

A composite image featuring a child in the foreground, seen from behind, reaching their right arm towards a bright, glowing star or nebula in the distance. The background is a deep space scene with swirling galaxies and star clusters. The text is overlaid on this image.

GRISEL:

Educación STEM con énfasis en EECS en la escuela secundaria

Ing. Arturo J. Miguel de Priego Paz Soldán
STEM and EECS Academy E.I.R.L.
(51) 987207696

Email personal: amiguel@pucp.edu.pe

- GRISEL es una plataforma de investigación científica, diseño en ingeniería y modelado matemático para la escuela secundaria basada en estándares internacionales, cursos de alta calidad, software de uso libre y hardware de bajo costo.
- Este caso de aplicación presenta una introducción a EECS (ingeniería electrónica/eléctrica e informática) mediante el descubrimiento y diseño de circuitos digitales con un aprendizaje basado en proyectos y en indagación:
 - Técnicas y enfoques de prácticas científicas y de ingeniería atendiendo a los contextos, intereses, estilos y ritmos de aprendizaje personales.
 - Resultados de aprendizaje con estudiantes de Chíncha, Cusco y Puno
 - Estadísticas de percepciones de aprendizaje en matemáticas después de usar circuitos electrónicos y robots.
- Entre las conclusiones se recomienda abordar los grandes desafíos de la ingeniería y los objetivos de desarrollo sostenible desde la escuela para la comunidad.

- Aplicaciones e impacto de EECS.
 - MIT, Department of Electrical Engineering and Computer Science
 - NAE. 2004. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century.
- Métodos de enseñanza y aprendizaje.
 - NRC. 2000. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition.
 - NAE and NRC. 2014. STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research.
- Estándares de ciencias e ingenierías.
 - Ministry of Education, Singapore
 - NRC. 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.
 - OECD. 2017. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving.
 - ABET Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2016 – 2017.

A partir de

Obtener

Observaciones, necesidades y oportunidades

Artículos, guías, prototipos, productos, presentados en conferencias, revistas, talleres.

Prácticas matemáticas (PISA)

1. Problema en contexto
Formular
2. Problema matemático
Aplicar
3. Resultados matemáticos
Interpretar
4. Resultados en contexto
Evaluar

Prácticas científicas y de ingeniería (NRC)

1. Formular preguntas y definir problemas
2. Desarrollar y utilizar modelos
3. Planificar y ejecutar investigaciones
4. Analizar e interpretar datos
5. Utilizar matemáticas y razonamiento computacional
6. Elaborar explicaciones y diseñar soluciones
7. Argumentar a partir de evidencias
8. Obtener, evaluar y comunicar información

Evaluación

Niveles cognitivos de Bloom

1. Conocer
2. Entender
3. Aplicar
4. Analizar
5. Sintetizar
6. Evaluar

A Framework for K-12 Science Education

Patrones – Causa y efecto – Escala, proporción y cantidad – Sistemas y modelos – Energía y materia – Estructura y función – Estabilidad y cambio

Modelo de instrucción 5E (BSCS)

Diseño y Descubrimiento (Intel)

Actividades extracurriculares

Laboratorios de ciencias

Historia

Juegos

Escuela secundaria

Talleres de ingeniería

Acertijos

Un marco

Sistemas de tiempo real

Administración de proyectos

Emprendimiento

Aprendizaje
basado en
proyectos

Aprendizaje
basado en
indagación

Modelado
matemático

Enseñanza

Metacognitiva

Aprendizaje

Significativo

El docente facilita datos,
y herramientas.

El estudiante analiza,
hace y reflexiona

Estándares

Indagación, modelado y diseño

Cambio mental

Como equipo, el profesor y los estudiantes
Investigan, diseñan, construyen y evalúan
productos útiles para la sociedad

Demostraciones

Simuladores

Hojas de datos

Tutoriales

Análisis

Aplicación

Aprendizaje

Indagación y
diseño

Transferencia

Trabajo
en equipo

Emprendimiento

Una metodología

Science Technology Engineering Mathematics

¿Cuáles son las especificaciones del sistema?

Descripción del sistema

¿Cómo definir las interfaces?

División HW/SW

¿Cómo dividir las tareas?

Programas Interfaces Circuitos

¿Cómo programar?

Integración del sistema

¿Cómo diseñar circuitos?

¿Cómo integrar y verificar el sistema?

Lenguajes de alto nivel

Especificación (Abstracción)

Hardware

Software

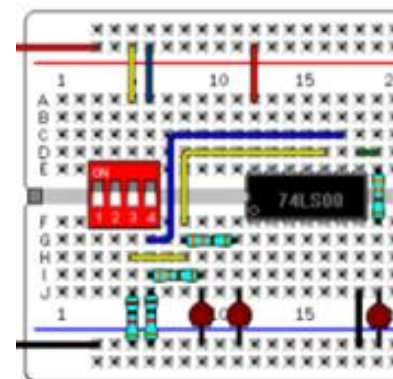
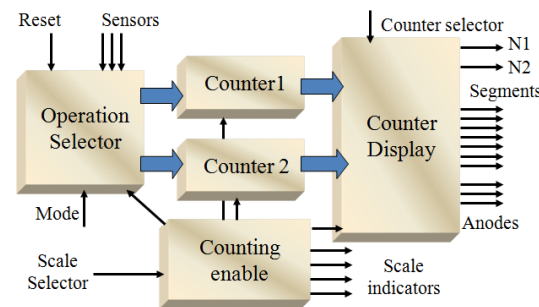
Circuitos y Sistemas

Construcción (Automatización, sistematización)

Tarjetas de desarrollo, kits, módulos, placas

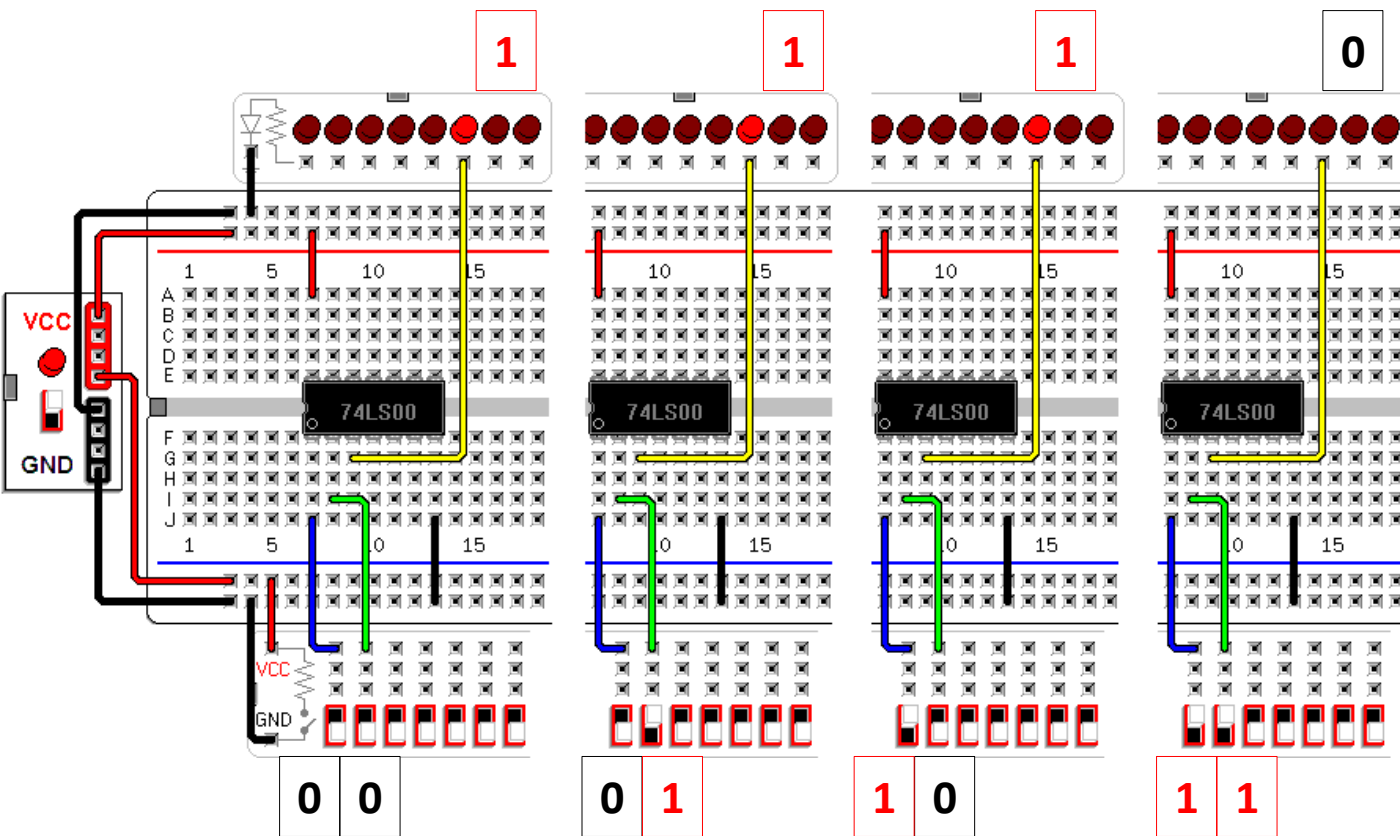
SystemVerilog VHDL

C C++ Python JAVA

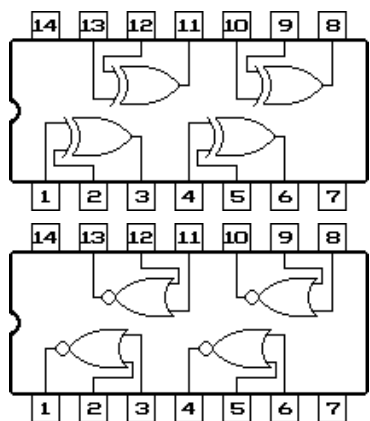


Microcontroladores, lógica programable, ASIC, circuitos estándares.

Una aproximación al diseño digital



Cuando ambos interruptores están hacia arriba el led se apaga. Cuando están hacia abajo el led se prende.



NAND true table

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

if A = '0' then
S <= '1';
else
S <= not B;
end if;

if A = B then
S <= not A';
else
S <= '1';
end if;

Simulación y análisis de una NAND

Tabla NAND

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Complementar las salidas

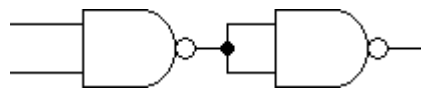


Tabla AND

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla XOR

Tabla NAND al revés

A	B	S
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

Complementar las entradas

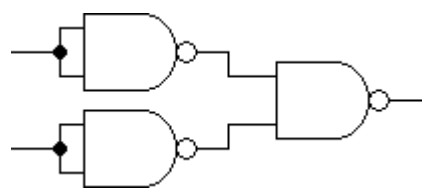
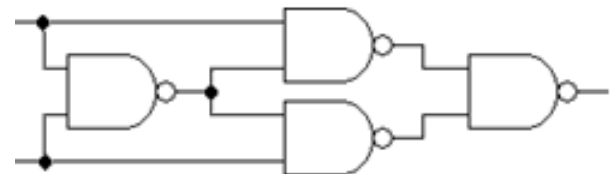
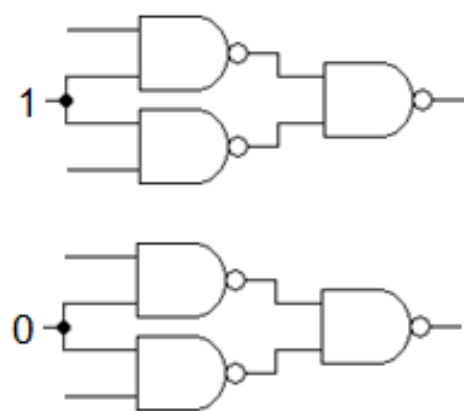


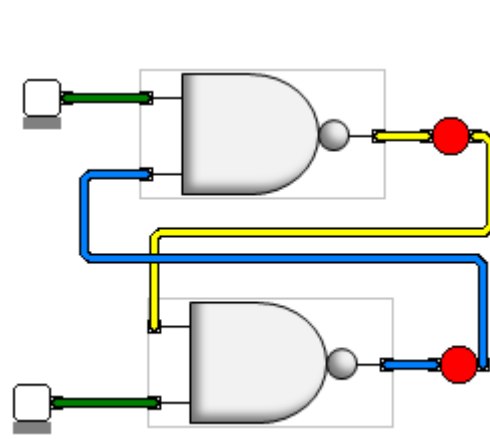
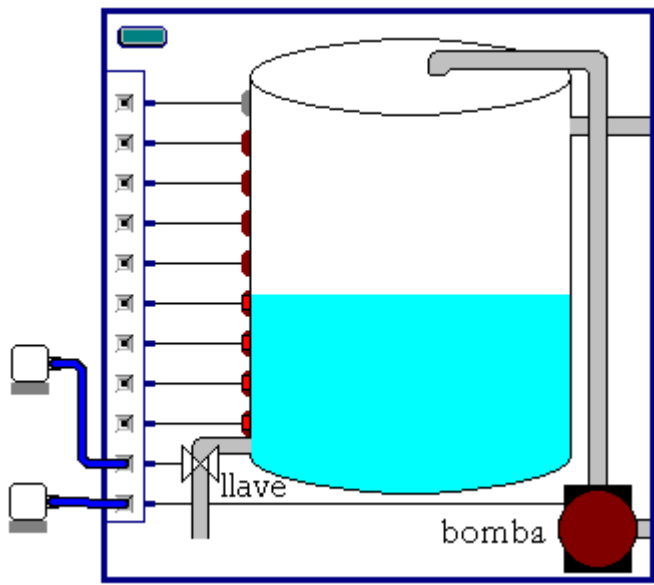
Tabla OR

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

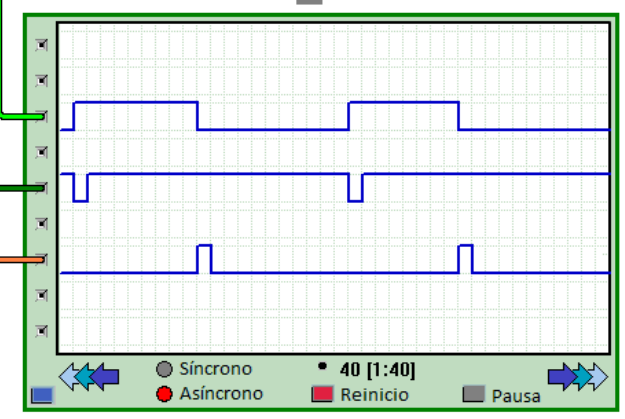
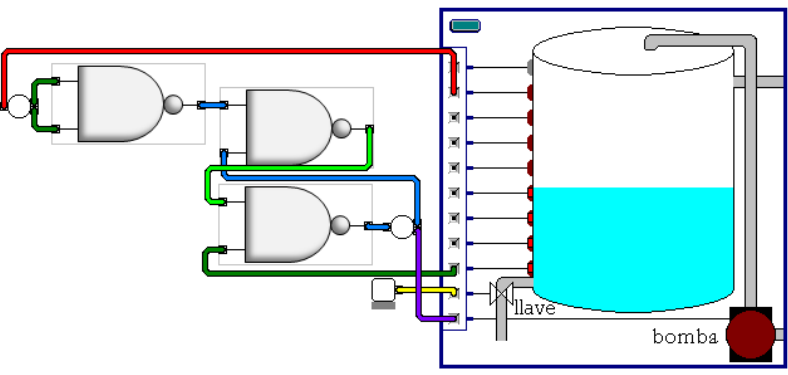
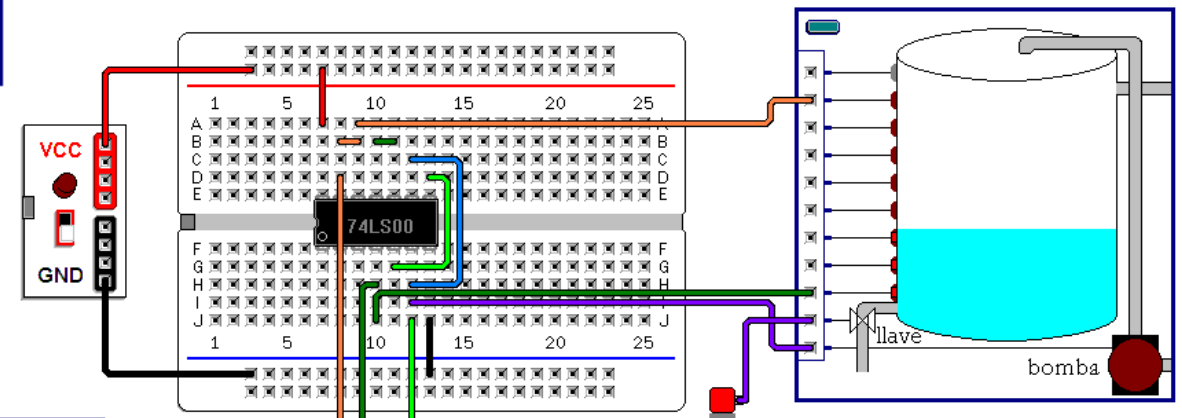


1854 – George Boole
1904 – E.V. Huntington
1938 – C.E. Shannon

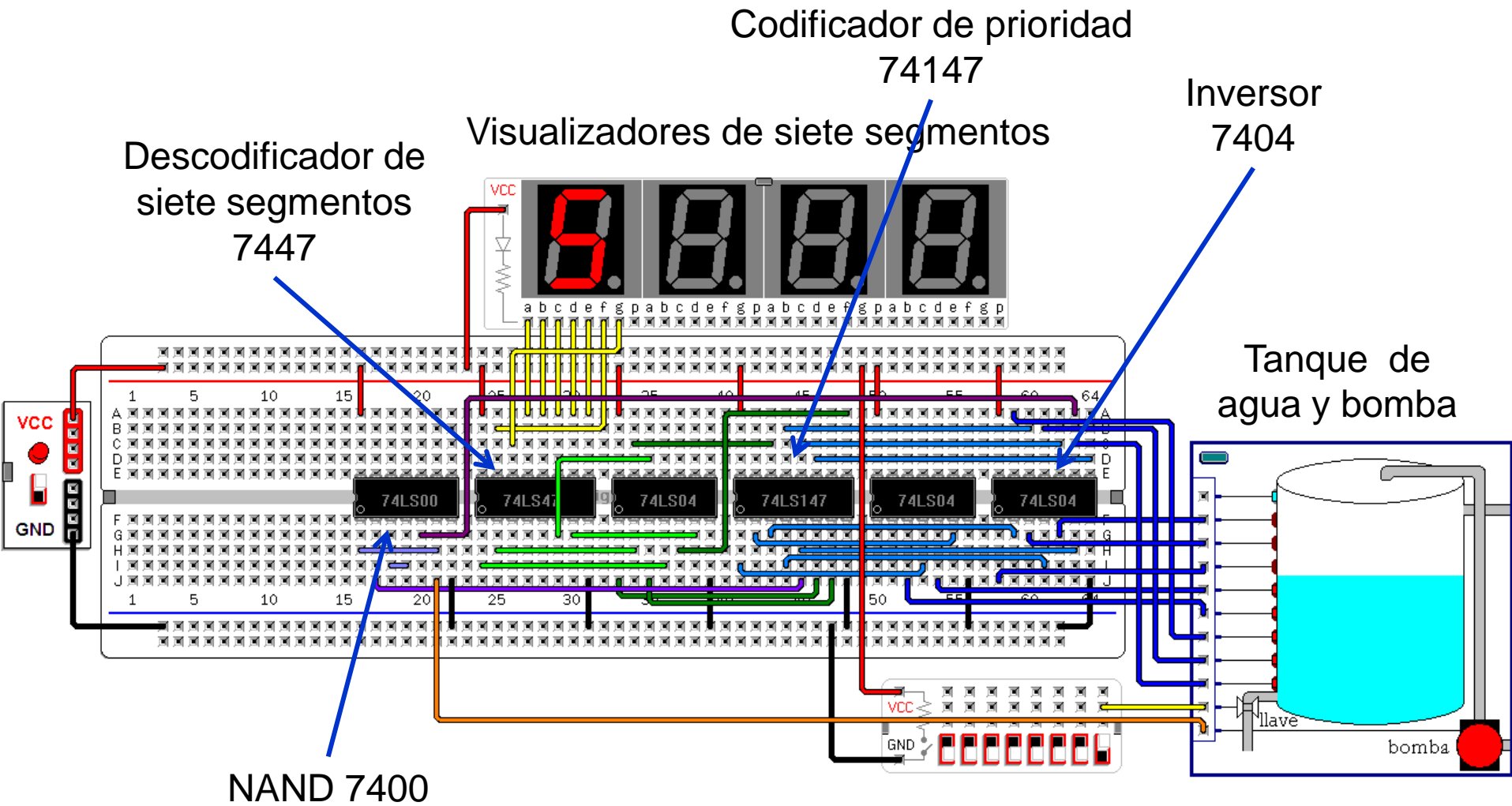
Deducción de funciones AND, OR, and XOR



S	0	0	1	1	1	0	1	0
R	0	1	1	0	1	0	1	1
Q	1	1	1	0	0	1	?	1
\bar{Q}	1	0	0	1	1	1	?	0



Latch SR con funciones NAND



Los circuitos digitales pueden realizar funciones lógicas y aritméticas

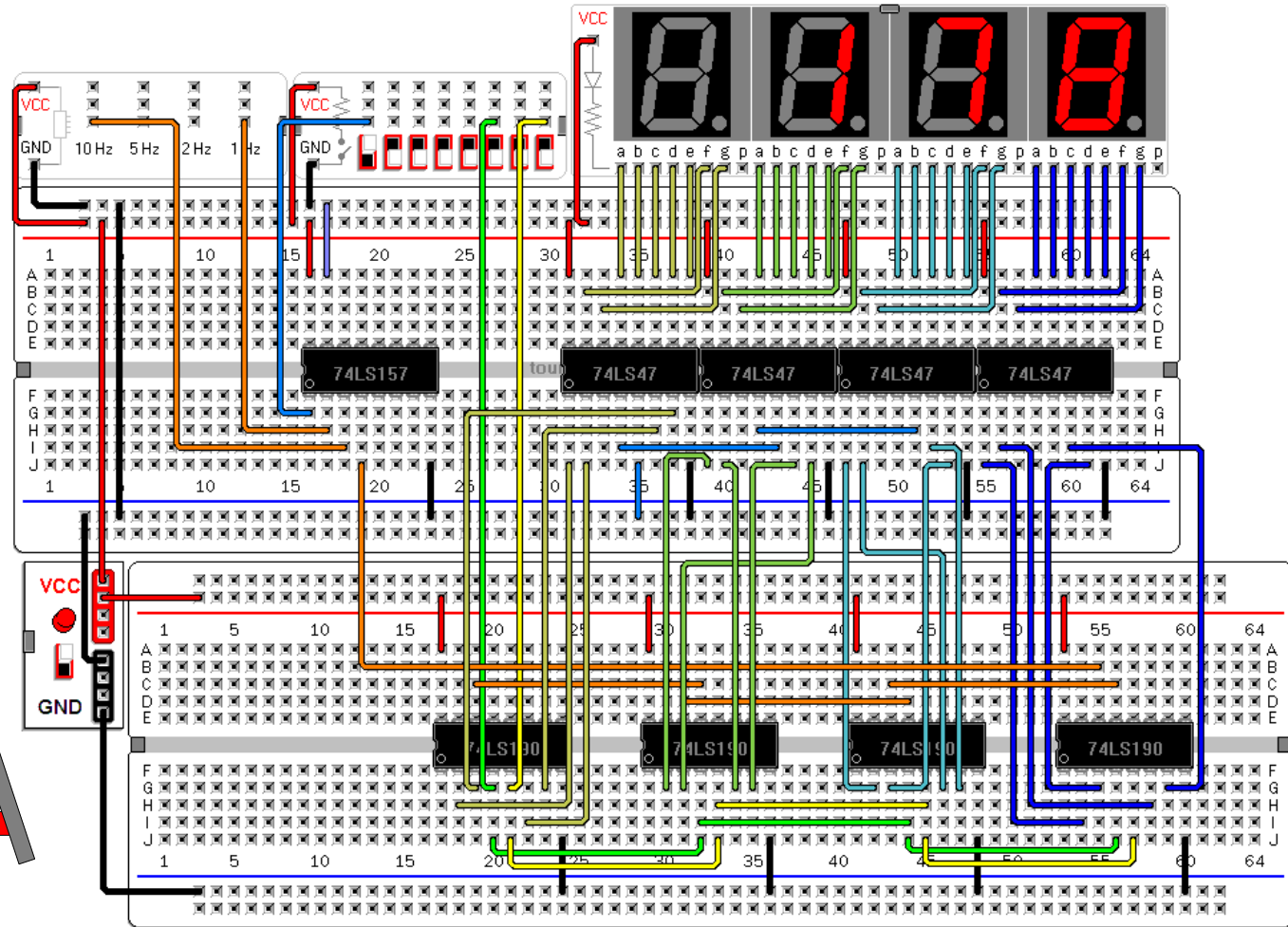
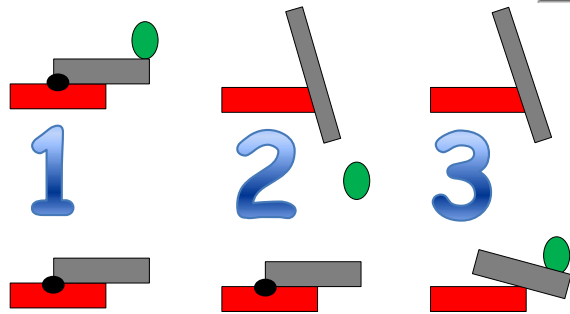
Hay muchas maneras de realizar funciones lógicas

Monitoreo y control del nivel de agua en un tanque

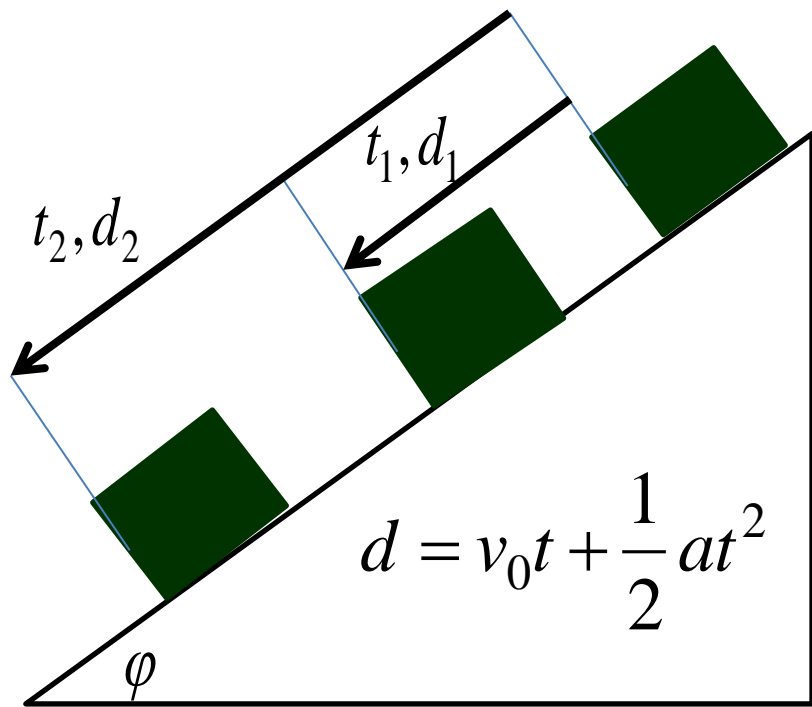
$$d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Si $v_0 = 0$

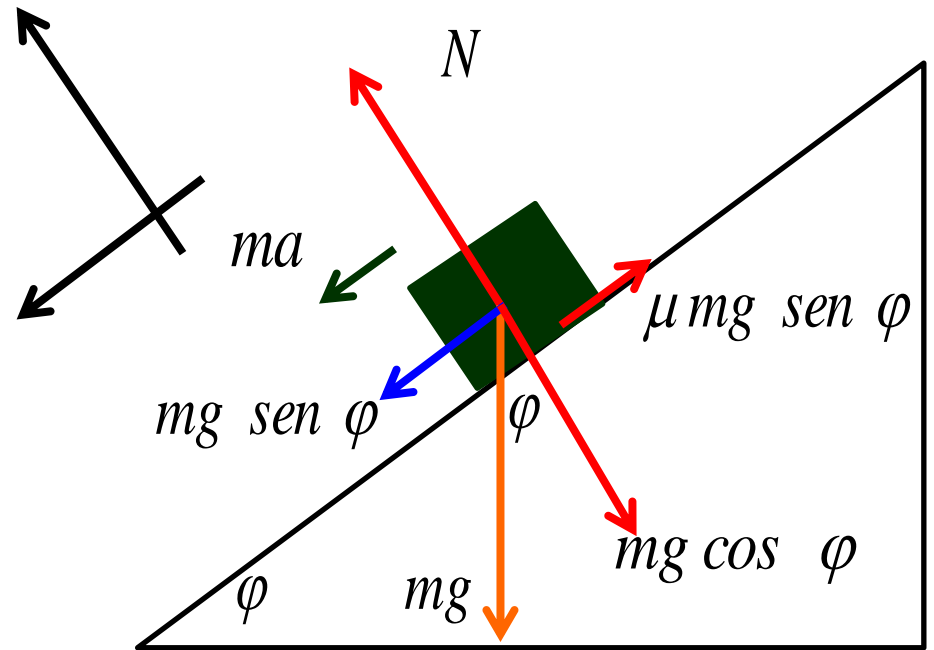
$$\Rightarrow d = \frac{1}{2} a t^2$$



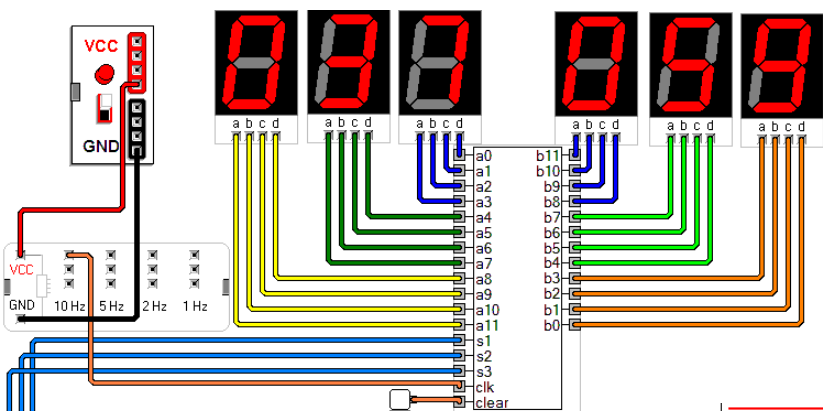
Diseño de un cronómetro para calcular aceleración constante



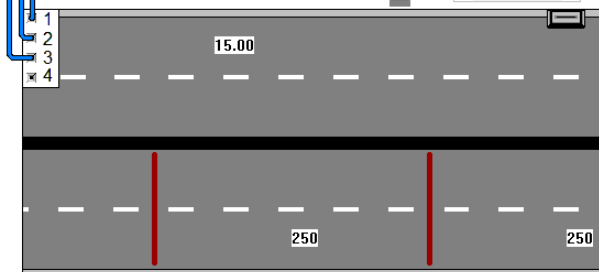
$$a = \frac{2 \left(\frac{d_2}{t_2} - \frac{d_1}{t_1} \right)}{t_2 - t_1}$$



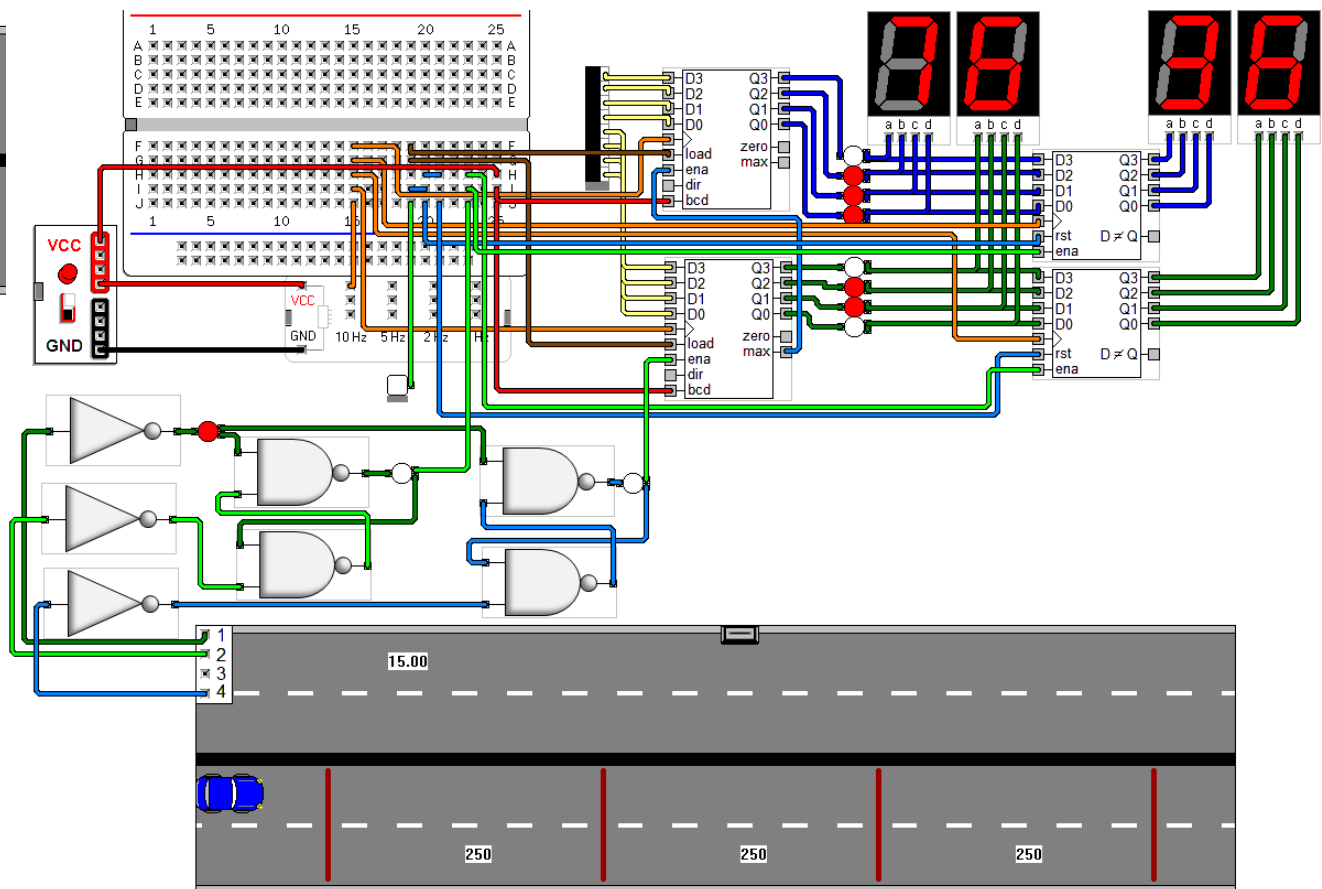
$$a = g(\sin \varphi - \mu \cos \varphi)$$



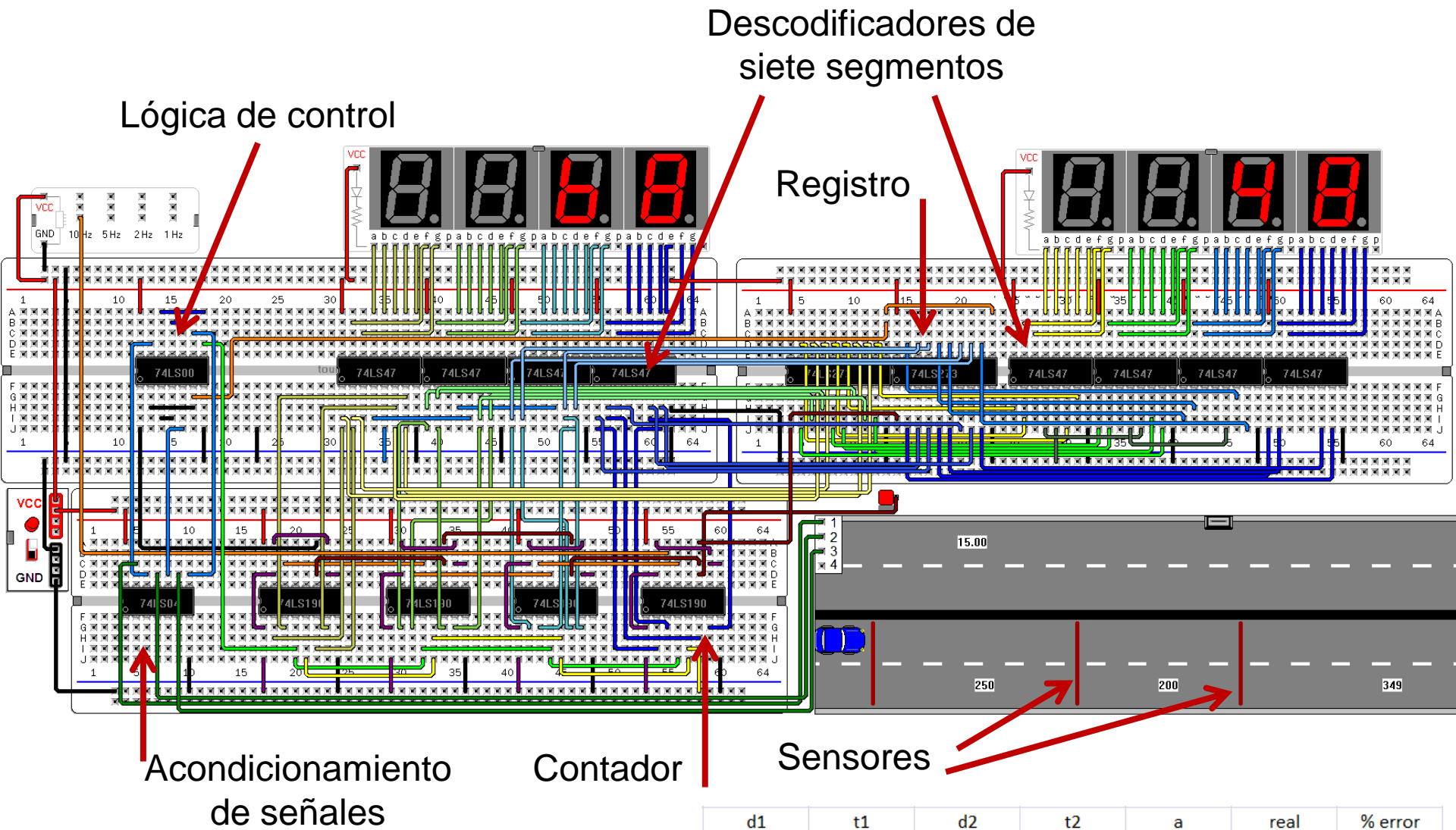
Simulación
estructural



Simulación
funcional



Diseño lógico con símbolos y bloques

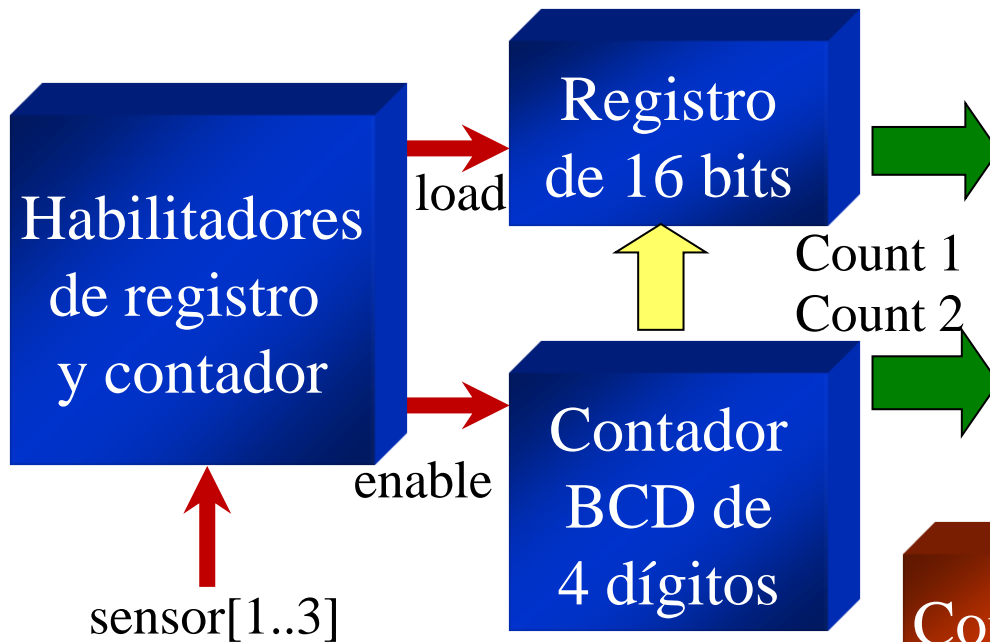


d1	t1	d2	t2	a	real	% error
250	3,7	500	5,9	15,62	15	4,11
250	4,8	450	6,8	14,09	15	-6,05
250	3,6	500	5,8	15,24	15	1,59
256	3,9	506	6,2	13,89	14	-0,80
120	3,7	350	7,1	9,92	9,8	1,22

Diseño con chips TTL

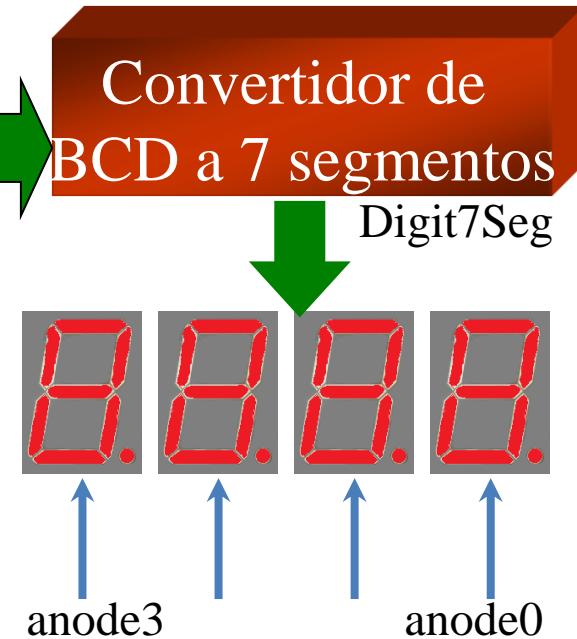


Entrada y procesamiento de datos



Selector de cuenta

$$a = \frac{2 \left(\frac{d_2}{t_2} - \frac{d_1}{t_1} \right)}{t_2 - t_1}$$



Visualización de datos

Una versión para FPGA

TwoMechanicalSensors

```

1 unsigned long nStart, nStop, t;
2
3 /* cuando los contactos están cerrados las entradas
4 se fijan a VCC, y cuando se abren se fijan a GND */
5 int First = 7;
6 int Second = 4;
7
8 void setup(){
9     Serial.begin(9600);
10 }
11
12 void loop()
13 {
14     Serial.println("Una los contactos para empezar.");
15
16     // espera que ambos contactos se cierren
17     while (digitalRead(First) == LOW ||
18           digitalRead(Second) == LOW) {}
19
20     // posibles rebotes mecánicos
21     nStart = micros();
22     while (micros() - nStart < 400000) {}
23
24     // espera que se abra el primer contacto
25     while (digitalRead(First) == HIGH) {}
26

```

1

CAÍDA LIBRE

T	H	g		error
0,285	0,42	10,34	9,77	5,85
0,286	0,395	9,66	9,77	-1,14
0,297	0,392	8,89	9,77	-9,03
0,3	0,405	9,00	9,77	-7,88

```

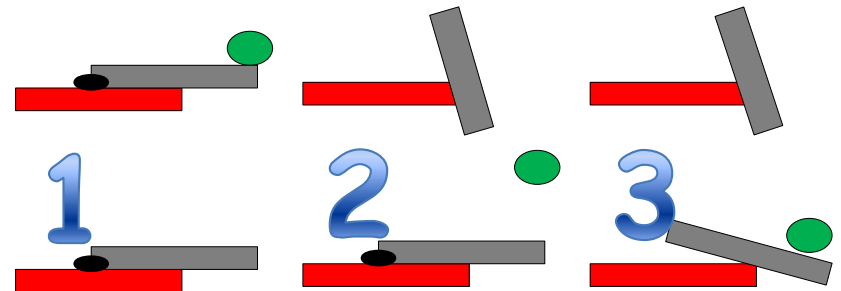
27 // registra e informa el momento de inicio
28 nStart = micros();
29 Serial.print("Inicia en ");
30 Serial.print(nStart/1000);
31 Serial.println(" milisegundos.");
32
33 // espera que se abra el segundo contacto
34 while (digitalRead(Second) == HIGH) {}
35
36 // registra e informa el momento final
37 nStop = micros();
38 Serial.print("Inicia en ");
39 Serial.print(nStop/1000);
40 Serial.println(" milisegundos.");
41
42 // calcula e informa el tiempo transcurrido
43 t = nStop - nStart;
44 Serial.print("Tiempo transcurrido: ");
45 Serial.print(t/1000);
46 Serial.println(" milisegundos.");
47 Serial.println("");
48 Serial.println("");
49 }
50

```

2

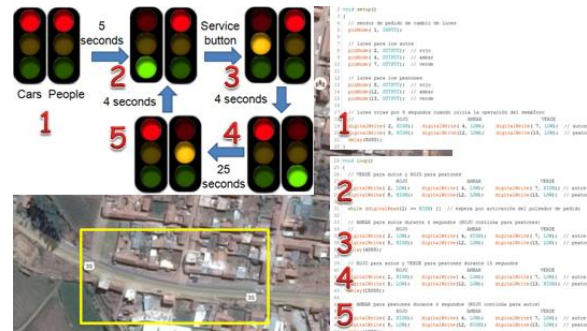
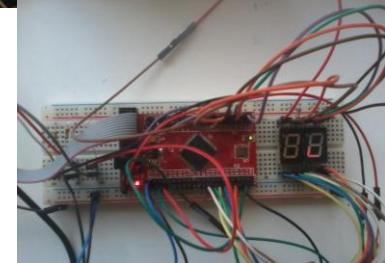
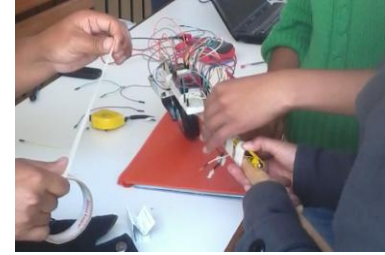
3

$$h = \frac{1}{2} gt^2$$



Una versión con microcontroladores

- Colegio Nacional José Pardo y Barreda, Chincha
 - Kit para experimentos de cinemática
 - Primer puesto en concurso de electrónica para escolares, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2010
- I.E. Ramón Castilla, Pucyura, Cusco
 - Controlador de tráfico en carretera, 2016
 - Contador de vehículos
 - Pulsera con sensor de obstáculo
- Colegio de secundaria en Chucuito, Puno
 - Bastón electrónico para invidentes.
 - Finalista, Desafío STEM Latinoamérica, 2017
 - Primer puesto en concurso de sesiones de aprendizaje, Universidad Católica San Pablo, Arequipa, 2017



- Workshop: Approaching STEM Education with an Emphasis on EECS for High School Students: Practical Cases for Teaching and Learning Math with Science and Engineering. Redesigning Pedagogy International Conference, Singapore, 17 - 19 March 2021 (*accepted*).
- Teaching and Learning STEM in Peruvian High Schools with an Emphasis on Electrical Engineering and Computer Science. EPiC Series in Education Science Volume 3, 2020, Pages 174-177. Proceedings of the MIT LINC 2019 Conference.
- Workshop: Teaching and Learning Electrical Engineering and Computer Science in High School with a STEM Approach. 21th International Conference on Interactive Collaborative Learning, Kos, Greece, 2018.
- Out-of-School STEM Education and Project-Based Learning with Emphasis in Electrical Engineering and Computer Science for Peruvian High School Students”, WEEF & GEDC, Seoul, 2016.
- A Framework for K-12 Engineering Education at Low Budget Institutions. Engineering Leaders Conference on Engineering Education, Doha, 2014.
- A Builder and Simulator Program with Interactive Virtual Environments for the Discovery and Design of Logic Digital Circuits. 43rd Annual Frontiers in Education Conference, Oklahoma, 2013.

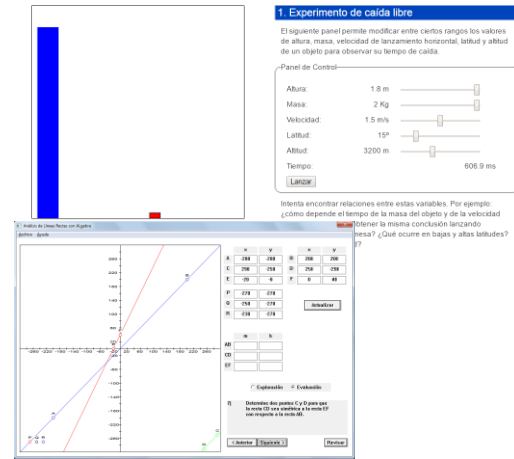
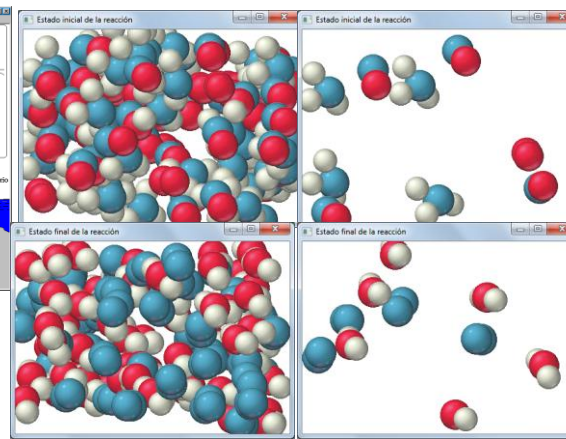
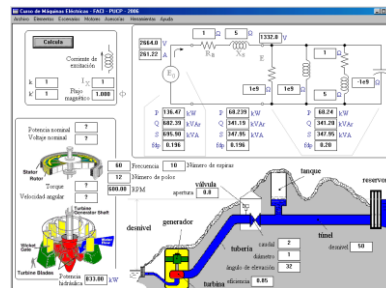
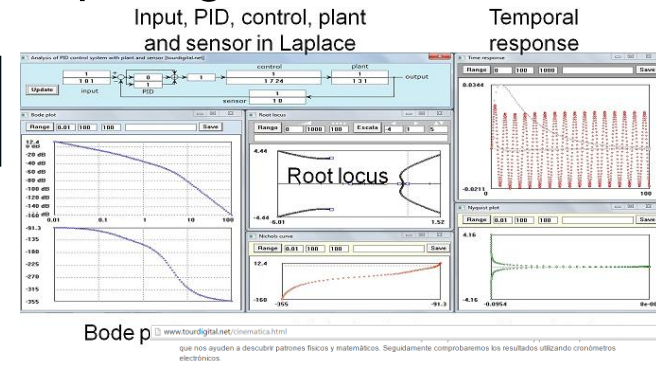
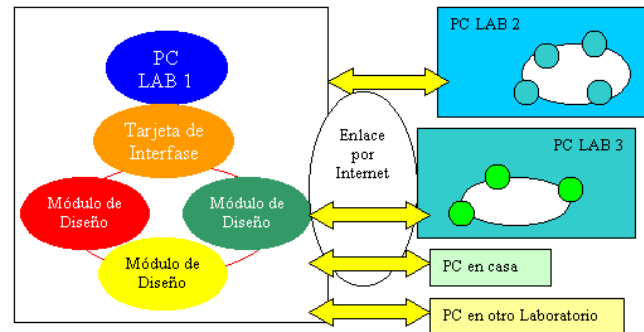
Retos y Desafíos

- Grandes retos para la ingeniería de la NAE
- Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU
- Sistemas educativos



Oportunidades

- Cursos gratuitos (MOOC) y referencias técnicas (notas de aplicación, seminarios web, tutoriales) de alta calidad.
- Entendimiento de cómo aprendemos
- Electrónica de alto desempeño y bajo costo.
- Herramientas de cómputo gratuitas.



Desafíos y oportunidades

STEM and EECS Academy

Aprendizaje constructivo, significativo y metacognitivo
STEM con énfasis en EECS.

Los estudiantes aprenden a:

- Analizar, diseñar, construir y verificar circuitos electrónicos y programas de computadora aplicando el diseño en ingeniería y la indagación científica.
- Identificar y resolver problemas del mundo real desarrollando emprendimientos con estándares de administración.

Discovery

Knowing
the world

Design

Transforming
the world

Digital circuits

Electrical circuits

Math

Python/C++

Programmable logic

Electronic circuits

JAVA

Physics

Microcontrollers

Sensors, actuators

Chemistry & Biology

Linux programming

Embedded
Systems

Digital Signal
Processing

Artificial
Intelligence

Machine
Learning

Engineering Design, Scientific Inquiry, Mathematical Modeling

Entrepreneurship

Making a better world

- Considere un aprendizaje basado en proyectos de ingeniería y en indagación científica para resolver problemas reales y significativos conectando diferentes conceptos, ciencias y tecnologías.
- Comience con circuitos integrados discretos para establecer los conceptos básicos, las aplicaciones cotidianas y los retos tecnológicos. Luego proceda hacia la lógica programable y los microcontroladores para manejar la complejidad y la flexibilidad en el diseño digital.
- Utilice tanto hardware como simuladores y herramientas académicas e industriales.

“The function of education is to teach one to think intensively and to think critically.” “Intelligence plus character: that is the goal of true education.”
Martin Luther King Jr.

“Example is not the main thing in influencing others. It is the only thing.”
Albert Schweitzer

Conclusiones