




El Mundo es Análogo, y las Oportunidades son Muchas

Prof. Gabriel A. Rincón-Mora

Georgia Tech Analog and
Power IC Design Lab

<http://www.rincon-mora.com>



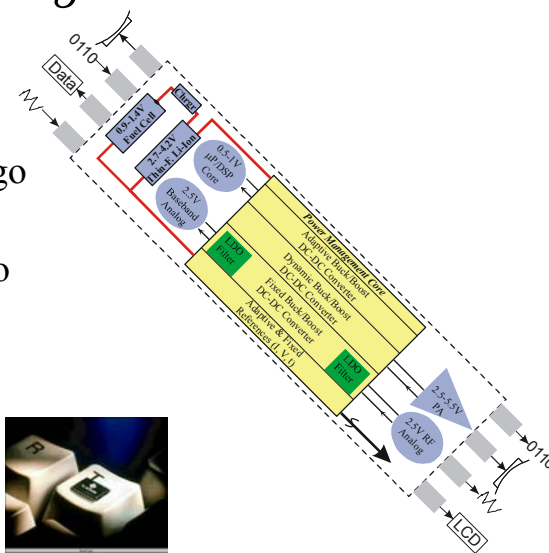
Título: El Mundo es Análogo, y las Oportunidades son Muchas

Resumen:

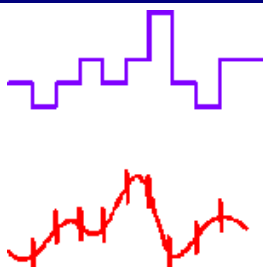
Los avances y logros del campo “digital” son impresionantes y muy útiles, pero solo considerándolos dentro de un esquema análogo. La vida, en general, como los biorritmos corporales, señales sísmicas, y hondas sonoras, es un mundo análogo, donde los sistemas digitales solo encuentran utilidad cuando son traducidos a señales análogas y cuando su energía es generada y distribuida por el brazo indispensable de productos análogos. Oportunidades de estudio, empleo, crecimiento, y avance en este campo son, por consiguiente, innumerables. Georgia Tech no solo es una de las mejores universidades del mundo en este campo pero también en estudios digitales (DSP – Digital Signal Processing), cual es el hermano complementario y promotor de avances tecnológicos en el mismo mundo análogo. Georgia Tech ofrece varias oportunidades a los estudiantes que tengan empeño y dedicación, incluyendo becas e “internships”. SURE (Summer Undergraduate Research in Engineering/Science) es uno de estos programas donde estudiantes, antes de graduarse, pueden trabajar en un proyecto con un profesor en Georgia Tech, lo cual es normalmente un trampolín para oportunidades y becas de estudios avanzados (M.S. y Ph.D.). En fin, las oportunidades para participar en el campo tecnológico son vastas, y buenos estudiantes siempre serán bienvenidos.

Organización

- El Mundo Análogo
- Oteando el Futuro
- Oportunidades



El Mundo Análogo

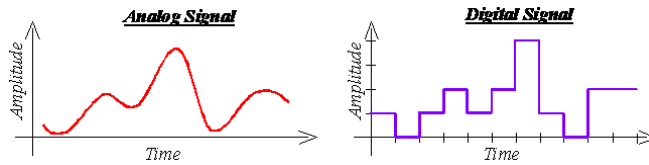


Diferenciando lo Digital de lo Análogo...

- Definición:

Señal Análoga: Una señal **continua** en **tiempo** y **espacio**.
La señal es **análoga a la información física** que ella representa.

Señal Digital: Una señal **construida por partes**, con información discreta en **tiempo** y **espacio**.



- Análogo = digital + todos los innumerables puntos entre cada nivel**

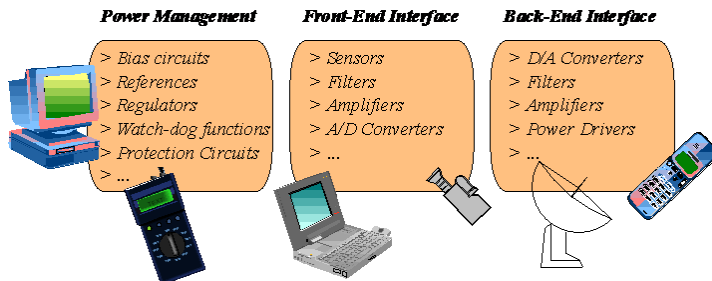
¿Por Qué Análogo?

- Realidad de la Vida: **Señales físicas son continuas en tiempo y espacio** - Señales Análogas
* Biorritmos corporales, señales sísmicas, ondas sonoras, video...

Pero **señales digitales son fáciles de procesar** y menos vulnerables a condiciones externas.
Alta inmunidad contra el ruido - Menos errores

Conclusión: **procesar digitalmente lo mas posible.**

- Realidad de la Vida: **Aunque todo se procesara en el mundo digital, funciones análogas siempre existirán.**



¿Que es más difícil, lo Análogo ó lo Digital?

Analog Design Process

Specification
 * System Design
 * Circuit Design
 * Component Design
 * Circuit Simulations
 * Worst-Case Ckt. Simulations (Temp. & Process)
 * System Simulations
 * Worst-Case Sys. Simulations (Temp. & Process)
 * Circuit Layout Design
 * Top-Level Layout/Interconnect
 Verification
 Fabrication
 * Device Debug
 * Circuit Debug
 * System Debug

Digital Design Process

Specification
 * System Design
Ckt. = Autogenerated

 * System Simulations

Ckt. Layout = Autogenerated
Top-level = Autorouted
 Verification
 Fabrication

 * System Debug

* Designer's major tasks

7

¿Que es más difícil, lo Análogo ó lo Digital?

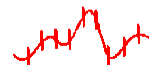
- Tendencia: System-on-chip (SoC) - Diseños de señales mixtas (Mixed-Signal Design)

Ruido digital se mezcla con señales análogas
 por medio del "substrate", "supply voltages", y circuitos
 - **Diseño análogo se convierte mas dificultoso**



- Tendencia: "Pass/Success Ratio" de diseños de circuitos integrados (IC)

- Diseños **digitales** ~ 1 y diseños **análogos** ~ 2 - 3



- Tendencia: **Diseño análogo no se puede automatizar**



Archivos de diseños estándar no existen
 - cada aplicación tiene sus propios requisitos

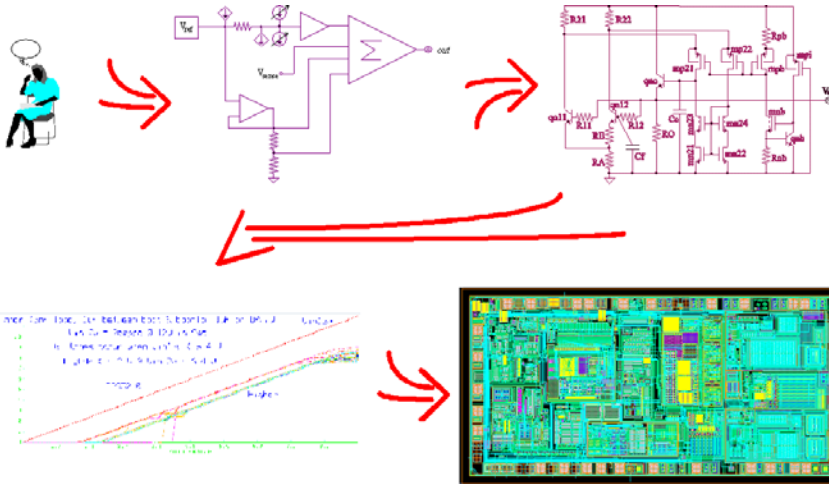
Ej., Amplificador - miles de diseños existen, cada uno con su propio propósito y especificaciones necesarias para desempeñar una variedad de funciones.

- **El diseño análogo es difícil, siempre retando y forzándolo al ingeniero a crear soluciones nuevas y eficaces.**

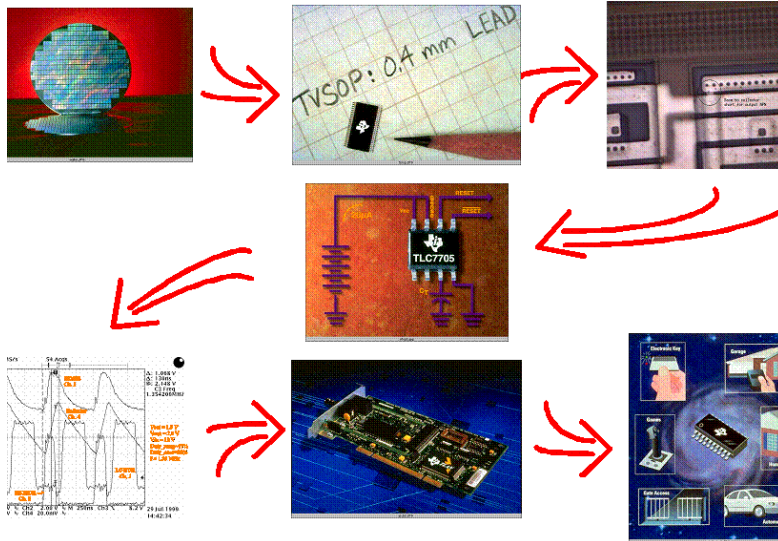
- **Buenos diseñadores de circuitos análogos siempre estarán en demanda.**

8

Bueno...y el Proceso...



Bueno...y el Proceso...



Ya mi me gusta porque...

Se me hace súper interesantísimo...

- Primero, es un **reto** - Circuitos análogos son sensibles a todo tipo de ruido y factores.
- Segundo, es **creativo** - Es como dibujar o escribir, excepto que varios tipos de diodos, transistores, condensadores, y resistencias son nuestras pinturas y vocabulario.
- Tercero, se me hace un proceso **intuitivo** - Es mucho más que números, ecuaciones, “truth tables”, y física. Uno se maneja con señales y situaciones prácticas de la vida, manipulando señales continuas en tiempo y espacio y retroalimentándolas en lazos cerrados para controlar y desempeñar funciones prácticas.



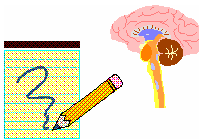
11

Ya mi me gusta porque...

- Cuarto, trabajo de alta tecnología (**state-of-the-art**)
- Quinto, es un proceso **difícil y a la vez simple**



Requisito básico: **Diseñador, lápiz, y servilleta**



Los mejores y más elegantes diseños normalmente nacen en un café, y a veces hasta en sueños.

La **computadora** nada más se utiliza para cerciorar, verificar, y documentar - **inútil para diseño, en sí.**

Diseño análogo es mucho más que un circuito o un producto...

Es una aventura...

12

Oteando el Futuro



¿"Self-Powered Chips"?

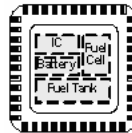
- **Demanda:** Implantes médicos y diagnósticos, productos móviles para el consumidor, equipo móvil (exploración y monitoreo militar, espacial, e industrial), etc.

- * **Portátil** (pequeño y compacto)
- * **Ligero**
- * Operación de **larga duración**
- * Fuente de **poder integrado** ("Self-Powered")

Solución = **Integración Total**

Y considerando costo y tamaño,

Integración Total en Chip



- * "System-on-Chip (SoC)" - Integrar en la cama de silicón
- * "System-in-Package (SiP)" - Encapsular dentro del plástico
- * "System-on-Package (SoP)" - Anexar al chip plástico

Soluciones SoC/SiP/SoP

- Integración de componentes compatibles con el chip:

- * **Fuentes de Energía:** Generadores a base de Movición (**Vibración**) y **Termo-Eléctricos - MEMS**

- * **Depósitos de Energía:**

- Condensadores - **MEMS**, CMOS Poly-Poly-Active, y **Multiplicadores en CMOS**

- Inductores - **MEMS** y **Multiplicadores en CMOS**

- Baterías - Tecnología de "**Thin-Film Lithium-Ion**"

- "**Fuel Cells**" - Micro-Células en SiP

- * **Circuitos de Regulación de**

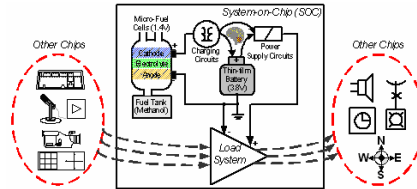
- Poder y Energía:** Reguladores,

- Monitores, etc.

- * **Sistema Principal (Funciones CMOS):**

- Transmisores, Censores, CPUs,

- Convertidores, Amplificadores, etc.

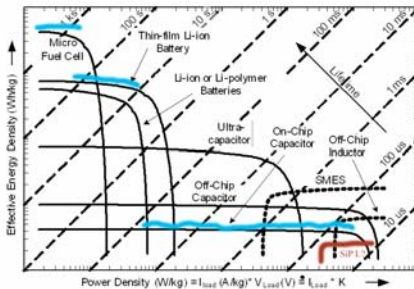


MEMS - Sistemas de Micro-Maquinas Eléctricas

Regulación de Poder y Energía

- Depósitos de Energía:** Propósito = Maximizar Tiempo de Vida

Grafico de Ragone



- * "Fuel Cell": **Lento** y energía máxima en **baja corriente**

- * "Li-Ion": **Más rápido** y energía máxima en **corriente moderada**

- * Condensador: **Rápido** (alto di/dt) y energía máxima en **alta corriente**

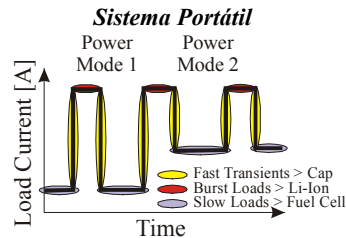
- * Inductor: Mañoso y lento, pero útil para **transferir energía** en forma de corriente

- * **Saltar de depósito en depósito** para suplir la máxima energía posible (partes horizontales del grafico) y entonces extender la vida operativa del producto (i.e., maximizar "battery life").

Regulación de Poder y Energía

Transferencia de Energía:

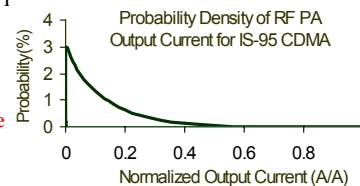
- * Sistema principal tiene **varios estados**
(dormido, medio-despierto, máximo poder, etc.)
- * **"Fuel Cell"** suple parte **DC**
- * **"Li-Ion"** suple cambios **abruptos**
- * **Condensador** suple cambios **inmediatos** (alto di/dt)
- * **Inductor** **transfiere** energía de un banco de energía a otro



Duración de Vida:

$$\text{Vida [h]} = \text{Capacidad [Ah]} \div I_{\text{Weighted_Total}} [\text{A}] \propto 1 \div (I_{\text{Load}} \cdot I)$$

- * En sistemas portátiles, el máximo PDF esta en baja corriente (Ej., duerme 80% del tiempo)
- * **Vida = función del máximo $[I_{\text{Load}} \cdot \text{PDF}] \sim$ baja corriente**
- * "Fuel Cell" tiene máxima energía en esta región, lo que significa que **mas volumen se le debe dedicar al FC**

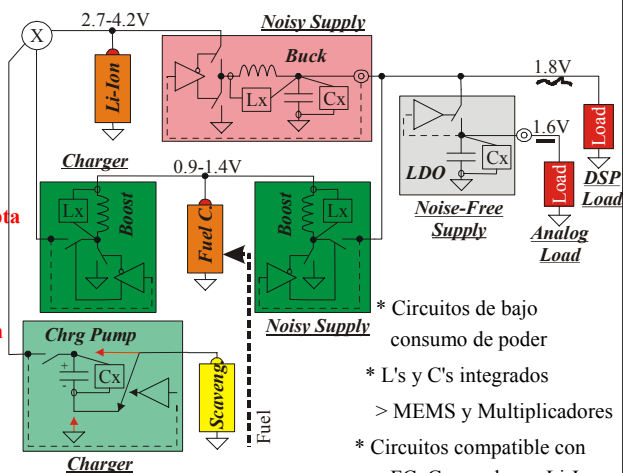


17

Reto: Regular Poder y Energía

"System-in-Package (SiP)":

- * **Análogo = Sensible** al Ruido
- * **Digital \neq Sensible** al Ruido
> Fuentes limpias/sucias
- * **FC = Fuente DC** (regulador lento) y **Li-Ion = Fuente abrupta** (regulador rápido)
- * **FC recarga el Li-Ion**
- * **"Scavenger" recarga el Li-Ion**
- * **FC/Li-Ion carga los L's**
- * **L's suplen el sistema** y cargan los C's
- * **C's suplen cambios inmediatos**

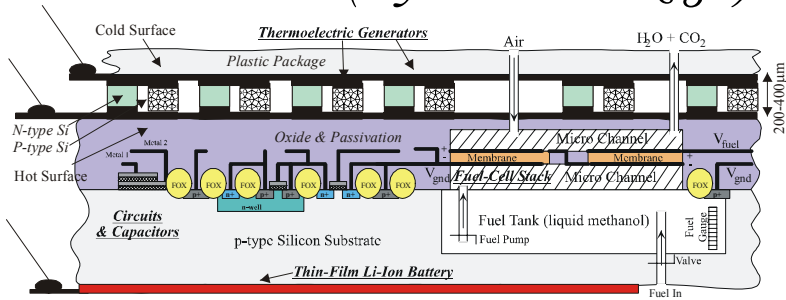


- * Circuitos de bajo consumo de poder
- * L's y C's integrados
> MEMS y Multiplicadores
- * Circuitos compatible con FC, Generadores, Li-Ion, y sistema principal

"Scavenger" - Generador de Energía

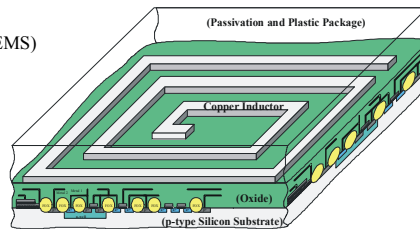
18

Solución SiP ("System-in-Package")



Componentes:

- * **Generadores** termo-eléctricos y a base de acción (MEMS)
- * **Inductores** 2-D y 3-D (MEMS) de Cu
- * **"Fuel Cells"**
- * Batería de **"Thin-Film Li-Ion"**
- * **Multiplicadores** de L's y C's en **CMOS**
- * **Reguladores y referencias** de todo tipo en **CMOS**
- * **Reguladores y monitores de poder y energía**



19

Retos



Integración:

- * Fuel Cells
- * Fuentes de Energía
- * L's de 2-D
- * Baterías de Thin-Film Li-Ion
- * L's de 3-D de MEMS
- * C's de alto poder
- * Recargar tanque (no es necesario en equipo desechable)
- * Capacidad de prueba ("Testability")

Regulación de Poder y Energía:

- * Varios cargadores para una batería
- * Varias fuentes para un sistema
- * Monitores de salud de sistema (rápido y efectivo)
- * Condiciones de emergencia (falta de energía)

Circuitos en CMOS:

- * Regulador "Boost" para el "Fuel-Cell"
- * Cargador Gotera "Boost" para "Scavengers"
- * Cargador "Boost" para el "Fuel-Cell"
- * Multiplicadores de C's rápidos
- * "Switch" de bajo poder y alta potencia
- * Multiplicadores de L's de bajo poder
- * Regulador y "cerebro" de sistema (seguro e inteligente)
- * ...

20

Oportunidades



Profesores en ECE ~ 115

	NUMBER	TENURED	FEMALE	AFRICAN-AMERICAN	HISPANIC	MULTI-RACIAL	ASIAN
Regents' Professors	5	5	0	0	0	0	
Professors	58	54	2	1	0	0	
Associate Professors	27	21	3	1	0	0	
Assistant Professors	25	0	4	0	1	1	
TOTALS	115*	72	9	2	1	1	21

* Includes GTREP faculty

Chaired Professors	17
National Academy of Engineering	4
IEEE Fellows	28
AAAS Fellows	2
GRA Eminent Scholars	3
Presidential Early Career Awards	2
Optical Society of America Fellows	4
NSF Career Awardees	21

Campos de Investigaciones Análogos en ECE ~ 40% ó 70%

- **Bioengineering**
- Communications
- Computer Engineering
- Digital Signal Processing
- **Electric Power**
- **Electromagnetics**
- **Electronic Design & Applications**
- **Microsystems & Microelectronics**
- **Optics & Photonics**
- **Systems & Controls**

23

Profesores en Análogo ~ 16 +

Phillip Allen

David Anderson

Farrokh Ayazi

J. Alvin Connelly

John Cressler

Steve DeWeerth

Robert Feeney

Paul Hasler

Bonnie Heck

Dave Hertling

Steve Kenney

Linda Milor

Joy Laskar

Marshall Leach

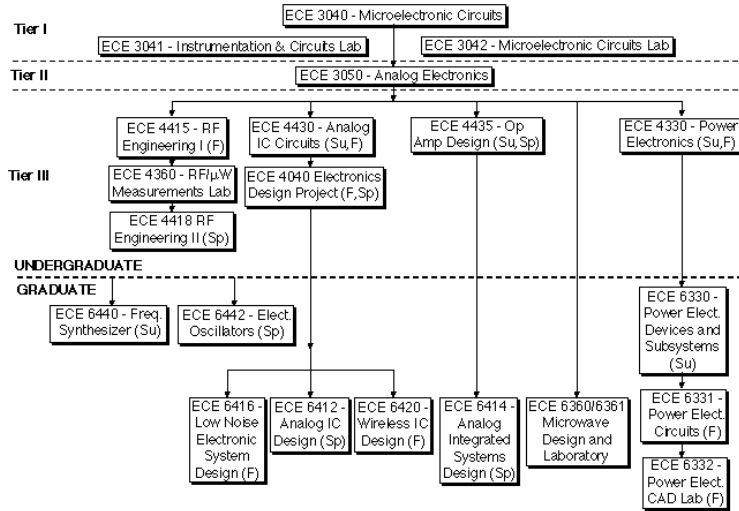
John Papapolymerou

Gabriel A. Rincón-Mora

Profesores en Análogo ~ 16 +

24

Currículo Análogo



+ MEMS & New courses

Postgrado en ECE: Cuerpo Estudiantil en Análogo ~ 8% +

	Fall 02 Enrollment				Degrees Awarded (Su 02 – Sp 03)			
	Women	African American	Other Minority*		Women	African American	Other Minority*	
BS EE	955				248			
BS CmpE	903				143			
BS CmpE/GTREP	35				12			
BSEE/GTREP	1							
Total	1,894	11.9%	11.3%	4.1%	403	10.9%	12.7%	4.2%
MS/MS ECE	420				294			
Special	7				0			
PhD	579				49			
Total	1,006	12.3%	6.0%	2.2%	343	10.5%	4.7%	2.5%
Grand Total	2,900				746			

*Other minority includes Hispanics, Native Americans, and Multi-racial

■ **Estudiantes de Postgrado en EDA ~ 85 y en análogo ~ más**

Fondos para Investigaciones en ECE ~ \$46M

- Recursos para Investigaciones en ECE
 - \$46M en Contratos
 - 70 % del Gobierno
 - 30 % de Industria
 - Becas y fondos para estudios de postgrado
 - Apoyo y fuente de empleo industrial

27

Oportunidades de Apoyo Completo en ECE ~ 68%

- | | | |
|--------------------------|------------|---|
| ■ Post-Doctoral Fellows: | 22 | |
| ■ Research Faculty: | 56 | |
| ■ GTAs: | 141 | → 14% de estudiantes de postgrado |
| ■ GRAs: | <u>538</u> | → 54% de estudiantes de postgrado |
| | 768 | → 68% de todos los estudiantes de postgrado son GTAs y GRAs |

28

Centros de Investigaciones

- **16 Centros/Consortio Ofreciendo Becas:**

- Georgia Electronic Design Center

- Packaging Research Center

- Center for Signal and Image Processing

- Microelectronics Research Center

- ...

- **Miembros de Industria:**

- National Semiconductor, HP, TI, Schlumberger, Analog Devices,

- Intersil, ON Semiconductor, Motorola, Adtran, Agilent...

29

Becas Para el Postgrado

- Georgia Tech Analog Consortium:

- 5-6 Estudiantes de Ph.D. en el campo de Análogo

- <http://www.gtac.gatech.edu>

- TI Analog Fellowship Program:

- 8-10 Estudiantes de Ph.D. en el campo de Análogo

- Georgia Electronic Design Center:

- ...

- ...

30

Becas Para el Postgrado: Minorías

- Goizueta Foundation Fellowship Program:
 - * Becas complementarias (apoyo parcial) para estudiantes de Ph.D. con raíces hispanas (ciudadanos o "permanent residents" de los EE.UU..)
 - * \$4k al año

<http://www.goizueta.gatech.edu>

- FACES - Facilitating Academic Careers in Engineering & Science:
 - * 43 estudiantes becados

■ ...

31

Becas Para Minorías - SURE

Summer Undergraduate Research in Engineering/Science (**SURE**)

- **Misión:** Motivar a estudiantes a proseguir con un postgrado
- **Programa:**
 - * **10 Semanas** de investigaciones en GT
 - * Trabajando para un **profesor** y con un estudiante de postgrado como **mentor**
 - * **Charla semanal** de investigaciones de ultimo momento
 - * **Sueldo competitivo**
 - * **Dinero para comida, vivienda, y viaje**
 - * **Visitas a industrias locales**
 - * **Presentaciones y reportes** preparados por los estudiantes
 - * **Actividades sociales** que incluyen los mentores graduados

32

Becas Para Minorías - SURE

- Expectativas:

- * ~ 40 horas por semana de trabajo
- * Medio de comunicación es primordialmente a través de mensajes electrónicos
- * Participación en charla semanal
- * Reportes semanales de progreso y estatus
- * Presentación y reporte al final del programa

- Proyectos Ejemplares:

- * "Digital/Analog Voice Recognition and Image Analysis"
- * "Command Generation of Dynamic Paths for Reduction of Vibrations in Mobile Systems"

Para más información: <http://users.ece.gatech.edu/~gmay/sure.html>

33

Puntos de Reflexión

- **El mundo es análogo y, por consiguiente, funciones análogas siempre existirán.**
- **De hecho, retos y problemas análogos están en crecimiento.**
- **Oportunidades en el campo tecnológico también están en crecimiento.**
- **Necesidad de estudios de postgrado sigue creciendo.**
- **Estudiantes excelentes en el campo tecnológico están y siempre estarán en alta demanda.**

Fin...

34

Georgia Tech

Incoming Freshmen:

Average Verbal: 640
Average Math: 700

In-state:	129
Out of state:	170
<hr/> Total:	299

EE:	150
CmpE:	149

35

Georgia Tech

- GRADE POINT AVERAGES
 - U.S. citizens and permanent residents
 - **3.25 for the MS program**
 - **3.50 for the PhD program**
 - International applicants
 - **3.50 for MS or PhD program**
- GRE SCORES (general exam only)
 - 500 Verbal**
 - 700 Quantitative**
 - 4.5 – 5.0 Analytical Writing**

36