

Communication capteurs I2C Arduino & LabVIEW Projets en cours

Journée AlpesVIEW
23 septembre 2025
G2Elab (Grenoble)

Présentation: Sébastien FLURY



Introduction

■ Présentation AlpesVIEW 2024, du logiciel NewAmpere

- Conclusion & perspective

- Axes d'améliorations
 - Améliorer qualité les alimentations HT (En cours)
 - Ratio ondulation/signal → 1.10-6
 - Améliorer les mesures d'humidité
 - à faibles RH,
 - à haute temp
 - sous pression

■ Limitations des sondes : Transmetteurs industriels

- Humidités : $T_{max_électronique} = 80/100^{\circ}\text{C}$ max
- DewPoint : $T_{max_électronique} = 60^{\circ}\text{C}$ max
- Pression : $T_{max_électronique} = \text{env } 100^{\circ}\text{C}$ max
- Sondes plongées dans un environnement chaud ($T_{max} 180^{\circ}\text{C}$)

■ Souhaite

- Réaliser des mesures à faibles RH (<5%)
- Monter en température jusqu'à 180°C

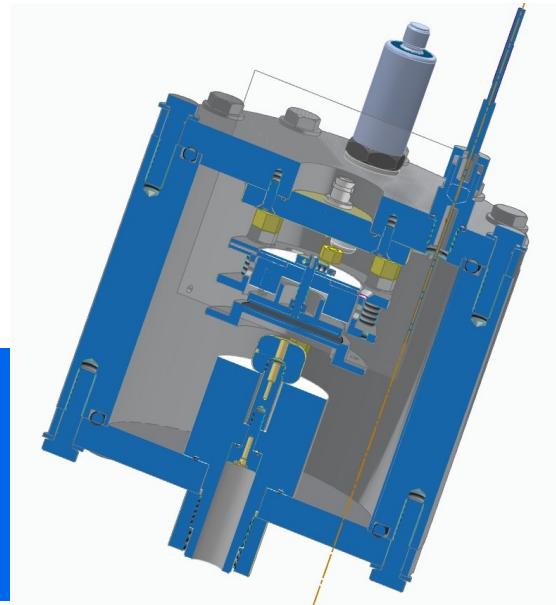
14/11/2024 – Journée AlpesVIEW à Néel (Grenoble)

Ensemble de mesure de courants faibles pour matériaux diélectriques et développement d'une interface de pilotage sous LabVIEW

Logiciel NewAMPERE



Auteur: Sébastien Flury
Co-auteurs: Yohan Bugnet
Khaled BenBashir



Trouvé :

Capteurs électroniques
Temp utilisation jusqu'à 125°C
Communiquent en I2C

SOMMAIRE

Partie théorie

Communication I2C

Théorie mesures humidité

Présentation des capteurs sélectionnés

Exemples de mises en œuvre en cours

Un capteur avec bibliothèque Linx

Plusieurs capteurs en parallèle

Remerciements, Perspective & Conclusion

SOMMAIRE

Partie théorie

Communication I2C

Théorie mesures humidité

Présentation des capteurs sélectionnés

Exemples de mises en œuvre en cours

Un capteur avec bibliothèque Linx

Plusieurs capteurs en parallèle

Remerciements, Perspective & Conclusion

Communication I²C

Couche physique [\[modifier | modifier le code \]](#)

Topologie [\[modifier | modifier le code \]](#)

I²C est un bus **série synchrone bidirectionnel half-duplex**, où plusieurs équipements, maîtres ou esclaves, peuvent être connectés au bus.

Les échanges ont toujours lieu entre un seul maître et un (ou tous les) esclave(s), toujours à l'initiative du maître (jamais de maître à maître ou d'esclave à esclave). Cependant, rien n'empêche un composant de passer du statut de maître à esclave et réciproquement.

La connexion est réalisée par l'intermédiaire de deux lignes :

- SDA (Serial Data Line) : ligne de données bidirectionnelle,
- SCL (Serial Clock Line) : ligne d'horloge de synchronisation bidirectionnelle.

Il ne faut également pas oublier la masse qui doit être commune aux équipements.

Les 2 lignes sont tirées au niveau de tension V_{DD} à travers des résistances de **pull-up** (R_P).

Extract from <https://fr.wikipedia.org/wiki/I2C>

- Utilise que 4 fils

- Serial, 8-bit oriented, bidirectional data transfers can be made at up to 100 kbit/s in the Standard-mode, up to 400 kbit/s in the Fast-mode, up to 1 Mbit/s in Fast-mode Plus, or up to 3.4 Mbit/s in the High-speed mode.

Extract from NXP_UM10204.pdf

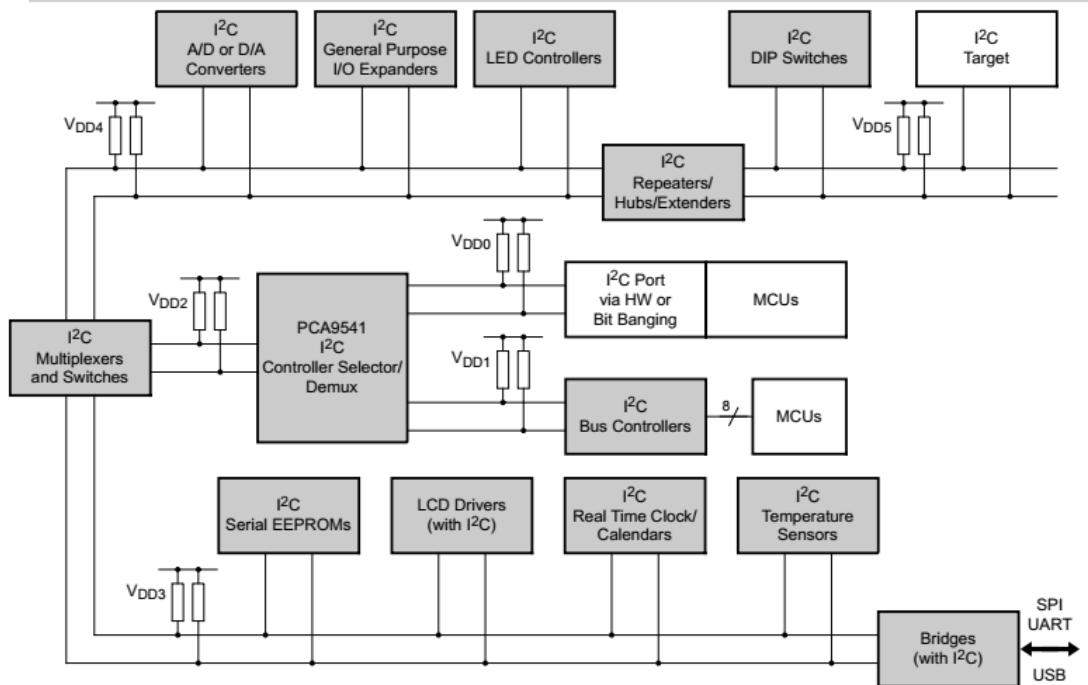


Figure 1. Example of I²C-bus applications

Extract from NXP_UM10204.pdf

Communication I2C

- Avantages et inconvénients

Conclusion

Capteurs numériques avec faible encombrement,
Bus ne nécessitant que 4 fils

Communication lente mais mature
Vérifier si les capteurs sont adressables

Avantages et Inconvénients du bus I2C

Avantages	Inconvénients
Simplicité : Seuls 2 fils nécessaires (SDA et SCL), réduisant le câblage et l'encombrement.	Vitesse limitée : Standard (100 kbit/s), Fast Mode (400 kbit/s), High-speed (3.4 Mbit/s) — moins rapide que SPI ou USB.
Économique : Moins de broches et de câbles, donc coût réduit.	Complexité logicielle : Gestion des adresses, des collisions, et des acquittements (ACK/NACK).
Multi-maître/multi-esclave : Plusieurs dispositifs peuvent communiquer sur le même bus.	Adressage limité : 7 bits (128 adresses) ou 10 bits (1024 adresses) — risque de conflits si mal géré.
Flexibilité : Ajout/suppression d'esclaves sans modifier le matériel.	Sensibilité au bruit : Pas de ligne de sélection d'esclave (SS) comme en SPI, donc plus vulnérable aux interférences.
Large adoption : Supporté par de nombreux microcontrôleurs et capteurs.	Pas de synchronisation matérielle : Nécessite des résistances de pull-up pour SDA/SCL.
Faible consommation : Idéal pour les applications embarquées et mobiles.	Protocole demi-duplex : Communication unidirectionnelle à la fois (contrairement au SPI full-duplex).
Standardisé : Protocole mature avec des bibliothèques logicielles disponibles.	Longueur de bus limitée : Généralement quelques mètres (dépend de la capacité du bus et de la vitesse).

Table 2. Summary of some of the features of the main types of humidity measurement

Sensor type	Absolute or relative humidity	Typical range (extended range in brackets)		Typical units in which readings are displayed	Contamination tolerance ² (bracketed ratings after cleaning)	Sampling configuration	Guideline best humidity uncertainty in use ³ (\pm)
		Humidity	Temperature ¹				
Mechanical	R	20 %rh to 80 %rh	Near room temperature	%rh	***	Whole immersion	5-15 %rh
Wet- and dry-bulb aspirated (Psychrometer)	R	5 %rh to 100 %rh	0 °C to 100 °C (also useable above and below this range)	%rh (often hand-calculated from temperature readings)	* (* *)	Whole immersion (or sample gas flow)	2-5 %rh
Resistive	R	5 %rh to 95 %rh (and up to 99 %rh)	-30 °C to +60 °C (-50 °C to 200 °C)	%rh	**	Probe (or whole immersion)	2-3 %rh
Capacitive	R	5 %rh to 100 %rh (and down to near 0 %rh)	-30 °C to +60 °C (-40 °C to 200 °C)	%rh	**	Probe (or whole immersion)	2-3 %rh
Impedance dew-point types	A	Dew points of -85 °C (or below) to +60 °C	Most temperatures up to +60 °C, avoiding saturation	Dew point, vapour pressure	**	Probe	2-5 °C
Condensation	A	Dew points below -85 °C to +100 °C	-85 °C to +100 °C (main body of instrument at room temperature)	Dew point	* (* *)	Sample gas flow (or probe)	0.2-1.0 °C
Lithium chloride	A	Dew points of -45 °C to +60 °C, gas always over 11 %rh and not saturated	-20 °C to +60 °C (some use -40 °C to +100 °C)	Dew point	*	Probe	2-4 °C
Electrolytic (phosphorous pentoxide)	A	Below 1 ppm _v to 1000 ppm _v	Near room temperature	ppm _v , or vapour pressure	*	Sample gas flow	3-10 percent of reading
Spectroscopic	A	Extremely wide range, depending on type	Very wide range (main body of instrument at room temperature)	ppm _v (and others)	***	Gas sample (line-of-sight sampling at high humidity)	3-10 percent of reading in high range, much more at low end.
Colour change	R	20 %rh to 80 %rh	Near room temperature	%rh	**	Paper test card (or pump with glass vial)	10-20 %rh

Théorie de la mesure d'humidité

source : NPL⁽¹⁾ Guide « Npl-Guide-to-humidity.pdf »

Types de capacitifs utilisés

- Capacitifs
- Dew-point
- Psychromètres

Théorie de la mesure d'humidité

source : NPL⁽¹⁾ Guide « Npl-Guide-to-humidity.pdf »

- L'humidité est une pression de vapeur d'eau (Pa)

$$P_{(total)} = P_{(nitrogen)} + P_{(oxygen)} + \boxed{P_{(water)}} + P_{(others)}$$

Avec :

- Formules générales d'après les températures (dry & wet)

- Humidité relative:

$$RH(\%) = \frac{e}{e_s} \cdot 100$$

- Pression de vapeur:

$$e = e' - A \cdot P \cdot (t - t_w)$$

- e (Pa) : pression de vapeur de l'eau
#Dry measure
 - e_s (Pa) : pression de vapeur saturante
#Wet measure
 - e' (Pa) : pression de vapeur saturante de l'eau à t_w
 - A ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) : coefficient psychrométrique
- $A = 6.66 \times 10^{-4} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ for moving air as in the Assmann ventilated psychrometer
 $A = 8.0 \times 10^{-4} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ in a Stevenson screen as used by the Meteorological Office.
- P : pression barométrique (en Pa)
 - t : température sèche (en $^{\circ}\text{C}$ ou K)
 - t_w : température humide (en $^{\circ}\text{C}$ ou K)

Théorie de la mesure d'humidité

source : NPL⁽¹⁾ Guide « Npl-Guide-to-humidity.pdf »

- Formules d'après mesures de dew point (température)

- Formule de Magnus: (équation simple)

$$\ln(e_w) = \ln(611.2) + \frac{17.62*t_w}{243.12+t_w}$$

- Facteur de correction selon la pression $e' = ef$

- Si P = [30; 1100] mbar :

$$f = 1.0016 + 3.15 \times 10^{-6}P - 0.074/P.$$

- Si P = [1; 20] bars abs :

$$f = \exp \left[\alpha \left(1 - \frac{e_s}{P} \right) + \beta \left(\frac{P}{e_s} - 1 \right) \right]$$

Avec :

- e_w (Pa) : pression de vapeur saturante
#Wet measure

- A ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) : coefficient psychrométrique

- t_w : température DewPoint (en $^{\circ}\text{C}$ ou K)

- P : pression barométrique (en Pa)

- Coefs α et β donnés selon une table

$$\alpha = \sum_{i=1}^4 A_i t^{(i-1)} \quad \text{and} \quad \beta = \exp \sum_{i=1}^4 B_i t^{(i-1)} \quad (16)$$

and values of A_i and B_i are given in Table 11.

Table 11. Coefficients for f

	Water -50 °C to 0 °C	Water 0 °C to 100 °C	Ice -100 °C to 0 °C
A1	3.62183×10^{-4}	3.53624×10^{-4}	3.64449×10^{-4}
A2	2.60553×10^{-5}	2.93228×10^{-5}	2.93631×10^{-5}
A3	3.86501×10^{-7}	2.61474×10^{-7}	4.88635×10^{-7}
A4	3.82449×10^{-9}	8.57538×10^{-9}	4.36543×10^{-9}
B1	-10.7604	-10.7588	-10.7271
B2	6.39725×10^{-2}	6.32529×10^{-2}	7.61989×10^{-2}
B3	-2.63416×10^{-4}	-2.53591×10^{-4}	-1.74771×10^{-4}
B4	1.67254×10^{-6}	6.33784×10^{-7}	2.46721×10^{-6}

Conclusion

Pour mesurer l'humidité dans des cellules de pressions,

Cela nécessite de mesurer en plus:

- la pression
- la température

SOMMAIRE

Partie théorie

Communication I2C

Théorie mesures humidité

Présentation des capteurs sélectionnés

Exemples de mises en œuvre en cours

Un capteur avec bibliothèque Linx

Plusieurs capteurs en parallèle

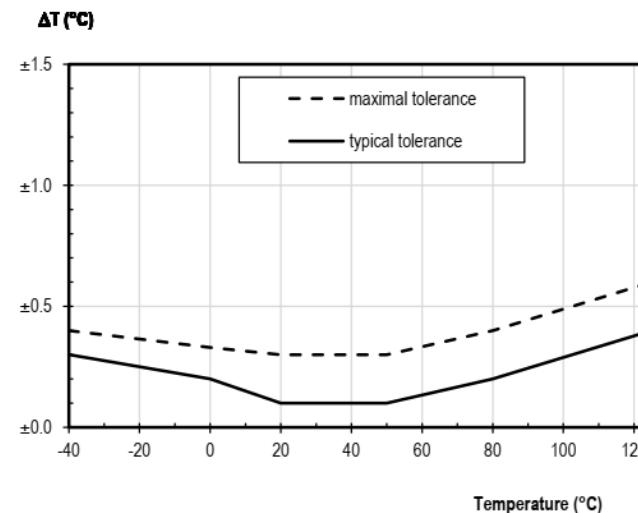
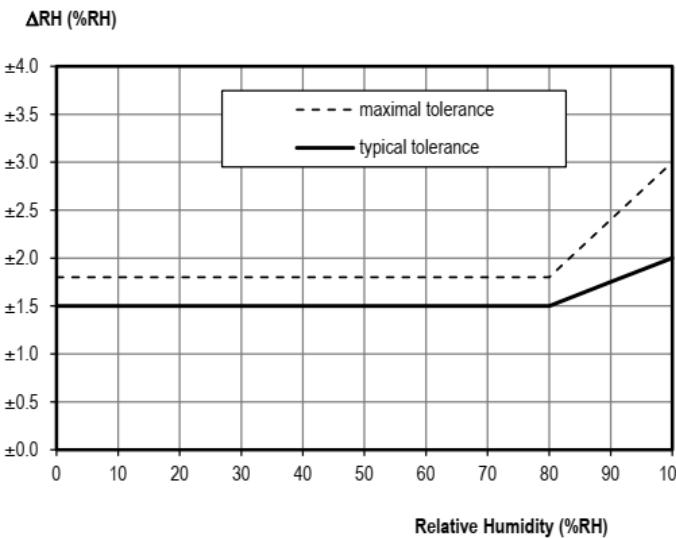
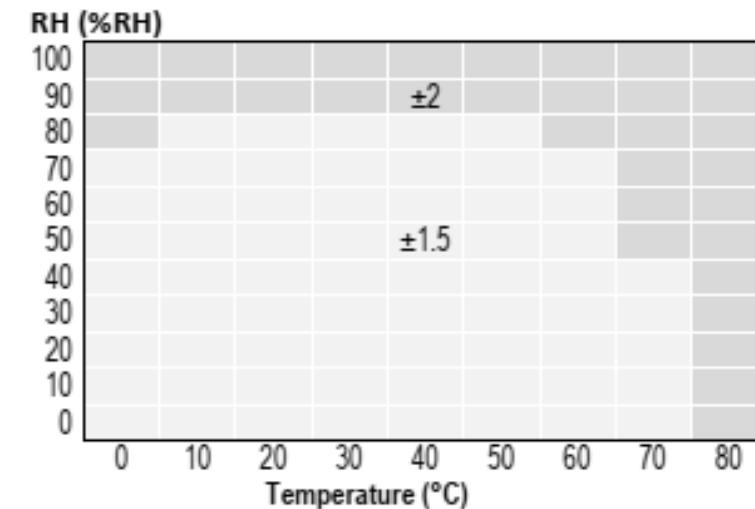
Remerciements, Perspective & Conclusion

Nouveaux capteurs d'humidités

- Capteurs numériques Sensirion RH & température SHT85 & SHT45
 - Communication : I2C
 - EM : [0; 100] %RH
 - Précisions : $\pm 1.5\%$ RH & $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - T_{max} : $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (intégrés) ou $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (CMS)
 - Consommation réduite ($VDD = [3.3 ; 5]\text{ V}$)
 - Renvoient des datas de RH(%) et T° ($^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{F}$)



From <https://fr.farnell.com/sensirion>



Nouveaux capteurs d'humidités

- Mise en œuvre simple
 - 2 résistance de Pull-up & Option : capacité de filtrage
- Taille réduite par rapport à un capteur industriel
 - Environ 5x18x1mm



From <https://fr.farnell.com/sensirion>

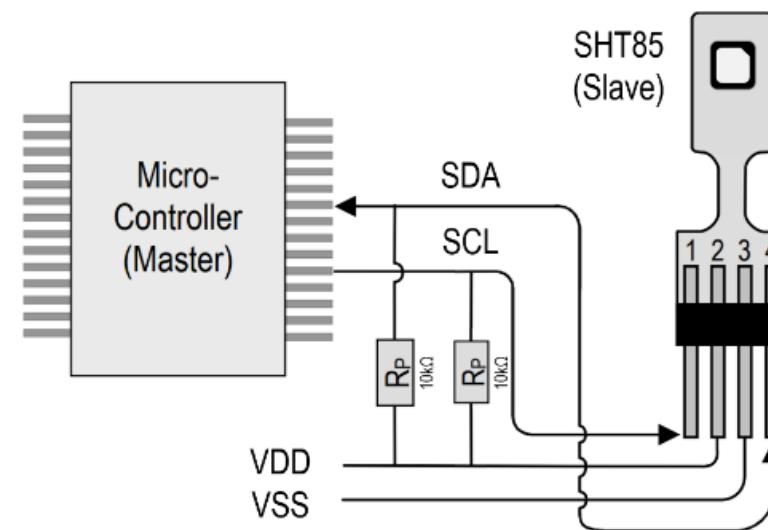
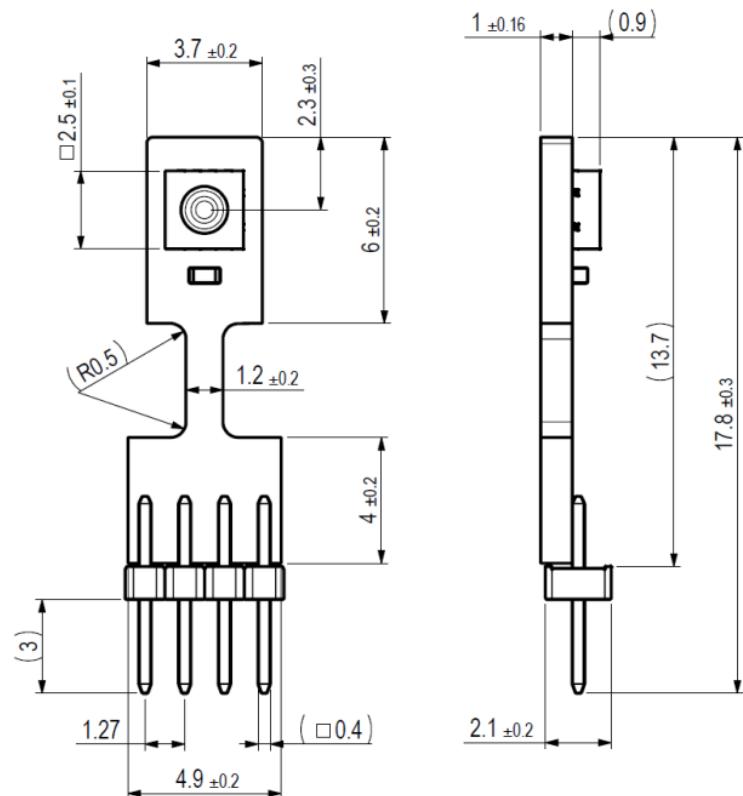
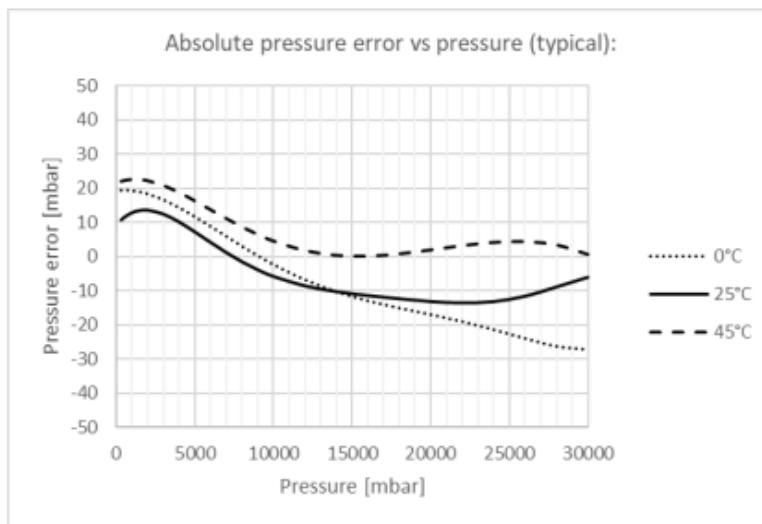


Figure 4: Typical application circuit

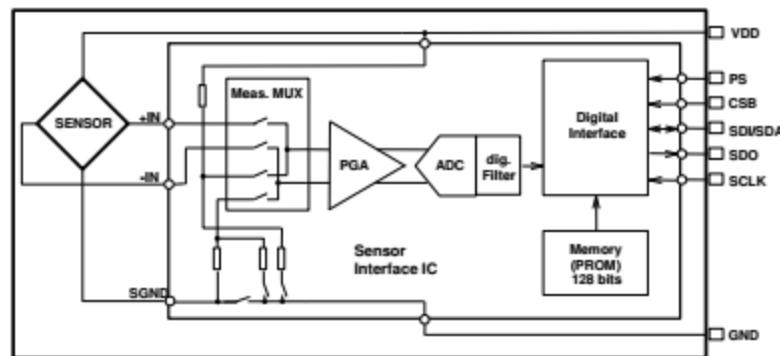
Extract from Sensirion_SHT85_SERI-S-A0019369659-1.pdf

Nouveaux capteurs pressions

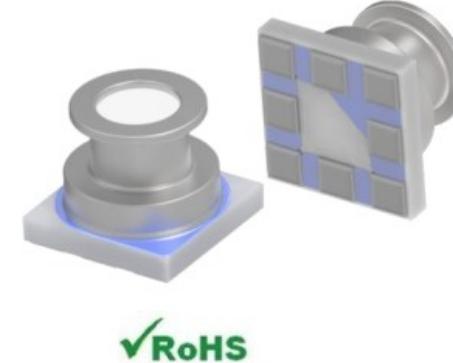
- Gammes de capteurs MS58xx de TE connectivity
 - Altimètres (mesures pression absolue),
 - Élément sensible : MEMS
 - EM de pression : [0,3 ; 30] bar abs
 - Précision pression: ± 175 mbar
 - Précision T° : $\pm 0.6^\circ\text{C}$
 - Températures de travail étendue: $-40^\circ\text{C} / +110^\circ\text{C}$
 - Encombrement CMS : $3.3 \times 3.3 \times 2.65$ mm
 - Interface I²C
 - Renvoient des datas P et T°



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Extract from NG_DS_MS5849_30BA_10-3398315.pdf



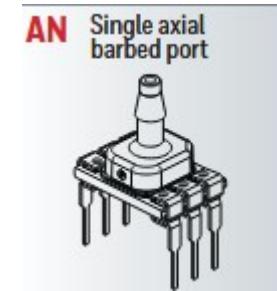
Features

- High-resolution pressure sensor
- Fast conversion down to 0.37 ms
- Low power down to 0.34 μA (standby < 0.1 μA at 25°C)
- Ceramic package $3.3 \times 3.3 \times 2.7$ mm³
- Supply voltage 1.5 V to 3.6 V
- Integrated digital pressure sensor (24-bit $\Delta\Sigma$ ADC)
- Operating range: 300 to 30000 mbar, $-40^\circ\text{C} / +110^\circ\text{C}$
- SPI and I²C interfaces

Nouveaux capteurs CMS : Inconvénients majeurs



- Capteurs CMS: prévoir de la sous-traitance !!
 - Etude electronique approfondie
 - Coût élevé (surtout si unitaire)
 - Délais supplémentaires
- Pour évaluation , utilisation de capteur Honeywell ABP2



SOMMAIRE

Partie théorie

Communication I2C

Théorie mesures humidité

Présentation des capteurs sélectionnés

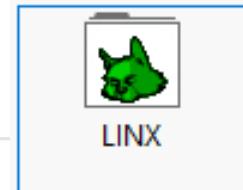
Exemples de mises en œuvre en cours

Un capteur avec bibliothèque Linx

Plusieurs capteurs en parallèle

Remerciements, Perspective & Conclusion

Communication d'un capteur SHT85 avec bibliothèque MakerHub Linx



But:

- Evaluer les capteurs d'humidités Sensirions
- Piloter une sonde SHT85 avec un Arduino Uno

Communication: USB

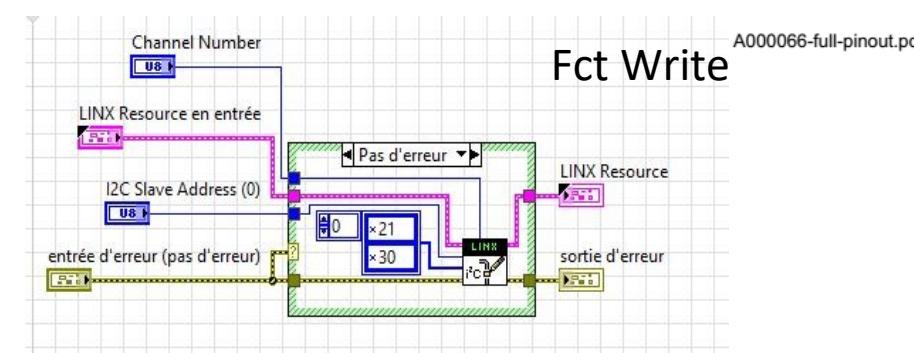
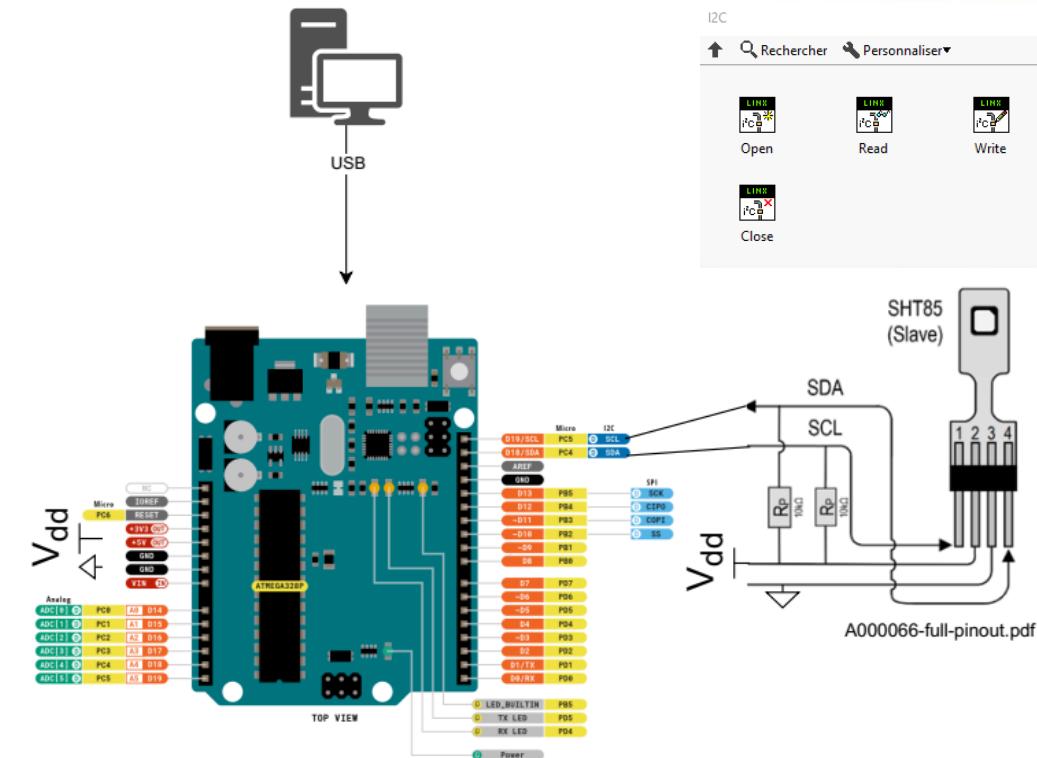
Utilisation de bibliothèque MakerHub Linx / VI I2C

- Installation via VPIM

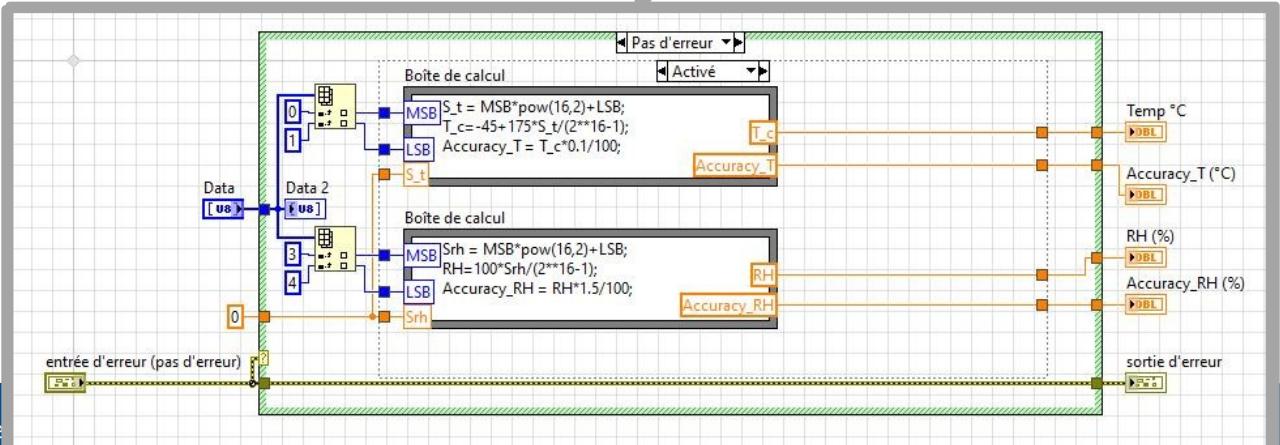
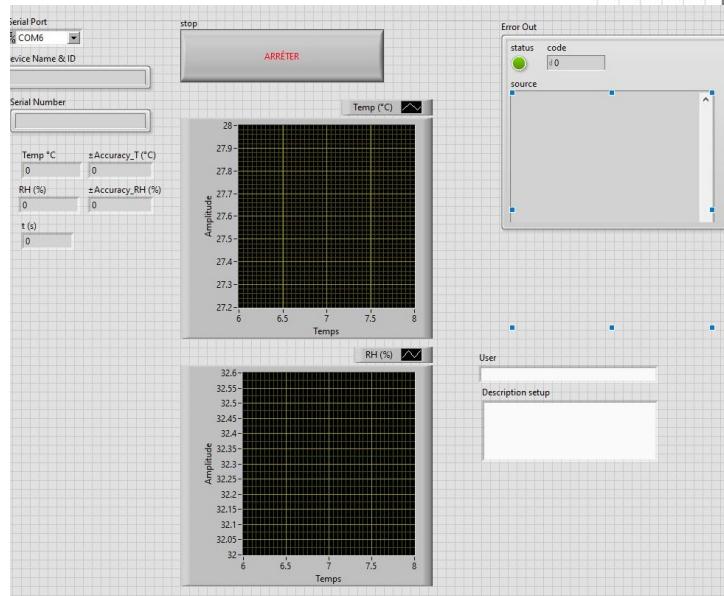
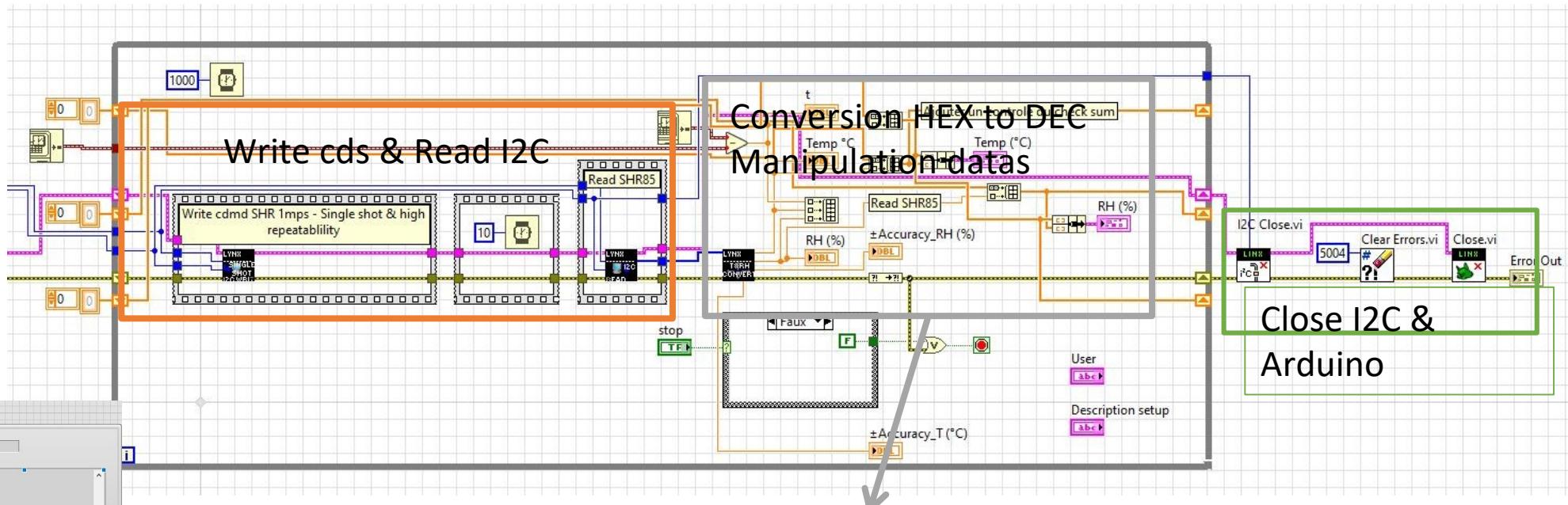
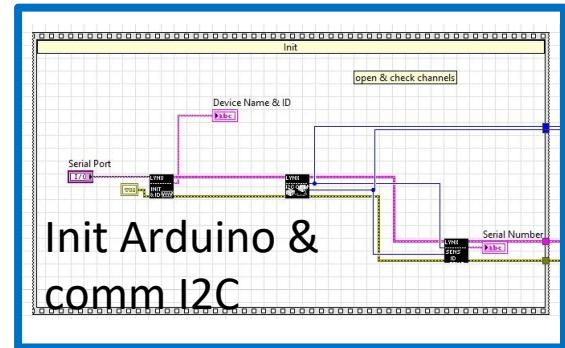
Ecriture des commandes en HEXA (U8)

Lecture les datas en HEXA (U8)

- RH (%)
- T° (°C)



Communication d'un capteur avec bibliothèque MakerHub Linx



Communication d'un capteur SHT85 avec bibliothèque MakerHub Linx



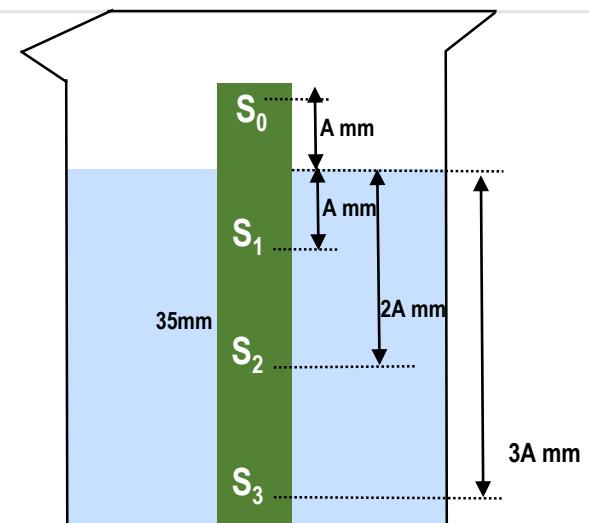
- Avantages:
 - Une seule interface
 - LabVIEW
 - Travailler avec plusieurs capteurs
 - Si addresses différentes
 - Capteur intégré
 - Mise en oeuvre simple & rapide
- Inconvénients:
 - Doit ré-écrire des bibliothèques en LV
 - Trouve en open source sous github.com
 - Bibliothèque Linx ne marche qu'avec Arduino UNO R3
 - Board nano non compatibles
 - SHT85 : une seule adresse de communication
 - 1 UNO = 1 capteur

Merci à Adeline Richard

“Pilotage de cycle thermique d'une chambre climatique sous LabVIEW avec l'interface Arduino/LINX”, journée AlpesVIEW 2019

Communication avec plusieurs capteurs SHT85

- Dans le cadre d'une thèse en co-tutelle avec IRT St Exupéry (Toulouse) et le G2Elab
 - Thème : étude des caractéristiques diélectriques des gels isolants
- Moyens utilisés :
 - Cellules mesures de courants
 - Logiciel NEWAMP
- Pbm: impossible de mesurer l'humidité dans les gels pendant les mesures sous HV.
- En cours : Développement d'une manip' de mesure de pénétration de l'humidité en fonction de la hauteur
 - Utilisation de 4 sondes SHT45 avec un espacement identique & d'une sonde de pression ABP2
 - PCB utilisé : Rogers

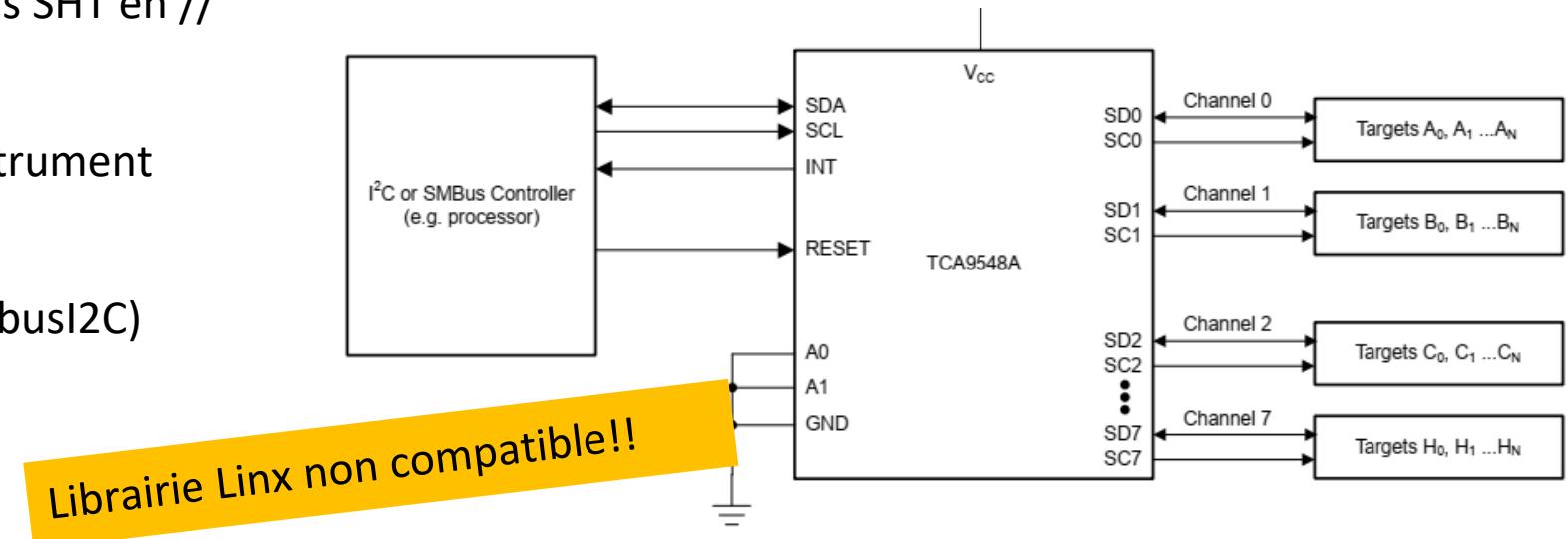


Comparatif PCB FR4 vs ROGERS (inclusif absorption d'eau)

Critère	FR4	ROGERS
Matériau de base	Composite de fibre de verre et résine époxy	Céramique chargée (PTFE, hydrocarbures, etc.)
Constante diélectrique (Dk)	~4.2 à 4.8 (variable selon la fréquence)	2.2 à 10 (stable sur une large plage de fréquences)
Facteur de dissipation (Df)	~0.02 à 0.03 (plus élevé)	~0.0009 à 0.003 (très faible)
Stabilité thermique	Bonne jusqu'à ~130°C	Excellent, jusqu'à 280°C (selon le grade)
Coefficient de dilatation thermique (CTE)	~14-18 ppm/°C	~10-16 ppm/°C (meilleure stabilité dimensionnelle)
Performances en haute fréquence	Limitées (pertes plus élevées)	Excellent (faibles pertes, idéal pour RF/micro-ondes)
Coefficient d'absorption d'eau	~0.1% à 0.5% (peut varier selon le grade et les conditions)	~0.01% à 0.04% (très faible, excellente résistance à l'humidité)

Communication avec plusieurs capteurs SHT85

- Communiquer avec plusieurs capteurs SHT en //
 - Utiliser un multiplexeur I2C
 - Ref: TCA9548A de Texas Instrument
- Multiplexeur 8 voies (voies 0...7)
- A installer en aval du contrôleur I2C (busI2C)



Sous application Arduino IDE



- Installer les bibliothèques TCA9548A , SHT85...
- Piloter le multiplexeur et les capteurs
- Traitement & formatage des données
 - Dans le µcontrôleur
- Renvoyer les datas au PC par “Serial Print”



Simplified Application Diagram

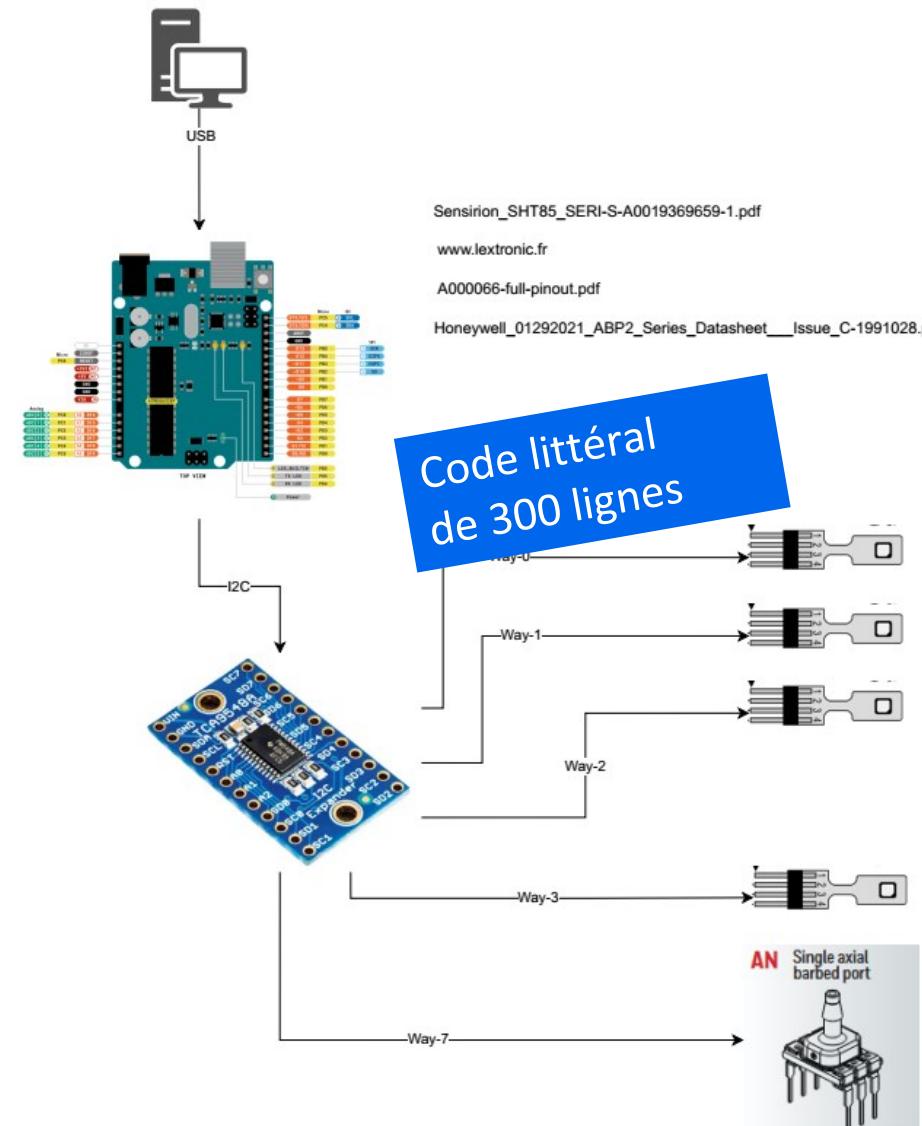
Extracrt from I2C mutiplexer tca9548a.pdf

Sous LabVIEW

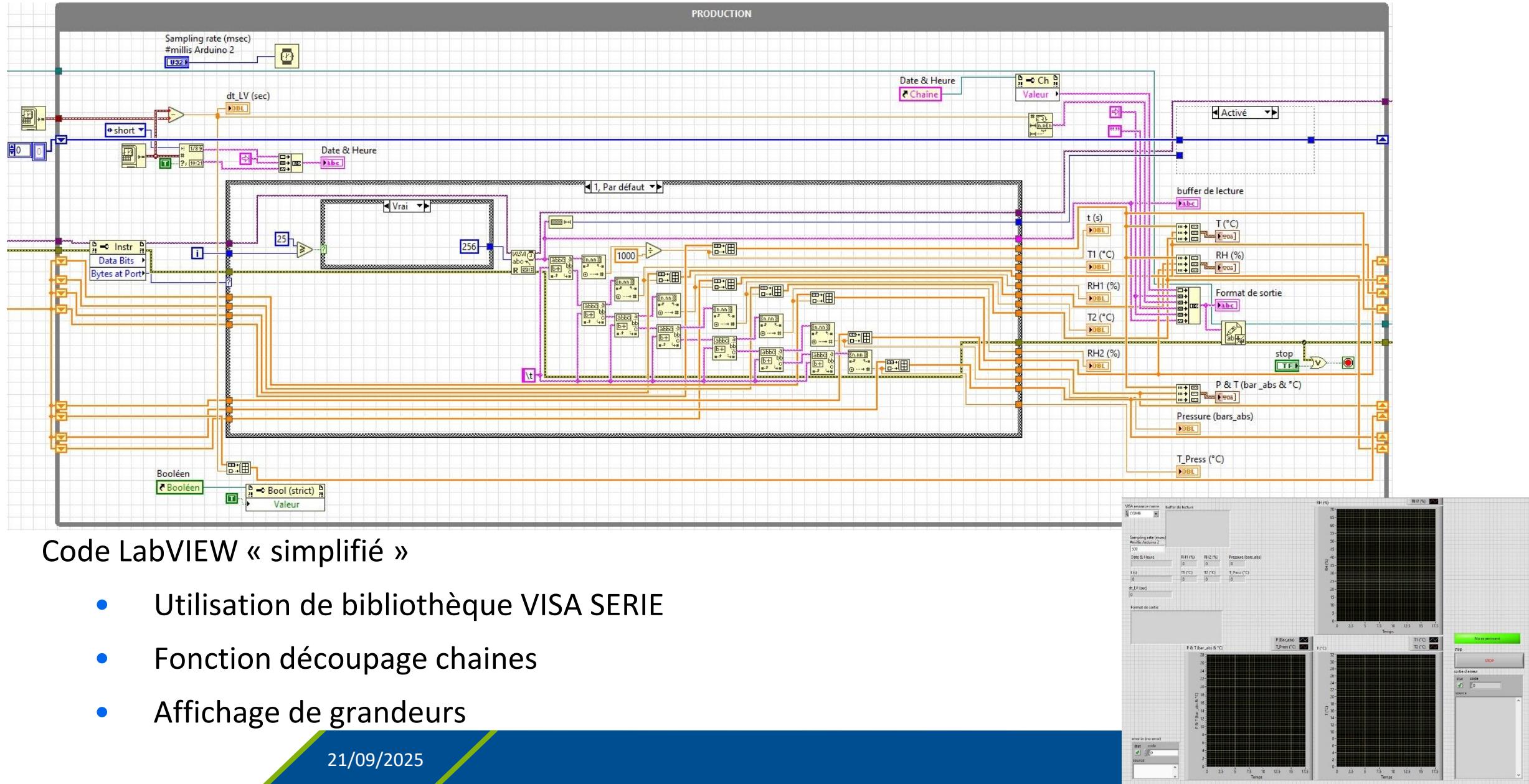
- Surveillance du port com
 - Datas sous forme de “Char”
- Traitement minimaliste
- Affichage en FA les datas
- Enregistrement sous fichier .txt

Communication avec plusieurs capteurs SHT85

- Synoptique du setup électronique :
- Code Arduino /TCA9548A
 - github « tca9548_demo » (<https://github.com/RobTillaart/TCA9548>)
 - Problème : scan toutes les voies une à une...
 - Voie 7 non détectée
 - Utilisation d'un code plus « manuel » (<https://passionelectronique.fr/tutorial-tca9548a>)
 - Configurer les voies utilisées
- Code SHT85 et ABP2
 - github « SHT85 demo » (<https://github.com/RobTillaart/SHT85>)
 - Communiquer et convertir directement les trames HEXA en CHAR
 - Code ABP2 <https://forum.arduino.cc/t/honeywell-abp2-series-pressure-sensor-code-from-datasheet-not-working/1156348>



Communication avec plusieurs capteurs SHT85 - LabVIEW



SOMMAIRE

Partie théorie

Communication I2C

Théorie mesures humidité

Présentation des capteurs sélectionnés

Exemples de mises en œuvre en cours

Un capteur avec bibliothèque Linx

Plusieurs capteurs en parallèle

Remerciements, Perspective & Conclusion

Remerciement

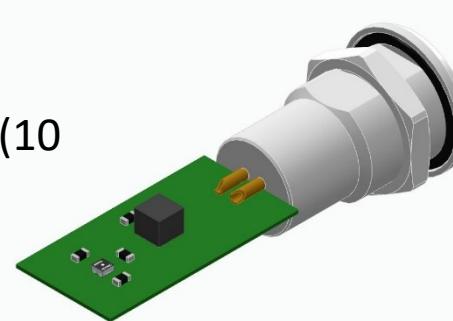
- Collègues du G2Elab
 - Daniele Dargaud
 - Enzo Cuilla
 - Alys Grimonet
 - Jérôme Ferrari



Remerciements, Perspectives & Conclusions

▪ Perspectives:

- Développer une sonde de mesure RH et de pression sous haute température
 - Capteurs SHT45 et MS58xx
 - Étanche au vide et à la pression (10 bars)
 - Temp max : 110/125°C
 - PCB Roger
- Finaliser les mesures de RH projet SiCRET
 - Intégrer une horloge I2C (DS3231 -?)
- Evaluer précisément les capteurs SHT
 - Précision selon température et pression
 - Mesures comparatives avec sondes de références
- Mettre en oeuvre un système d'humidification de cellule sous pression



▪ Conclusion:

- Découvrir
 - un nouveau protocole de communication
 - instrumentation low-cost
 - précisions correcte
- Mise en place de setups de mesures réutilisables
- Remettre à l'électronique
- Travailler en équipe
- Réconcilié avec les Arduino...
- Compris comment « sniffer » un port com!!
- Intérêt pour les mesures d'humidité



Merci de votre attention



Avez-vous des questions?

Annexe: Psychrometric Chart

source : « Npl-Guide-to-humidity.pdf »

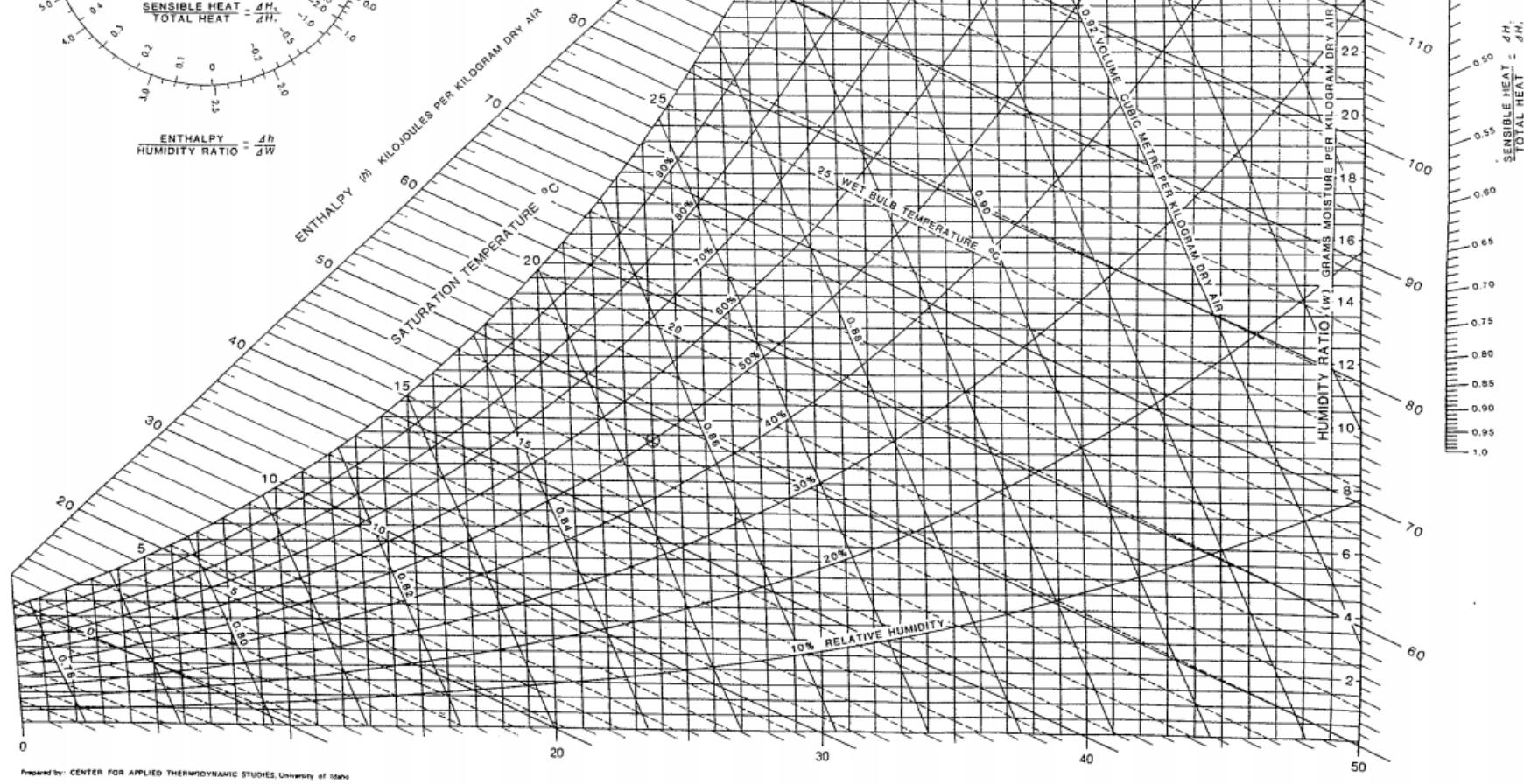
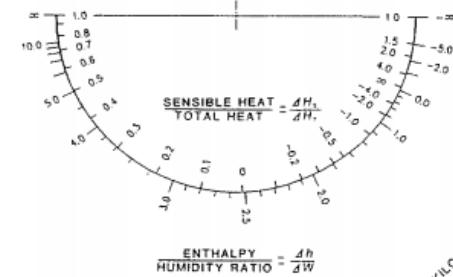
A guide to the measurement of humidity

Psychrometric chart

ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO. 1
NORMAL TEMPERATURE SEA LEVEL
BAROMETRIC PRESSURE 101.325 kPa.

COPYRIGHT 1992

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.



Prepared by: CENTER FOR APPLIED THERMODYNAMIC STUDIES, University of Idaho