

Trabajos de investigación en Automatización y Control. Aplicaciones.



5^a JORNADA DE ELECTRÓNICA FI – UNPSJB

Ricardo Ramiro Peña

Instituciones:

Lab. de Automatización y Control, Departamento de Electrónica, Fac. de Ing., UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Argentina.
CIT Golfo San Jorge - CONICET.



Índice

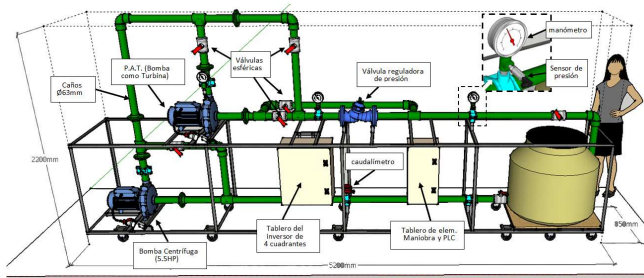
- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua

- Convenio SCPLCR.
- Prog. de Cooperativismo y Economía Social en la Univ.
- Tesis de grado.

- Estudiantes:
Andrés Cadiboni
y Facundo Yncio.
- SCPL: Ing.
(Cristian Sosa,
Arturo Ticli y
Marcela Vasquez).
- LAC.

Esquema del sistema desarrollado:



GIICEP:

Daniel Fernández, Ricardo Das Neves, Gerardo Ahrtz, Marcelo Lorenc, Nicolas Costa, Alejandro Munnemann, Leandro Martinez y Ramiro Peña.

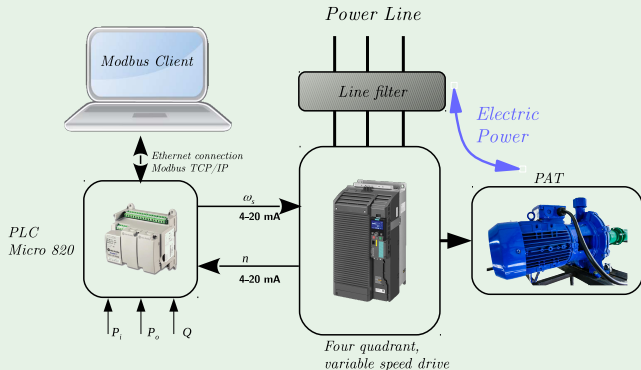
Sistema de recuperación de energía.

Estudiantes: Andrés Cadiboni y Facundo Yncio.

SCPL: Ing. (Cristian Sosa, Arturo Ticli y Marcela Vasquez).

- Convenio SCPLCR.
- Prog. de Cooperativismo y Economía Social en la Univ.
- Tesis de grado.

Esquema del sistema desarrollado



Trabajos presentados

2 trabajos en 2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM), Montevideo Uruguay [7] y [1].

Sistema de recuperación de energía



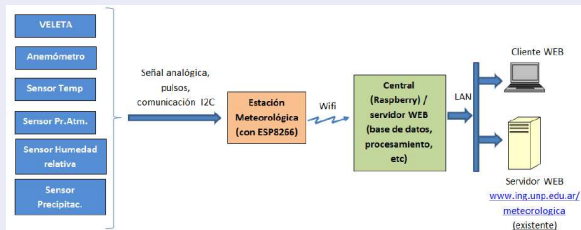
Proyecto Final Estación meteorológica

Estudiantes: Milton Jones y Pablo Martínez. Co-dirección: Gerardo Ahrtz.

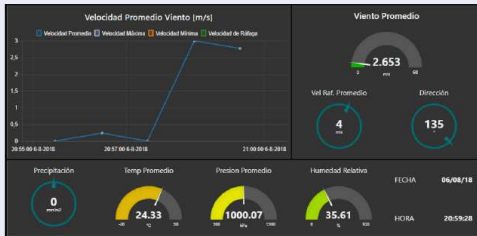
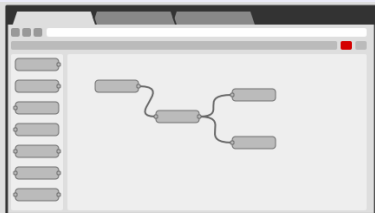
Temas

- IoT
- ESP8266
- Raspberry Pi
- Mqtt
- Node Red

Esquema de proyecto final



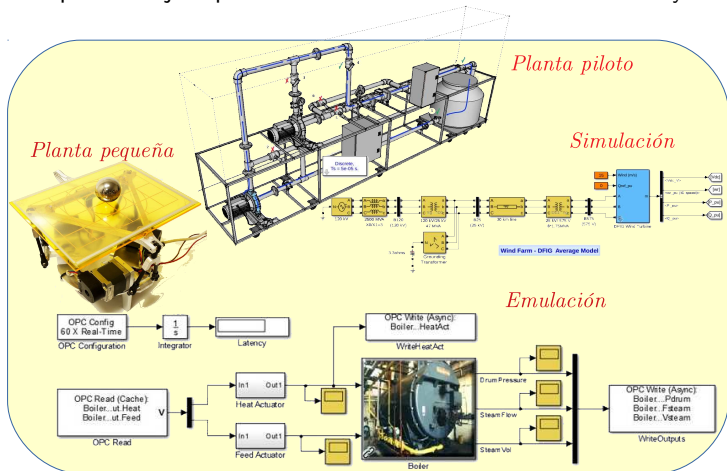
NodeRED



Emulación de sistemas y OPC

- Automatización Industrial (Marcelo Lorenc).

Opciones para trabajo experimental en educación en Automatización y control:



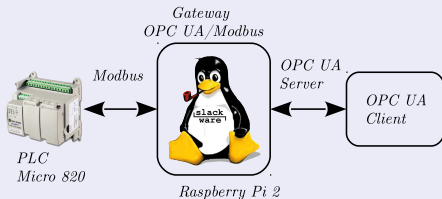
Emulation-Based Virtual Laboratories: A Low-Cost Alternative to Physical Experiments in Control Engineering Education, Graham C. Goodwin y otros.

Gateway OPC UA/Modbus (Marcelo Lorenc y D.F.)

Protocolos industriales de comunicación

- Modbus
- OPC Unified Architecture

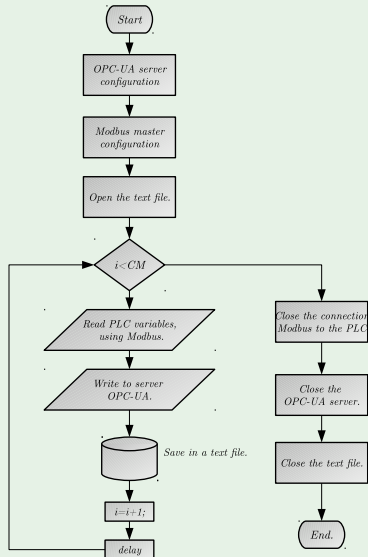
Comunicación entre el PLC y la RPi2.



Software

- Slackware GNU/Linux
- Python

Diagrama de flujo del software



Ensayos sobre el gateway OPC UA/Modbus (RPI2)



Pruebas sobre Slackware ARM

- Slackware ARM
<http://sarpi.fatdog.eu/>;
<https://repo.e-slackware.org/>
- ssh
- Python
- sshfs.

Slackware ARM GNU/Linux

```
bash-4.3$ ssh ramiro@192.168.200.214
ramiro@192.168.200.214's password:
Last login: Mon Apr 29 16:39:21 2019 from 192.168.10.173
Linux 4.14.98-v7-arm.
ramiro@raspi2:~$ su
Password:
root@raspi2:/home/ramiro# sshfs ramiro@192.168.10.173:/home/ramiro/raspi2 /mnt/zip/
ramiro@192.168.10.173's password:
root@raspi2:/home/ramiro# cd /mnt/zip/python/
root@raspi2:/mnt/zip/python# python3.6 server_opc_modbusunp2.py
Endpoints other than open requested but private key and certificate are not set.
Listening on 192.168.200.214:4840
Servidor OPC-UA iniciado en:opc.tcp://192.168.200.214:4840
[16109, 26752, 11499, 0]
[16109, 20638, 944, 0]
[7770, 1603, 944, 0]
[7770, 437, 21922, 0]
[10477, 6209, 21922, 0]
[10477, 30273, 16031, 0]
[32586, 6091, 16031, 0]
[32586, 17392, 9963, 0]
[15183, 17415, 9963, 0]
[15183, 12535, 27397, 0]
[13707, 17184, 27397, 0]
[13707, 23022, 29073, 0]
[20873, 29404, 29073, 0]
[20873, 18929, 15993, 0]
[6361, 28928, 15993, 0]
[6361, 4415, 16016, 0]
[31466, 14662, 16016, 0]
[31466, 26058, 2398, 0]
[7179, 31188, 2398, 0]
[7179, 13946, 16089, 0]
[18481, 16500, 16089, 0]
```

Ensayo sobre el Gateway OPC UA/Modbus (Cliente)

Cliente OPC UA (UaExpert)

The screenshot shows the UaExpert interface with the following components:

- Project Explorer:** Shows a project named 'FreeOpcUa Python Server' under the 'Servers' folder.
- Data Access View:** A table with columns: #, Server, Node Id, Display Name, Value, and DataType. A red box highlights the first four rows of data.
- Attributes:** Shows details for the selected 'NodeId', including NamespaceIndex, Identifier, NodeClass, BrowseName, DisplayName, Description, WriteMask, UserWriteMask, RolePermissions, UserRolePermissions, AccessRestrictions, and EventNotifier.
- References:** Shows a list of references for the selected node, including 'Target Display' and 'FolderType'.
- Address Space:** A tree view showing the hierarchy of the OPC UA address space, including Parameters (variable 1-6), Server, Types (DataTypes, EventTypes, ObjectTypes, ReferenceTypes, VariableTypes), and Views.

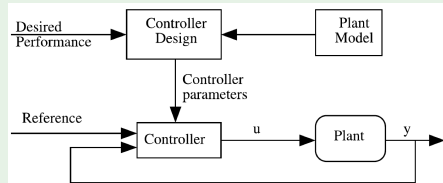
Variables to be read

Data available on OPC server UA

#	Server	Node Id	Display Name	Value	DataType
1	FreeOpcUa Pyt...	NS2 Numeric2	variable 1	9890	Int64
2	FreeOpcUa Pyt...	NS2 Numeric3	variable 2	22593	Int64
3	FreeOpcUa Pyt...	NS2 Numeric4	variable 3	13345	Int64
4	FreeOpcUa Pyt...	NS2 Numeric5	variable 4	0	Int64

Identificación de sistemas

Control de un sistema



Modelo propuesto:

$$y(k) = \begin{bmatrix} H_{1,1}(z) & H_{2,1}(z) & H_{3,1}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ n \\ P_i \end{bmatrix},$$

Identificación empleando mínimos cuadrados

$$y(k) = \sum_{j=1}^w (H_{j,1}(z)u_j(k) + H_{j,2}(z)e(k)),$$

$$A(z)y(k) = \sum_{i=1}^w B_i(z)u_w(k) + e(k).$$

$$y = x\theta + E,$$

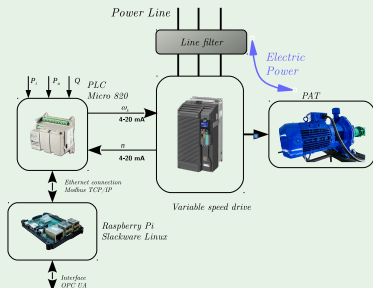
donde: $x = [y(k-1), \dots, y(k-n), -(u_1(k-1), \dots, u_1(k-n)), \dots, -(u_w(k-1), \dots, u_w(k-n))]^T$.

$$\theta = [a_1 \dots a_n, b_{1,1} \dots b_{1,n}, b_{w,1} \dots b_{w,n}]^T,$$

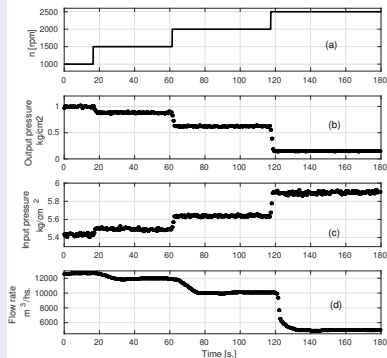
$$\hat{\theta} = (x^T x)^{-1} x^T y.$$

Resultados Experimentales

Ensayo



Ensayos experimentales



Funciones de transferencia

$$H_{1,1}(z) = z^{-r_1} \frac{n_1}{1 + d_{11}z^{-1} + d_{12}z^{-2}},$$

$$H_{2,1}(z) = z^{-r_2} \frac{n_2}{1 + d_{21}z^{-1} + d_{22}z^{-2}},$$

$$H_{3,1}(z) = z^{-r_3} \frac{n_3}{1 + d_{31}z^{-1}}.$$

Resultados Experimentales

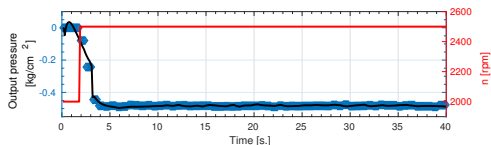
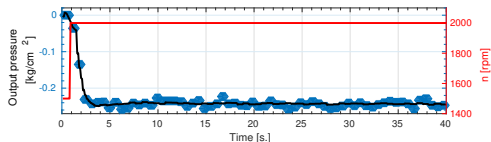
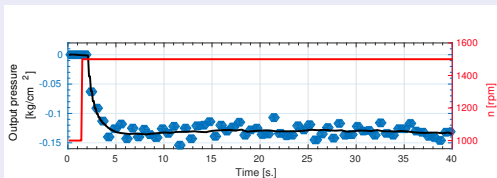
Step	Parameters of the proposed models.				
	d_{11}	d_{12}	d_{21}	d_{22}	d_{31}
1	0.008747	-0.7052	-2	1	-0.8944
2	-0.03232	-0.7289	-1.661	0.6799	0.2723
3	0.06387	0.04905	-1.919	0.9189	-0.8286
	r_1	r_2	r_3		
1	7	3	14		
2	7	16	1		
3	13	3	0		
	n_1	n_2	n_3		
1	-7.13E-02	1.29E-04	-0.02033		
2	-0.0001034	3.48E-05	-0.1936		
3	-0.0003636	5.74E-06	-0.05964		

Porcentaje de ajuste

Steps	Percentages of fit
1	64.86 %
2	78.98 %
3	88.98 %

Trabajo presentado en
2019 XVIII Workshop on
Information Processing
and Control (RPIC) [2].

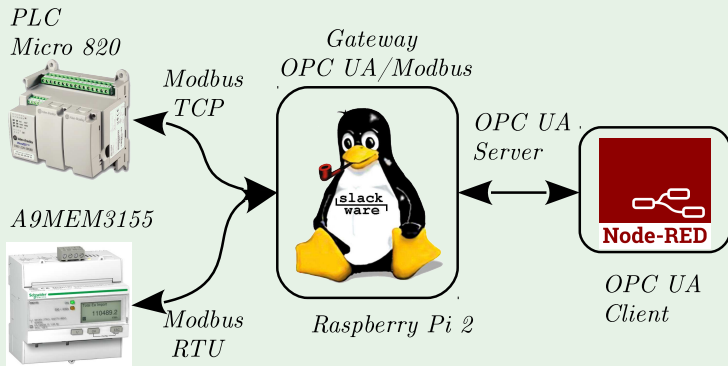
Comparación de los datos experimentales y los modelos propuestos.



Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

Trabajos con Mario Valagao Sancho, Daniel Fernández y Marcelo Lorenc (FI-UNPSJB).

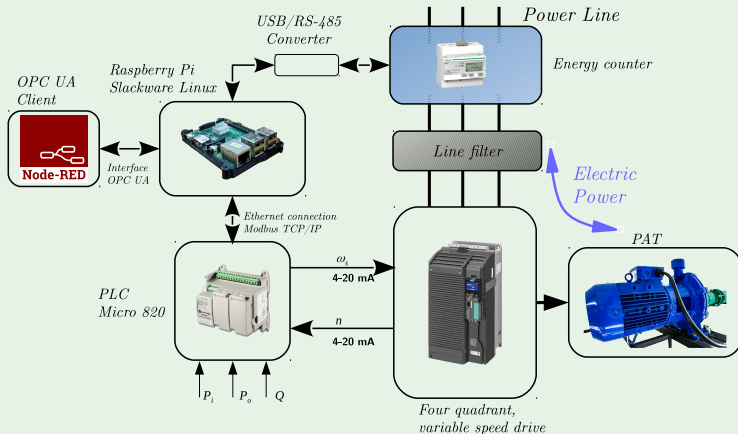
Esquema de comunicación entre el PLC, Raspi y Medidor de energía



Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

Trabajos con Mario Valagao Sancho, Daniel Fernández y Marcelo Lorenc (FI-UNPSJB).

Aplicación al sistema de recuperación de energía



Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

Mapa Modbus del medidor de energía y PLC

Overview	Reg.	Type	Unit
Real Power	3060	F32	kW
Reactive Power	3068	F32	kVAR
Power Factor	3192	F32	-
Frequency	3110	F32	Hz

Overview	Reg.	Type	Unit
Input Pressure	40001	u16 bit	kg/cm^2
Output pressure	40002	u16 bit	kg/cm^2
Speed	40003	u16 bit	RPM
Flow	40004	u16 bit	$m^3/hour$

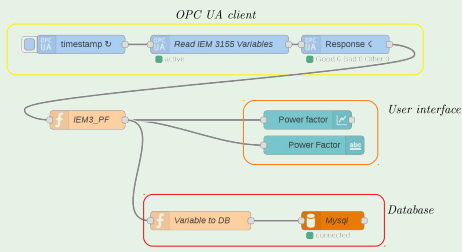
Software desarrollado en Python

```
procedure GATEWAY OPCUA
  Modbus master configuration.
  Initialize OPC-UA Server.
  Initialize thread1
  while  $i < NM$  do
    Read PLC variables.
    Read energy meter.
    Write variables to OPC-UA
  Server.
     $i = i + 1;$ 
     $delay(t_d);$ 
  Close thread1.
  Close the Modbus connection.
  Close the OPC-UA server.
  end.
return ;
```

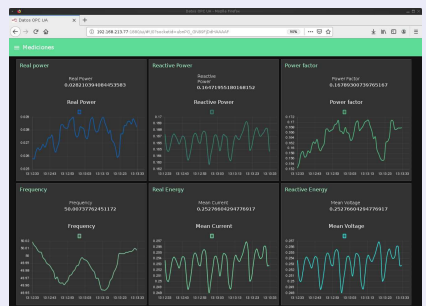

Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

- IIoT.
- NodeRED
- MySQL
- Interfaz de usuario.
- Software Libre.

Esquema NodeRED



Interfaz de usuario

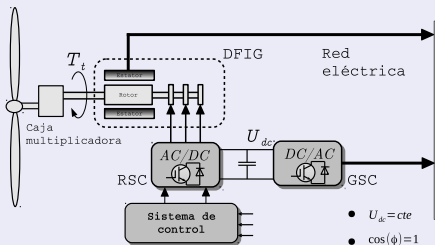


Índice

- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad**
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

Control del aerogenerador por Moldeo de Potencia (MP)

DFIG



- Primer enfoque [5]:
 - ▶ Control de la potencia activa (MP).
 - ▶ Control de potencia reactiva (PI).
- Segundo enfoque [6]
 - ▶ Control de la potencia activa (MP) + **acción integral**.
 - ▶ Control de la potencia reactiva (MP) + **acción integral**.

Curva de seguimiento

Tesis de posgrado: Control de sistemas de generación distribuida renovable mediante conceptos de pasividad y moldeo de potencia [4].

Dirección de tesis:

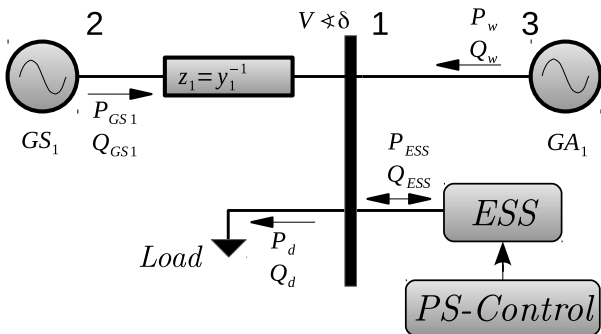
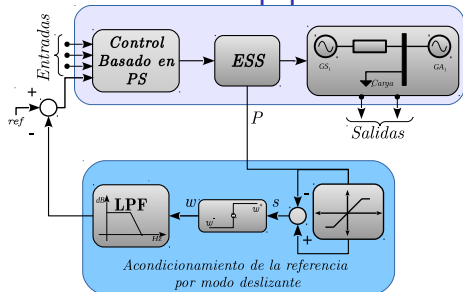
- Ricardo J. Mantz LEICI-UNLP.
- Daniel Fernández, UNPSJB.

Sistema de control

- Control de la potencia activa.
- Control de la potencia reactiva:
 - ▶ Estrategia 1, $Q_{ref} = 0$.
 - ▶ Estrategia 2, $Q_{ref} = f(U)$.

Control por MP de un ESS en una micro-red [3]

- Generador sincrónico (GS_1).
- Aerogenerador (GA_1).
- Carga dinámica
- Línea (Z_1).
- Sistema de almacenamiento de energía (ESS).

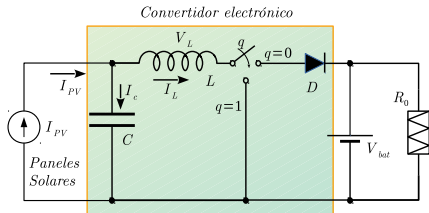
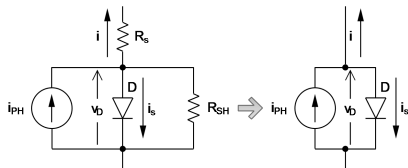


Índice

- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial**
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.

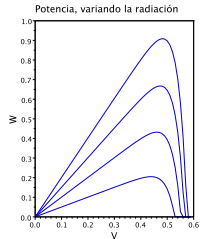
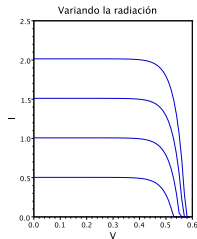


Typical I-V characteristic is given by:

$$I = I_{PH} - I_s \left[e^{\frac{q(V+IR_s)}{kT_c A}} - 1 \right] - \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}},$$

$$I = I_{PH} - I_s \left(e^{\frac{qV}{kT_c A}} - 1 \right).$$

$$I = N_p I_{PH} - N_p I_s \left[e^{\frac{qV}{N_s kT_c A}} - 1 \right].$$



Trabajo presentado en IEEE International Conference on Industrial Technology 2020.

MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

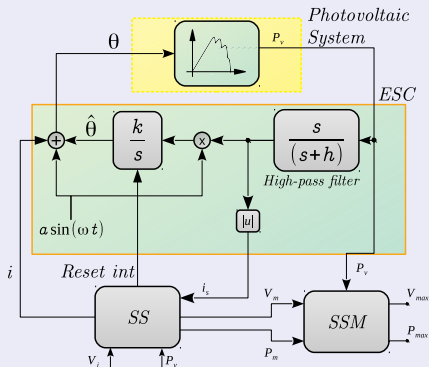
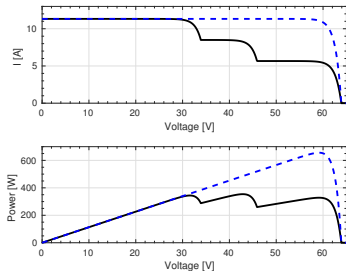
Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.



- Mppt
- Técnicas utilizadas

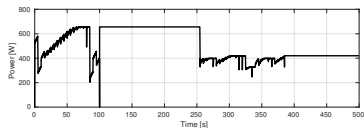
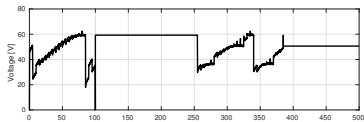
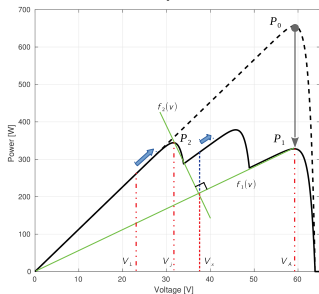
Estrategia basada en Extremum Seeking Control

Curvas características del sistema PV.

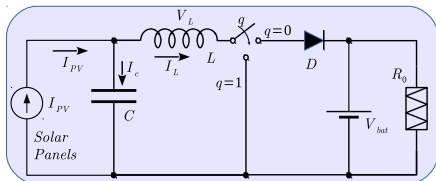


MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.



Técnica de control basada en Pasividad.



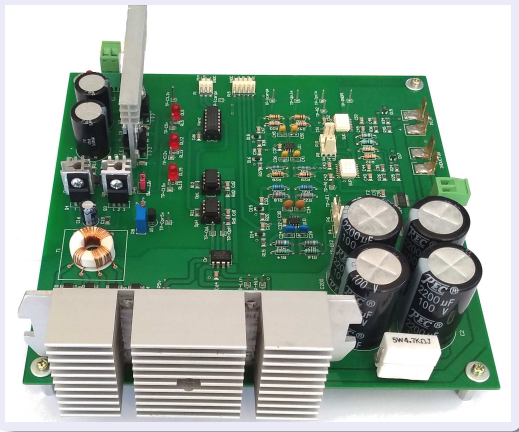
$$\text{System} : \begin{cases} C \frac{dV_c}{dt} = I_{PV} - I_L \\ L \frac{dI_L}{dt} = V_c - (1 - q)V \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{x} = (\mathcal{J}(x) - \mathcal{R}(x)) \frac{\partial H(x)}{\partial x} + g(x)u \\ y = g^T(x) \frac{\partial H(x)}{\partial x}, \end{cases}$$

$$H_d(x) = H(x) + H_a(x),$$

Configuración para evaluar la propuesta:

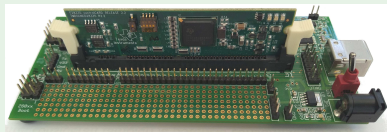
Convertidor desarrollado en la FI-UNLP



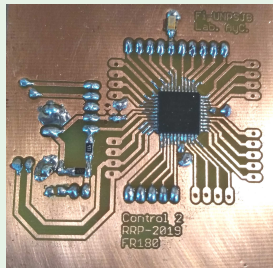
H.264

Implementación de los algoritmos

Delfino 32-bit MCU with 150 MIPS,
TMS320F28335, Texas instruments.



16-bit dsPIC33F DSC, Up to 40
MIPS operation, Microchip.



Índice

- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 **Sistemas híbridos empleando PBC**

Sistemas híbridos empleando PBC

Definición de un sistema híbridos:

$$H : \begin{cases} \dot{x} = f_{\sigma}(x, u_{\sigma}), \\ y = h_{\sigma}(x), \end{cases}$$

donde $\sigma : \mathbb{R}_+ \rightarrow M = \{1, 2, \dots, m\}$ es la señal de conmutación, $x \in \mathbb{R}$, u es y y es la entrada y salida respectivamente.

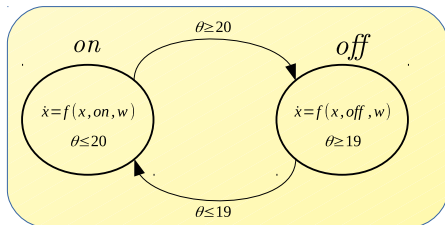
Passivity and stability of switched systems:
A multiple storage function method (Hill).

Ejemplo:

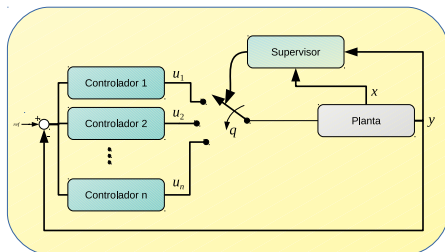
Sistema de control de temperatura.

$$\text{Sistema: } \begin{cases} \dot{x} = f(x, H, w) \\ \theta = g(x) \end{cases}$$

donde, $\theta(t) \rightarrow \mathbb{R}$, Temp. en la habitación.

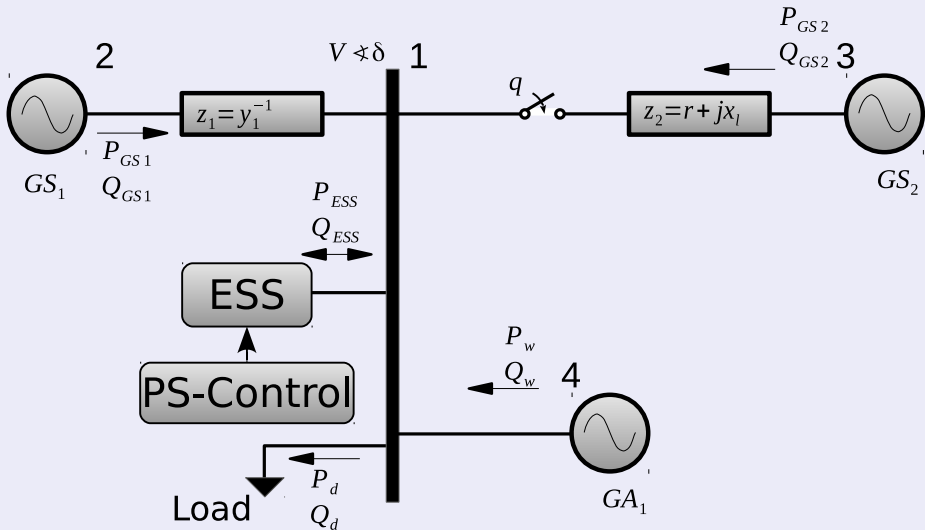


An Introduction to hybrid dynamical systems. (Arjan van der Schaft).



Red inteligente/Microgrid

Estructura híbrida de una red inteligente/Microgrid



Trabajos futuros

Ideas con respecto a instrumentación/loT/IIOT:

- Identificación recursiva y control adaptativo (Recuperación de energía con control de presión de agua, redes eléctricas inteligentes).
- Análisis de datos.
- Generación de código para la Raspberry Pi (Aplicación de los algoritmos del punto anterior).
- Incorporar el bus de campo CAN en Microcontroladores/Raspberry Pi.
- Extender el uso de NodeRED para las aplicaciones en el GIICEP.

MPPT, Control

- Construcción de controladores y observadores de estados en diferentes DSP.
- Ensayos experimentales con el sistema fotovoltaico.
- Construcción de múltiples funciones de Lyapunov y un controlador para una red inteligente/Microgrid.
- Control cooperativo para una microgrid.

¿Preguntas?



Referencias I



A. Cadiboni, F. Yncio, R. Fernández, G. Ahrtz, R. Peña, C. Sosa Tellechea, and M. Vásquez.

Control and modeling of a centrifugal pump used as a turbine in an energy recovery system.

In *2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM)*, pages 1–6, Nov 2018.



R. R. Peña, R. D. Fernández, M. Lorenc, and A. Cadiboni.

Gateway opc ua/modbus applied to an energy recovery system identification.

In *2019 XVIII Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, pages 235–240, Sep. 2019.



R. R. Peña, R. D. Fernández, R. J. Mantz, and P. E. Battaiotto.

Passivity-based control of energy storage units in distributed generation systems.

In *2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM)*, pages 69–74, Oct 2015.



Ricardo Peña.

Control de sistemas de generación distribuida renovable mediante conceptos de pasividad y de moldeo de potencia.

PhD thesis, UNLP, 2016.


Referencias II

 R.R. Peña, R.D. Fernández, and R.J. Mantz.

Passivity control via power shaping of a wind turbine in a dispersed network.
International Journal of Hydrogen Energy, 39(16):8846 – 8851, 2014.

 R.R. Peña, R.D. Fernández, R.J. Mantz, and P.E. Battaiotto.

Power-based control with integral action for wind turbines connected to the grid.
International Journal of Control, 88(10):2143–2153, 2015.

 F. Yncio, R. Peña, A. Cadiboni, R. Fernández, G. Ahrtz, and C. Sosa Tellechea.
A modbus client for the identification of an energy recovery system for a water distribution network.

In *2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM)*, pages 1–6, Nov 2018.



5^a JORNADA DE ELECTRÓNICA FI – UNPSJB

Ricardo Ramiro Peña

Instituciones:

Lab. de Automatización y Control, Departamento de Electrónica, Fac. de Ing., UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Argentina.
CIT Golfo San Jorge - CONICET.



¡Muchas gracias!

