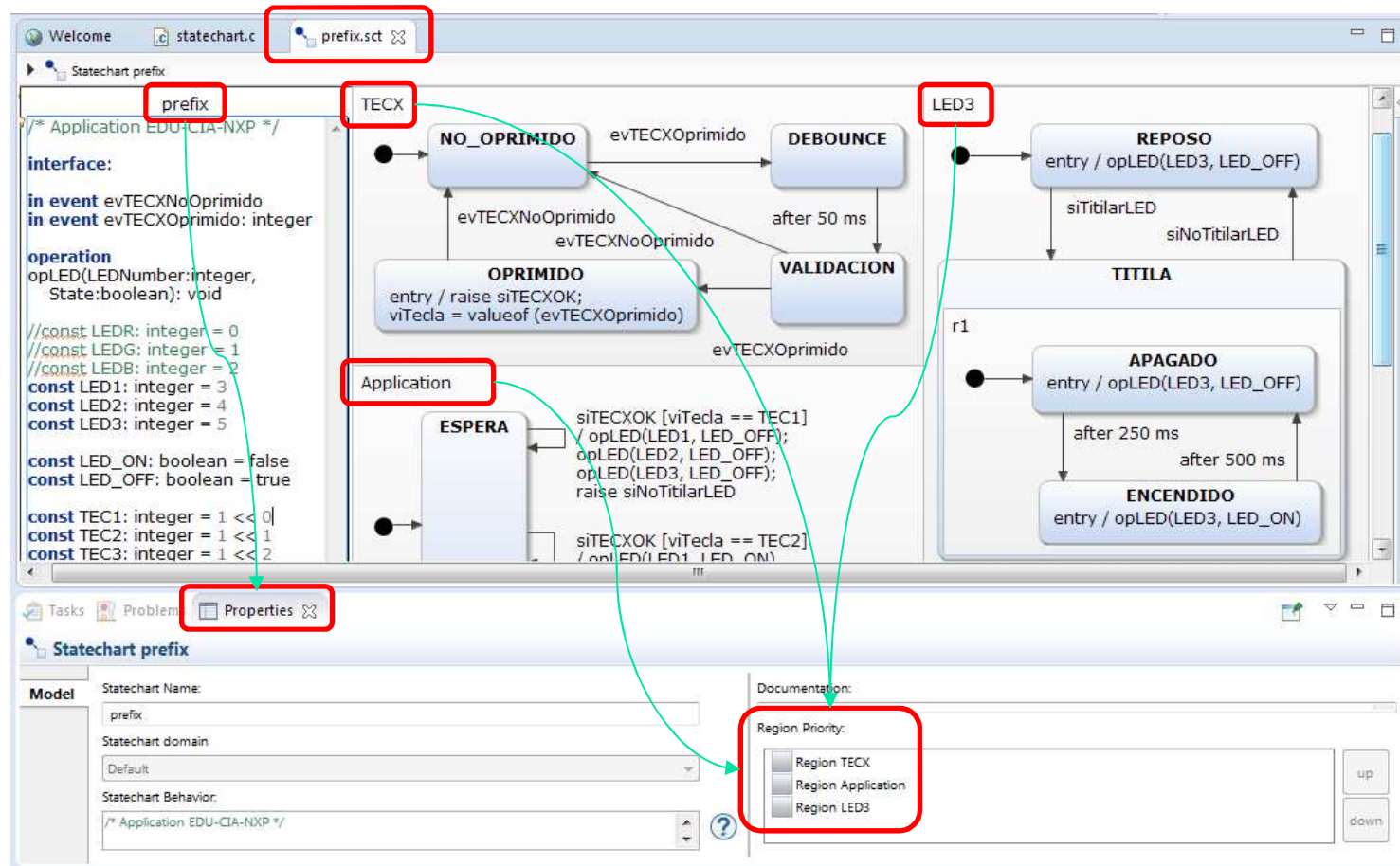
Generación de Código (LPCXpresso)

```
uint32_t BUTTON_Status;
.....

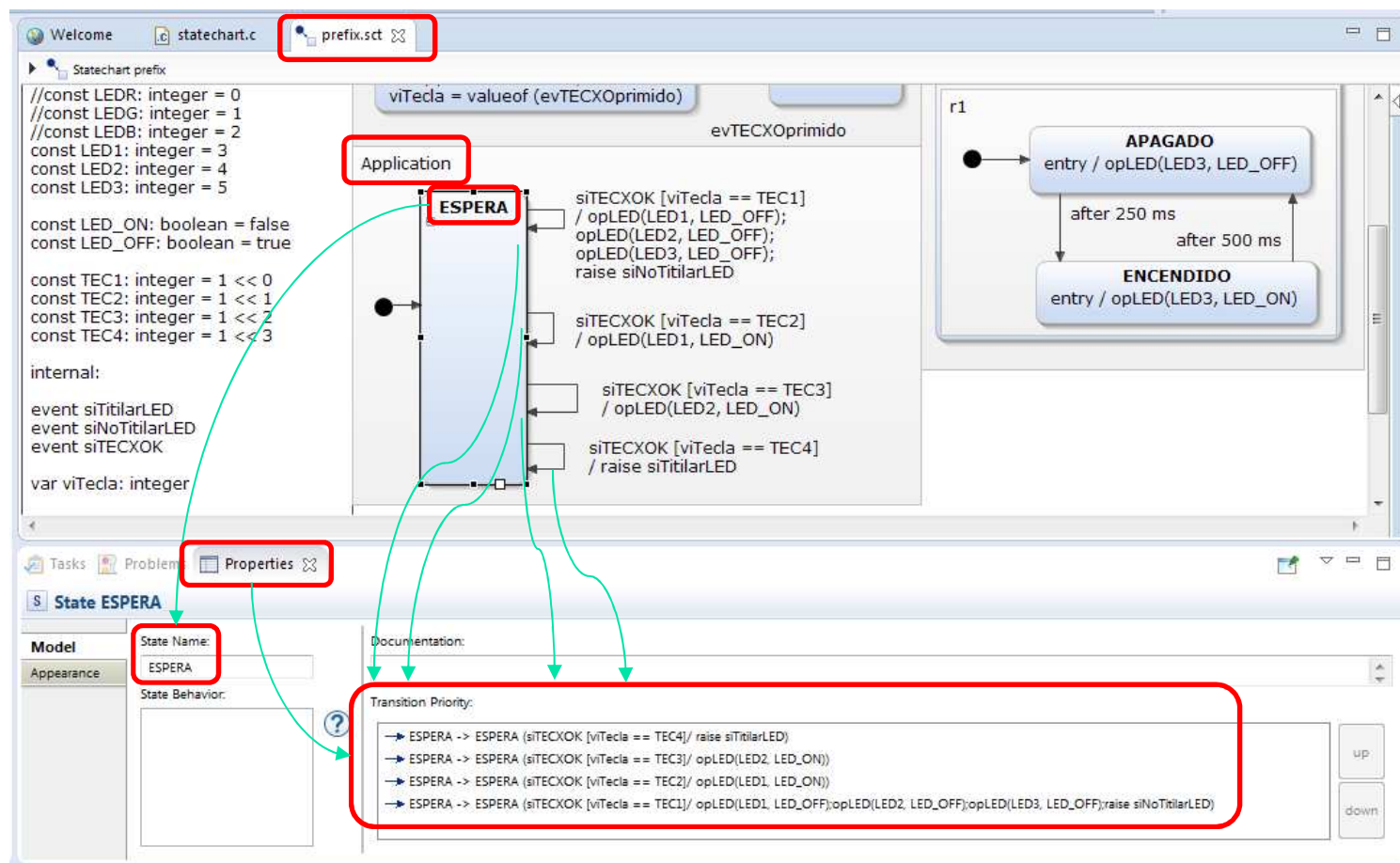
BUTTON_Status = Buttons_GetStatus();
if (BUTTON_Status != 0)           // Event -> evTECXOprimido => OK
    prefixIface_raise_evTECXOprimido(&statechart, BUTTON_Status);
                                //Value:Tecla
else                             // Event -> evTECXNoOprimido => OK
    prefixIface_raise_evTECXNoOprimido(&statechart);

    prefix_runCycle(&statechart); // Run Cycle of Statechart
}
}
}
```

Generación de Código (LPCXpresso)



Generación de Código (LPCXpresso)





Referencias

- <https://www.itemis.com/en/yakindu/statechart-tools/>
- <https://www.itemis.com/en/yakindu/statechart-tools/documentation/user-guide/>