

**Novática**, revista fundada en 1975 y decana de la prensa informática española, es el órgano oficial de expresión y formación continua de ATI (Asociación de Técnicos de Informática), organización que edita también la revista REICIS (Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software). **Novática** co-edita asimismo UPGRADE, revista digital de CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies), en lengua inglesa, y es miembro fundador de UPENET (UPGRADE European Network).

- < <http://www.ati.es/novatica/> >
- < <http://www.ati.es/reicis/> >
- < <http://www.upgrade-cepis.org/> >

ATI es miembro fundador de CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies) y es representante de España en IFIP (International Federation for Information Processing); tiene un acuerdo de colaboración con ACM (Association for Computing Machinery), así como acuerdos de vinculación o colaboración con AdaSpain, AIZ, ASTIC, RITSI e Hispalinux, junto a la que participa en Prolnova.

**Consejo Editorial**

Joan Batlle Montserrat, Rafael Fernández Calvo, Luis Fernández Sanz, Javier López Muñoz, Alberto Libel Balloni, Gabriel Martí Fuentes, Josep Moias i Bertran, José Onofre Montes Andrés, Olga Pallás Codina, Fernando Piara Gómez (Presidente del Consejo), Ramon Puigjaner Trepal, Miquel Sarries Griño, Adolfo Vázquez Rodríguez, Asunción Yturbe Herranz

**Coordinación Editorial**

Llorenç Pagés Casas <pages@ati.es>

**Composición y autedición**

Jorge Llácer Gil de Rameles

**Traducciones**

Grupo de Lengua e Informática de ATI <http://www.ati.es/gt/lengua-informatica/>

**Administración**

Tomás Brunete, María José Fernández, Enric Camarero, Felicidad López

**Secciones Técnicas - Coordinadores**

**Acceso y recuperación de la información**

José María Gómez Hidalgo (Opennet), <jmgomez@yahoo.es>

Manuel J. María López (Universidad de Huelva), <manuel.maria@diesta.uhu.es>

**Administración Pública electrónica**

Francisco López Crespo (MAE), <flc@ati.es>

**Arquitecturas**

Enrique F. Torres Moreno (Universidad de Zaragoza), <enrique.torres@unizar.es>

Jordi Tubella Morgadas (DAC-UPC), <jordit@ac.upc.es>

**Análisis STIC**

Marina Touriño Troitiño, <marinatourino@marinatourino.com>

Manuel Palao García-Suelto (ASIA), <manuel@palao.com>

**Base de datos**

Isabel Hernando Collazos (Fac. Derecho de Donostia, UPV), <isabel.hernando@ehu.es>

Elena Davara Fernández de Marcos (Davara & Davara), <edavara@davara.com>

**Expediente Universitario de la Informática**

Cristóbal Paraja Flores (DSIC-UPM), <cparaja@si.upm.es>

J. Angel Velázquez Irujibe (DLSI, URJC), <angel.velazquez@urjc.es>

**Entorno digital personal**

Andrés Marín López (Univ. Carlos III), <amarin@it.uc3m.es>

Diego Gachet Páez (Universidad Europea de Madrid), <gachet@uem.es>

**Estándares Web**

Encarna Quesada Ruiz (Virati) <encarna.quesada@virati.com>

José Carlos del Arco Prieto (TCP-Sistemas e Ingeniería) <jcarco@gmail.com>

**Basión del Conocimiento**

Juan Baiget Solé (Cap Gemini Ernst & Young), <juan.baiget@ati.es>

**Informática y Filosofía**

José Ángel Olivas Varela (Escuela Superior de Informática, UCLM) <joseangel.olivas@uclm.es>

Kerim Gherab Martin (Liverpool University) <kgherab@gmail.com>

**Informática Gráfica**

Miguel Chover Sellés (Universitat Jaume I de Castellón), <chover@lsi.uji.es>

Roberto Vivó Hernández (Eurographics, sección española), <rvivo@dstc.upv.es>

**Linguística del Software**

Javier Dolado Cosin (DLSI-UPV), <dolado@si.uh.es>

Daniel Rodríguez García (Universidad de Alcalá), <daniel.rodriguez@uah.es>

**Inteligencia Artificial**

Vicente Botti Navarro, Vicente Julián Inglada (DSIC-UPV) <vbotti@inglada@dsic.upv.es>

**Información Persona-Computador**

Pedro M. Latore Andrés (Universidad de Zaragoza, AIPO) <platore@unizar.es>

Francisco I. Gutierrez Vela (Universidad de Granada, AIPO) <fgutierrez@ugr.es>

**Lenguaje e Informática**

M. del Carmen Ugarte García (BM), <cuarte@ati.es>

**Lenguajes Informáticos**

Oscar Belmonte Ferrández (Univ. Jaime I de Castellón), <belfern@lsi.uji.es>

Inmaculada Coma Tatay (Univ. de Valencia), <inmaculada.coma@uv.es>

**Linguística computacional**

Xavier Gómez Guinovart (Univ. de Vigo), <xggo@uvigo.es>

Manuel Palomar (Univ. de Alicante), <mpalomar@dlsi.ua.es>

**Mundo estudiantil y jóvenes profesionales**

Federico G. Mon Trotti (RITSI) <gnu.fede@gmail.com>

Mikel Salazar Peña (Área de Jóvenes Profesionales, Junta de ATI Madrid), <mikelxbo\_uni@yahoo.es>

**Profesión Informática**

Rafael Fernández Calvo (ATI), <rfcalvo@ati.es>

Miquel Sarries Griño (Ayto. de Barcelona), <msarries@ati.es>

**Redes y servicios informáticos**

José Luis Marzo Lázaro (Univ. de Girona), <joseluis.marzo@udg.es>

Juan Carlos López López (UCLM), <juancarlo@uclm.es>

**Seguridad**

Javier Arellano Bertolin (Univ. de Deusto), <jarellito@eside.deusto.es>

Javier López Muñoz (ETSI Informática-UMA), <jlm@cc.uma.es>

**Sistemas de Tiempo Real**

Alejandro Alonso Muñoz, Juan Antonio de la Puente Alfaro (DIT-UPM), <galonso.juanmie@dit.upm.es>

**Software Libre**

Jesus M. González Barahona (GSYC-URJC), <jgb@gsyc.es>

Isabel Herráiz Tabernera (UAX), <isra@herraiiz.org>

**Tecnología de Objetos**

Jesus Garcia Molina (DS-UM), <jmolina@um.es>

Gustavo Rossi (LIFIA-UNLP, Argentina), <gustavo@sol.info.unlp.edu.ar>

**Tecnologías para la Educación**

Juan Manuel Doboero Beardo (UC3M), <doboero@inf.uc3m.es>

César Pablo Córcoles Brinco (UOC), <ccorcoles@uoc.edu>

**Tecnologías y Empresa**

Didac López Viñas (Universitat de Girona), <didac.lopez@ati.es>

Francisco Javier Cantais Sánchez (Indra Sistemas), <fjcantais@gmail.com>

**Tendencias tecnológicas**

Alonso Alvarez García (TID), <aad@tid.es>

Gabriel Martí Fuentes (Interbits), <gabi@atinet.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <aguayo.guevara@loc.uma.es>

**editorial**

**2008-2011: tres años en la vida de ATI**

> 02

**Actividades de ATI**

**Reunión de ATI con una delegación china del CIE**

> 03

**Ramon Puigjaner investido doctor honoris causa por la Universidad de Asunción**

> 04

**XII Edición de las Jornadas de Innovación y Calidad del Software**

> 04

**Noticias de CLEI**

**Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2010)**

> 05

**monografía**

**Visión por computador**

(En colaboración con UPGRADE)

Editores invitados: *Didac López Viñas, Marc Bigas Bachs, Viktu Pons Colomer, László Szirmay-Kalos*

**Presentación. Visión por computador: Imaging Revolution**

> 08

*Didac López Viñas, Marc Bigas Bachs, Viktu Pons Colomer, László Szirmay-Kalos*

**Oclusión ambiental e iluminación indirecta basada en GPU**

> 10

*Balázs Tóth, Tamás Umenhoffer, László Szirmay-Kalos, Mateu Sbert*

**Percepción tridimensional, midiendo la realidad**

> 17

*Joaquim Salvi*

**Tecnologías 3D: Una mirada al futuro**

> 19

*Entrevista a Steve Schklair*

**Renderización no fotorealística en cinematografía**

> 22

*Tamás Umenhoffer, László Szécsi, Milán Magdics, Gergely Klár, László Szirmay-Kalos*

**De la creatividad a la Multimedia: Los "Serious Games"**

> 29

*Oscar García Pañella, Emiliano Labrador Ruiz de la Hermosa,*

*Anna Badía Corrons, Pau Moreno Font*

**20.000 fotografías bajo el mar**

> 33

*Rafael García*

**Los inicios del entorno WEB 3D**

> 35

*Jordi Llord*

**secciones técnicas**

**Entorno Digital Personal**

**Integración de servicios inteligentes de e-salud y acceso a la información para personas mayores**

> 37

*Diego Gachet Páez, Diego Expósito, Juan Ramón Ascanio, Rafael García Leiva*

**Estándares Web**

**Orinoco Framework: publicación, composición y ejecución de Servicios Web en ambientes GRID**

> 40

*Keyris Kiss, Eduardo Blanco, Yudith Cardinale*

**Mundo estudiantil y jóvenes profesionales**

> 48

**Kora: Control de entorno adaptable mediante dispositivos móviles**

*Jose Alcalá Correa*

**CasualServices: Busca y comparte tus servicios favoritos**

> 51

*Daniel Martín Yerga*

**TBO: Editor sencillo de cómics para GNOME**

> 54

*Daniel García Moreno*

**Visualizando los resultados de búsqueda a través de Visuse**

> 56

*José Luis López Pino*

**WikiUNIX: Tutorial en formato wiki sobre sistemas operativos Unix con plataforma de prueba**

> 58

*Noelia Sales Montes*

**Aprendizaje y prototipado con microcontroladores utilizando Curuxa**

> 61

*Adrián Bulnes Parra*

**Cañafote: Redes de sensores basados en placas Arduino**

> 63

*Álvaro Neira Ayuso*

**Tivion: Un simple reproductor de streaming para TV y radio online**

> 65

*Ángel Guzmán Maeso*

**Referencias autorizadas**

> 67

**sociedad de la información**

**Programar es crear**

**Sudoku (Competencia UTN-FRC 2009, problema B, solución)**

> 74

*Julio Javier Castillo, Diego Javier Serrano*

**Mi número de Erdos (enunciado)**

> 76

*Mi número de Erdos (enunciado)*

**asuntos interiores**

**Coordinación Editorial / Programación de Novática / Socios Institucionales**

> 77

**Monografía del próximo número: "Internet de las cosas"**

Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de los mismos. **Novática** permite la reproducción, sin ánimo de lucro, de todos los artículos, a menos que lo impida la modalidad de © o *copyright* elegida por el autor, debiéndose en todo caso citar su procedencia y enviar a **Novática** un ejemplar de la publicación.

**Coordinación Editorial, Redacción Central y Redacción ATI Madrid**

Padilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid

Tfn. 914029391; fax. 913093685 <novatica@ati.es>

**Composición, Edición y Redacción ATI Valencia**

Av. del Reino de Valencia 23, 46005 Valencia

Tfn./fax. 963330392 <secreval@ati.es>

**Administración y Redacción ATI Cataluña**

Via Lalestania 46, ppal. 1º, 08003 Barcelona

Tfn. 934129235; fax. 934127713 <secrecat@ati.es>

**Redacción ATI Aragón**

Lagasca 9, 3-B, 50006 Zaragoza

Tfn./fax. 976235161 <secreara@ati.es>

**Redacción ATI Andalucía**

Redacción ATI Galicia <secregal@ati.es>

**Redacción ATI Galicia**

**Suscripción y Ventas** <http://www.ati.es/novatica/interes.html>, ATI Cataluña, ATI Madrid

**Publicidad**

Padilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid

Tfn. 914029391; fax. 913093685 <novatica@ati.es>

**Imprenta:** Derra S.A., Juan de Austria 66, 08005 Barcelona

**Deposito legal:** B 15.154-1975 -- ISSN: 0211-2124; CODEN NOVATEC

**Portada:** La mirada circular - Concha Kries Pérez / © ATI

**Diseño:** Fernando Agresta / © ATI 2003

Julio Javier Castillo, Diego Javier Serrano  
 Laboratorio de Investigación de Software MsLabs, Dpto. Ing. en  
 Sistemas de Información, Facultad Regional Córdoba - Universidad  
 Tecnológica Nacional (Argentina)

<jotacastillo@gmail.com>,  
 <diegojserrano@gmail.com>

# Sudoku

## Presentación del problema

En este problema se solicita la verificación de una solución de un tablero de Sudoku totalmente completo. Por lo tanto no aparecerán espacios en blanco en la entrada. Nada se dice respecto a la inclusión de caracteres no válidos en la misma, es decir, caracteres distintos de los especificados en la línea ingresada en forma previa al tablero.

En esencia la solución del problema parece inicialmente trivial. Si bien se podría evaluar durante la carga del tablero que las combinaciones en las líneas horizontales sean válidas, para realizar las comprobaciones de las columnas y las regiones cuadradas, es necesario almacenar todo el tablero en alguna estructura de datos adecuada. Naturalmente en este caso elegiremos un arreglo bidimensional copiando exactamente la forma del tablero.

## Solución trivial

Por cada caso de prueba cargaremos un arreglo con los símbolos válidos del juego, que recibimos en una línea completa. Luego de esa línea se presentan las líneas del tablero y las cargaremos en el arreglo bidimensional para su posterior verificación.

A	B	C	D
---	---	---	---

A	B	C	D
C	D	A	B
B	A	D	C
D	C	B	A

La verificación del tablero consiste en inspeccionar cada línea horizontal y vertical, y cada región cuadrada. En cada inspección debe cumplirse que aparezcan todos los símbolos válidos; siendo la cantidad de símbolos igual al tamaño de cada línea y a la cantidad de casillas de cada región cuadrada, cada símbolo debe ser encontrado una y sólo una vez por inspección.

Por lo tanto cada inspección queda reducida a buscar en el arreglo de símbolos válidos los símbolos encontrados, llevando un conteo de apariciones. Apenas se detecte un símbolo repetido, se puede determinar que el tablero no es válido e interrumpir el control. Si luego de controlar cada línea horizontal y vertical y cada región cuadrada no se detectó ninguna inválida, se puede asegurar que el tablero fue correctamente completado.

## Regiones cuadradas

El control de las regiones cuadradas es quizás el punto más interesante del problema. Los tableros de Sudoku deben respetar una regla imprescindible: deben ser cuadrados cuyo lado sea a su vez un cuadrado perfecto. Con tal restricción es fácil determinar que deben existir tantas regiones cuadradas como casilleros tenga el lado del tablero y también que las regiones contienen la misma cantidad de casillas que símbolos válidos.

El enunciado de este problema apareció en el número 207 de *Novática* (septiembre-octubre 2010, p. 75). Es el problema B de los planteados en la Primera Competencia de Programación de la Facultad Regional de Córdoba (Universidad Tecnológica Nacional, Argentina) UTN-FRC celebrada en octubre de 2009.

Para recorrer todas las regiones cuadradas podemos plantear dos pares de ciclos anidados, que recorran por filas y columnas el tablero, de forma tal que el par externo recorre una región cuadrada por iteración, con incrementos de longitud  $\sqrt{n}$  (siendo  $n$  el lado del tablero). Luego, el par de ciclos interno recorre una región cuadrada completa realizando el mismo proceso de verificación de las líneas horizontales y verticales.

## Complejidad de la solución

A simple vista puede parecer que el recorrido con cuatro ciclos anidados provoca que nuestro algoritmo alcance una complejidad  $O(n^4m)$ , pero analizando correctamente los incrementos de los ciclos externos y los extremos de los internos, se identifica que en total realizan  $(\sqrt{n})^4$  iteraciones, manteniendo la complejidad en  $O(n^2m)$ , con  $n$  igual al lado del tablero y  $m$  igual al cardinal del conjunto de símbolos. Dado que  $m = n$ , la complejidad de la solución es  $O(n^3)$ .

## Solución alternativa

En la solución trivial encontramos un problema con el control de las regiones (tanto las lineales como las cuadradas), que es la lentitud en la identificación de los símbolos válidos. En principio es inevitable recorrer cada una de las  $n^2$  casillas, pero la búsqueda secuencial de cada símbolo del tablero en el alfabeto de símbolos válidos eleva la cantidad de iteraciones (y con ello las comparaciones).

Sería deseable reducir al mínimo el tiempo que involucre cada búsqueda, preferentemente hasta alcanzar un tiempo constante.

En vista que la cardinalidad del alfabeto es reducida, utilizar una estructura de datos que ofrezca búsquedas rápidas (árboles de búsqueda, tablas de *hash*) sería muy engorroso y no ofrecería una gran mejora. Además durante una competencia de programación debe evitarse el desperdicio de tiempo en implementar estructuras medianamente complejas, por lo tanto deberíamos identificar otra solución.

Un análisis simple nos puede dar una idea interesante. Recordando que el alfabeto de un tablero contiene como máximo 16 símbolos diferentes y que los lenguajes tradicionales nos brindan variables enteras de 32 bits, podemos plantear de forma diferente el almacenamiento del tablero.

En lugar de almacenar un arreglo bidimensional con los caracteres del tablero, podemos almacenar en cada posición un número entero, el cual tendrá un sólo bit encendido (1), y todos los demás apagados (0).

El índice del bit encendido corresponderá en cada caso al índice del símbolo en el alfabeto del juego. Así, si el alfabeto de símbolos es {A,B,C,D}, en la tabla almacenaremos un número 1 (0001<sub>2</sub>) por cada A, 2 (0010<sub>2</sub>) por cada B, 4 (0100<sub>2</sub>) por cada C y 8 (1000<sub>2</sub>) por cada D.

Con esta disposición, la verificación de cada región lineal o cuadrada se reduce a aplicar una suma lógica de todos los casilleros de la región, y considerando la misma como válida si el resultado de dicha suma lógica consiste en un número que tenga todos sus bits iguales a 1. Si existe alguna repetición de símbolos, la suma contendrá algún bit igual a 0, para el o los símbolos que no se encuentren en la región.

