

Adrián Bulnes Parra

Estudiante de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial en la Universidad de Oviedo; Finalista del II Concurso Universitario de Software Libre en la categoría "Mejor Proyecto Innovador"

<urriellu@pigmeo.org>

1. Introducción

Los microcontroladores son ordenadores completos en un sólo circuito integrado, es decir, incluyen procesador, memoria y algún tipo de dispositivo de entrada/salida en un solo encapsulado. Son muy útiles y se utilizan para multitud de tareas, tanto en la industria como en electrónica de consumo, e incluso en diseños realizados por aficionados a la electrónica.

Hoy en día la mayoría de aplicaciones para microcontroladores se desarrollan en C. El problema es que los compiladores de C para microcontroladores incluyen solamente una pequeña cantidad de funciones para facilitar el desarrollo (normalmente poco documentadas y difíciles de usar), suelen estar disponibles sólo para Windows y la mayoría requieren licencia comercial para su uso.

Pigmeo es un proyecto de software libre que pretende facilitar y agilizar el proceso de desarrollo de aplicaciones para microcontroladores centrándose al mismo tiempo en el rendimiento de la aplicación, además de ofrecer una gran cantidad de librerías portables a multitud de arquitecturas de microcontroladores.

2. Pigmeo Compiler

Pigmeo Compiler es un compilador que toma como entrada los ejecutables de .NET (compuestos por *bytecodes* de CIL, el lenguaje intermedio de .NET) y genera código en lenguaje ensamblador para la arquitectura de microcontroladores de destino (PIC, dsPIC, AVR, ARM, etc.).

Al tomar código CIL (*Common Intermediate Language*) como entrada, el programa del usuario puede estar escrito en cualquiera de los lenguajes de programación soportados por la plataforma .NET, como por ejemplo C#, Visual Basic .NET, C++/CLI, Nemerle, Boo, etc. Además, el programa del usuario puede hacer referencia tanto a las librerías estándares de .NET como a las librerías ofrecidas por Pigmeo Framework.

Pigmeo Compiler puede ejecutarse sobre cualquier sistema operativo donde haya instalado un CLR de .NET, incluyendo Windows, Linux y Mac OS X. Además puede manejarse desde la consola (interfaz sólo texto) o desde la interfaz gráfica que incluye. Es uno de los pocos compiladores que per-

Pigmeo: compilador y librerías para microcontroladores

Resumen: Pigmeo es un proyecto de software libre multiplataforma que tiene como objetivo proporcionar herramientas y librerías para el desarrollo de aplicaciones para microcontroladores de una manera más sencilla y rápida que con los compiladores tradicionales.

Palabras clave: C#, desarrollo sobre microcontroladores, librerías para microcontroladores, Mono, .NET, Pigmeo, Visual Basic .NET.

Autor

Adrián Bulnes Parra estudia Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial en la Universidad de Oviedo. Ha sido finalista del II Concurso Universitario de Software Libre en la categoría "Mejor Proyecto Innovador" con su proyecto Pigmeo y recibió el segundo premio en el campeonato de Microbótica organizado por la Universidad de Oviedo en julio del 2007. Trabaja habitualmente en proyectos independientes de software y hardware libre que son publicados en el sitio web <<http://urriellu.net>>.

miten utilizar lenguajes orientados a objetos en microcontroladores, pero al mismo tiempo ha sido diseñado para que el código generado tenga una eficiencia comparable a los compiladores tradicionales de C. De hecho, existen una serie de construcciones que Pigmeo Compiler puede compilar de manera mucho más eficiente que otros compiladores [1]. Para ello el compilador soporta varias implementaciones de las mismas características (pila, *heap*, recolector de basura, gestión de excepciones, tratamiento de variables locales...) y procesa todo el código posible en tiempo de compilación para que el microcontrolador no necesite ejecutar código que puede ser predecido por el compilador. Estas optimizaciones no se suelen encontrar en otros compiladores.

3. Pigmeo Framework

Pigmeo Framework es un conjunto de librerías que el usuario puede utilizar para escribir sus programas para microcontroladores. La mayoría de clases y funciones ofrecidas en estas librerías están orientadas a interactuar con periféricos integrados en los microcontroladores (temporizadores, conversor analógico-digital, generación de PWM, etc.) o periféricos externos (controladores de motores, displays de siete segmentos, memorias flash, pantallas LCD, etc.).

También se incluyen clases y funciones que permiten que los periféricos integrados en el microcontrolador sean configurados muy fácilmente, sin necesidad de editar los registros internos de manera individual. Además se ofrecen extensiones para el .NET Framework y tipos numéricos (enteros, de coma flotante, etc.) no disponibles en .NET.

4. Utilidades de desarrollo

Junto al compilador y a las librerías se ofrecen una serie de aplicaciones pensadas para facilitar el desarrollo de las aplicaciones que se lleven a cabo utilizando Pigmeo.

4.1. PMC

PMC permite ejecutar de manera secuencial y automática todos los programas necesarios para compilar el código fuente, es decir, ejecuta el compilador del lenguaje de alto nivel utilizado (C#, VB.NET...), a continuación llama a Pigmeo Compiler y por último al programa ensamblador para la arquitectura de destino. Esto permite convertir el código fuente de la aplicación en código máquina en un solo paso (ver **figura 1**).

4.2. PCG

Con PCG se puede generar código fuente de ejemplo en varios de los lenguajes de alto nivel disponibles para ser utilizados junto con Pigmeo. También se pueden generar plantillas de código útil para comenzar el desarrollo de nuevas aplicaciones para microcontroladores.

5. Factores innovadores en el proyecto

5.1. Situación actual

En la actualidad la inmensa mayoría de aplicaciones para microcontroladores se desarrollan en lenguaje ensamblador o C. Estos lenguajes permiten un gran control sobre el flujo del programa y acceso a características de bajo nivel del propio dispositivo. No obstante, esto hace que el desarrollo sea complejo, lento y muy propenso a errores, y aunque es cierto que algunos compiladores ofrecen librerías para facilitar el desarrollo,

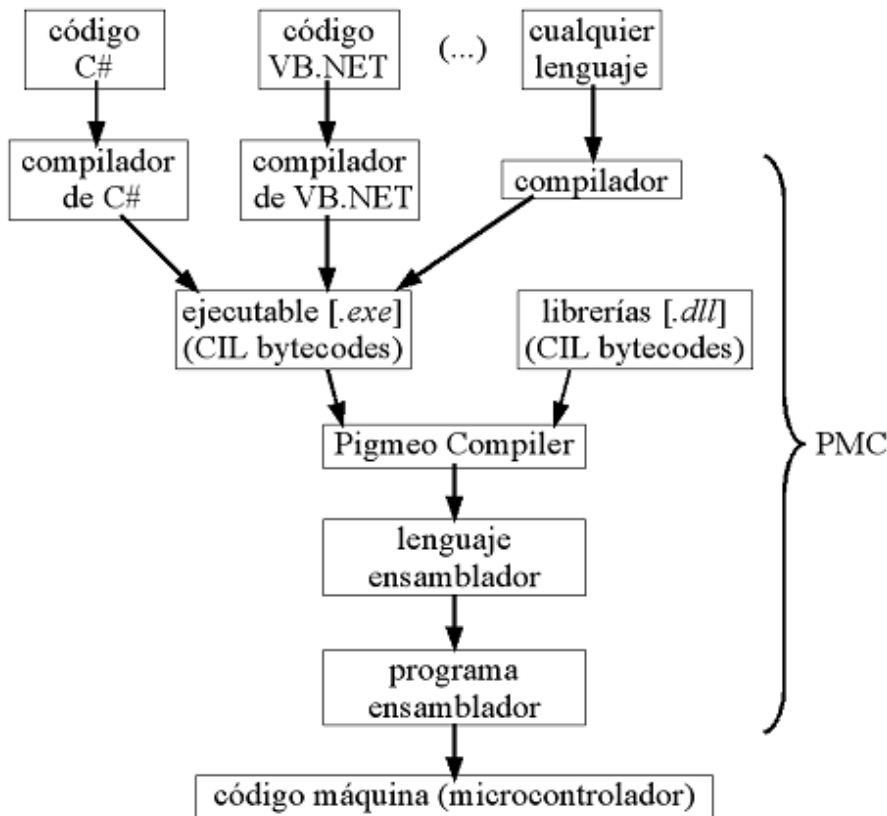


Figura 1. Proceso de compilación de una aplicación para microcontroladores utilizando Pímeo.

éstas a menudo no están bien organizadas ni documentadas.

5.2. Lenguajes de alto nivel

Generalmente, se piensa que el uso de lenguajes de más alto nivel hace que el programa final sea mucho más pesado, ineficiente, e impide controlar la ejecución del programa tan detalladamente como se haría con lenguajes como C. Esto es cierto en muchos casos, pero no necesariamente.

Por otro lado, incluso en el caso de que se perdiese un poco de rendimiento al utilizar lenguajes de más alto nivel, interesa poder desarrollar aplicaciones más rápidamente y menos propensas a errores. Hoy en día existen microcontroladores de gran velocidad y capacidad, para los que a menudo se necesita desarrollar aplicaciones muy complejas. Debido a que han de escribirse en lenguajes de bajo nivel y utilizando librerías muy limitadas, su implementación requiere gran cantidad de trabajo.

5.3. Problemas resueltos por Pímeo

El compilador del proyecto Pímeo permite desarrollar aplicaciones para microcontroladores en multitud de lenguajes de programación, tanto de alto como de bajo nivel. Estos programas pueden utilizar características de bajo nivel como punteros, acceso directo a registros de la CPU, configuración

bit a bit de los periféricos integrados del microcontrolador (convertor analógico-digital, temporizadores, buses de comunicaciones...), e incluso implementar partes del programa en lenguaje ensamblador; dichos programas también pueden utilizar características de alto nivel como el uso objetos y recolector de basura, manejo de excepciones, operaciones aritméticas con comprobación de desbordamiento, etc.

El conjunto de librerías que ofrece Pímeo Framework permite que operaciones comunes pero laboriosas como la configuración de periféricos integrados y el control de dispositivos externos simples (*displays* de siete segmentos, pantallas LCD, motores, etc.) se realicen de manera sencilla. Tareas más complejas como comunicaciones, almacenamiento en dispositivos externos, criptografía, operaciones matemáticas avanzadas y cálculos físicos, son tradicionalmente un quebradero de cabeza a la hora de ser implementados en microcontroladores, y por lo tanto estamos dándoles soporte a través de Pímeo Framework.

Algunas de estas características ya estaban disponibles para microcontroladores, pero requerían sistemas operativos o incluso máquinas virtuales, por lo que sólo podían usarse en microcontroladores muy potentes y hacían que el rendimiento de la propia

aplicación disminuyese. Con Pímeo, la aplicación del usuario se convierte en un sólo ejecutable monolítico que no requiere sistemas operativos ni máquinas virtuales. Incluye únicamente el código necesario para que el programa se ejecute y, al no depender de ningún otro código externo a la aplicación, su comportamiento es altamente predecible en tiempo de compilación y por lo tanto el programa puede ser compilado de manera muy eficiente.

5.4. Participación en el CUSL

Pímeo ha sido finalista en el II Concurso Universitario de Software Libre (CUSL). La participación en el concurso ha incentivado el desarrollo del proyecto y, aunque el CUSL haya terminado, Pímeo sigue avanzando, soportando más características y creando nuevas librerías.

Durante los últimos meses, una vez terminado el concurso, una buena parte de Pímeo Compiler ha sido reestructurada. Ahora el código es mucho más limpio y organizado, más cómodo de desarrollar, las optimizaciones que se implementan son compartidas de manera sencilla por todas las arquitecturas de microcontroladores disponibles, los distintos modelos de microcontroladores que poseen periféricos integrados similares comparten gran parte del código fuente y el usuario puede portar sus programas a otros modelos de microcontroladores, e incluso a otras arquitecturas muy fácilmente.

6. Comunidad de Software Libre

Tanto el compilador, como las librerías y herramientas de desarrollo ofrecidas por Pímeo están publicadas como software libre, todo el código fuente y la documentación son accesibles desde su sitio web oficial [2], y cualquier persona (incluso sin ser desarrollador oficial) puede colaborar en su desarrollo. De hecho, pretendemos que Pímeo Framework crezca principalmente gracias a colaboraciones y peticiones externas, haciendo que las librerías mejor soportadas y con mayor prioridad para ser diseñadas sean las que la propia comunidad necesita [3][4]. ¡Esperamos vuestras aportaciones!

Referencias

- [1] Sitio web de desarrollo. <<http://dev.pimeo.org>>.
- [2] Sitio web oficial del proyecto. <<http://pimeo.org>>.
- [3] Blog de Pímeo. <<http://es.blog.pimeo.org/>>.
- [4] Comunidad de desarrollo. <<https://sourceforge.net/projects/pimeo/>>. Cualquier persona tiene acceso a los repositorios de código fuente, listas de correo y Bug Tracker. Los desarrolladores no oficiales de Pímeo pueden enviar su código a la lista de correo de desarrollo o al Bug Tracker.