

Diseño Digital de Bajo Consumo

Docentes:

- Juan P. Oliver
- Leonardo Steinfeld
- Francisco Veirano
- Federico Favaro



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Introducción

- Diseño electrónico digital
 - Hasta 1990-1992
 - Área
 - Velocidad
 - A partir de 1990-1992
 - Área
 - Velocidad
 - Consumo
- Consumo solo en nichos específicos:
 - relojes pulsera
 - marcapasos
 - audífonos
 - calculadoras portátiles
 - circuitos de aplicación militar
 - algunos sistemas alimentados a baterías
- La década de los '90 fue explosiva en el crecimiento de los dispositivos portátiles:
 - PDAs
 - laptops
 - GPSs
 - pero sobre todo: telefonía móvil

Introducción

- 1990-1992
 - Nivel de integración CMOS y frecuencias de reloj alcanzan decenas de Watts
- Nacen las conferencias dedicadas al bajo consumo:
 - 1993 Low-Power Electronics Conference (Arizona)
 - 1994 Workshop on Low-Power Design (Napa, CA)
 - 1995 ISLPED (International Symposium on Low Power Electronics and Systems), nace de la fusión de las dos anteriores, y se organiza anualmente
 - 1990-1992 Proyecto PATMOS (Power and Timing Modelling for Optimisation and Specification), Europa, dio lugar a la creación de una conferencia anual que se mantiene hasta la actualidad.

• International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)

- 2011 - "Power consumption is now the major technical problem facing the semiconductor industry" [1]
- 2013 - "The heterogeneous integration of multiple technologies in a limited space (e.g., GPS, phone, tablet, mobile phones, etc.) has truly revolutionized the semiconductor industry by shifting the main goal of any design **from a performance driven approach to a reduced power driven approach**. In few words, in the past performance was the one and only goal; today minimization of power consumption drives IC design." [2]

[1] "The International Technology Roadmap for Semiconductors," 2011 Edition, Design Chapter , 2011. [Online]. Available: <http://www.itrs.net/Links/2011itrs/2011Chapters/2011Design.pdf>.

[2] "The International Technology Roadmap for Semiconductors," 2013 Edition, Executive Summary , 2013. [Online]. Available: <http://www.itrs.net/Links/2013ITRS/Home2013.htm>.

Datos de consumo (alto)

- ENIAC (1944) 100 kHz, 18.000 vacuum tubes, 20 tons, 150.000 watts.
- Whirlwind IBM (1952) 75.000 tubes, 275 tons, 750.000 watts.
- PDP 8 minicomputer from Digital (1965), 780 watts
- PC Server 600 to 1500 watts
 - Intel I9 (2017), 160 watts
 - Xilinx Alveo U250 Data Center Accelerator Card (2018), 225 watts
- PC Desk 300 to 500 watts

Datos de consumo (medio)

Raspberry Pi 3 B+

| Pi State | Power Consumption |
|--------------------------------|-------------------|
| Idle | 350 mA (1.9 W) |
| ab -n 100 -c 10 (uncached) | 950 mA (5.0 W) |
| 400% CPU load (stress --cpu 4) | 980 mA (5.1 W) |

Modem 3G (Huawei E226)

| Estado de la conexión | Normal (mW) | Baja Señal (mW) | % incremento |
|-----------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Desconectado | 261 | 261 | 0 |
| Idle | 936 | 1120 | 20 |
| Navegando (speedtest) | 1917 | 2653 | 38 |
| Ping (64B) | 1058 | 1120 | 6 |
| Ping (2000B) | 1887 | 2623 | 39 |
| Upload (90MB) | 1933 | 2163 | 12 |
| Upload (700MB) | 1933 | 3267 | 69 |

Datos de consumo (bajo)

- Low power microcontroller MSP432 (ARM 32 bits, float)
 - 16mW @ 48MHz (100uA/MHz @ 3.3V)
 - 2.64 - 4.29mW LPM0: CPU off, flash RAM not been accessed, all peripherals inactive
 - < 3.3uW RAM retention with RTC
- Pacemakers: about 10-15 uwatts
- Electrónica de ultra bajo consumo nanowatts

Batería o Red eléctrica

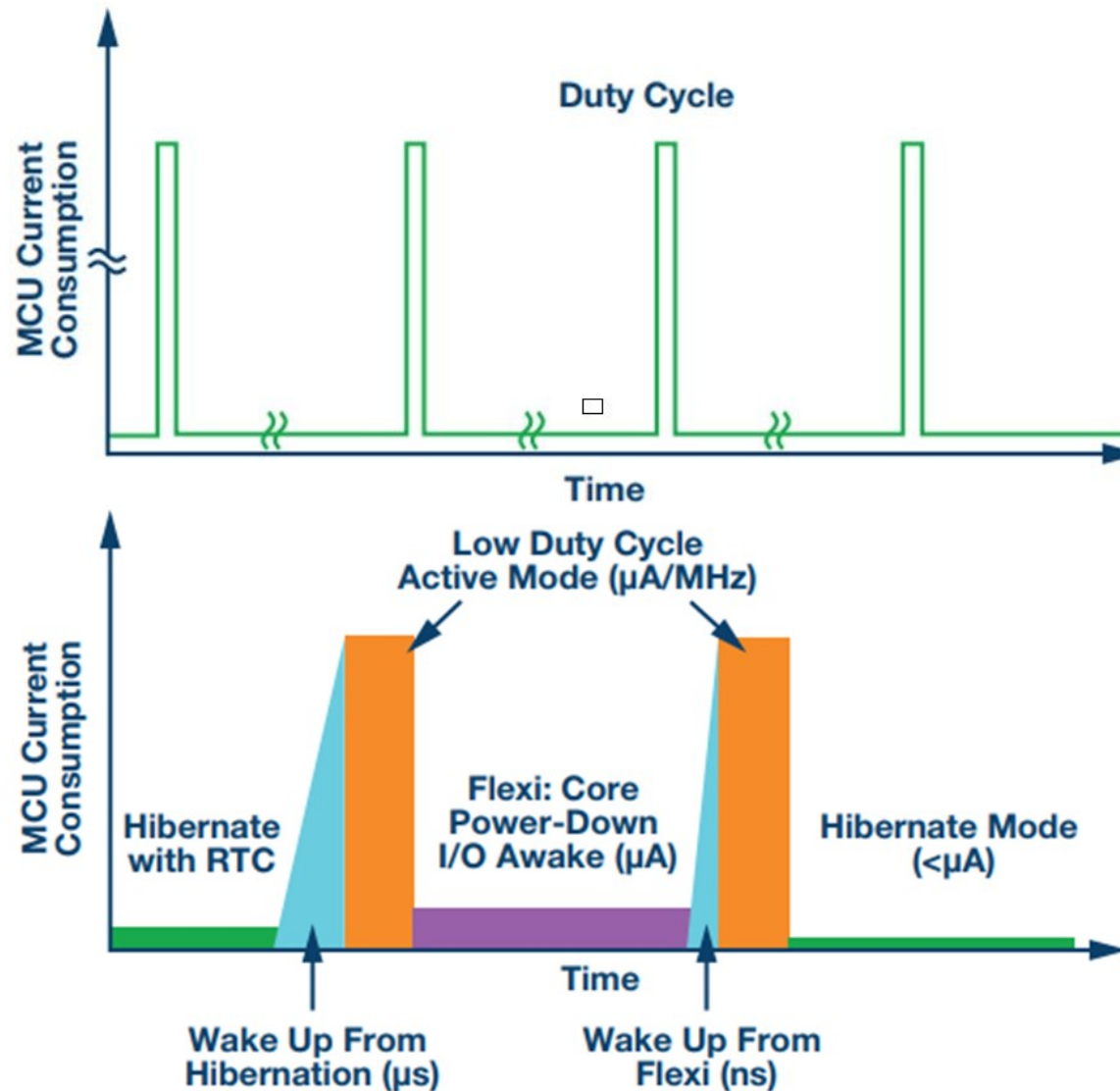
- Sistemas a batería
 - Energía total
 - Tiempo entre recargas
 - Podría haber limitaciones de picos de potencia durante un cierto tiempo
- Sistemas conectados a la red eléctrica
 - Costo kW-h

Densidad de energía

| | Densidad Energetica (kJ/kg) | | Peso eq. 1kg Petroleo (kg) | |
|--|-----------------------------|-----------------|----------------------------|-------|
| | Min | Max | 42000 | 42000 |
| Petroleo | 42000 | 46000 | 1 | 0,91 |
| | (Gasoil) | (Gasolina, Gas) | | |
| Pb-acid | 108 | 180 | 389 | 233 |
| Ni-Cd | 162 | 288 | 259 | 146 |
| Ni-MH | 216 | 396 | 194 | 106 |
| Ni-Zn | 252 | 288 | 167 | 146 |
| Na-NiCl ₂ | 432 | 432 | 97 | 97 |
| Pila alcalina | 288 | 576 | 146 | 73 |
| Li-ion | 324 | 648 | 130 | 65 |
| Li-Po | 360 | 468 | 117 | 90 |
| Li-PO ₄ (lithium phosphate) | 432 | 504 | 97 | 83 |
| LMP (lithium metal polymer) | 396 | 396 | 106 | 106 |
| Li-Air* | 5400 | 9000 | 8 | 5 |
| Ni-Li** | 3366 | 3366 | 12 | 12 |

* En desarrollo (http://www.almaden.ibm.com/st/smarter_planet/battery/)

Duty cycle



Source: Intelligence at the Edge Part 2: Reduced Time to Insight, Ian Beavers
<https://www.analog.com/en/technical-articles/intelligence-at-the-edge-part-2-reduced-time-to-insight.html>