

結露モニタ(Condensation Monitor)

Naka

概要

mbed HRM1017 と温湿度圧力センサ BME280 を用いた結露監視用のモニタです。屋内外2か所で測定し現在の温度と露点（空気中の水蒸気が露となる温度）を比較します。屋内外の壁や窓で結露が発生しそうなき、あるいは発生していると思われる場合に LED やメッセージで警告を出力します。

屋外用ユニットと屋内用ユニットの間は、I²C 接続を使い、LAN ケーブルを使って接続します。（最大 45m まで動作確認。CAT6 UTP ケーブル使用。）

現在は、搭載液晶（屋内外）、USB シリアル、BLE UART へ行くだけですが、将来的には Raspberry Pi 等を使って、外部 Web サーバ経由で状況確認などできるようにしたいと考えています。

また、結露しそうな場合に換気扇やエアコンを自動運転させることも検討しています。

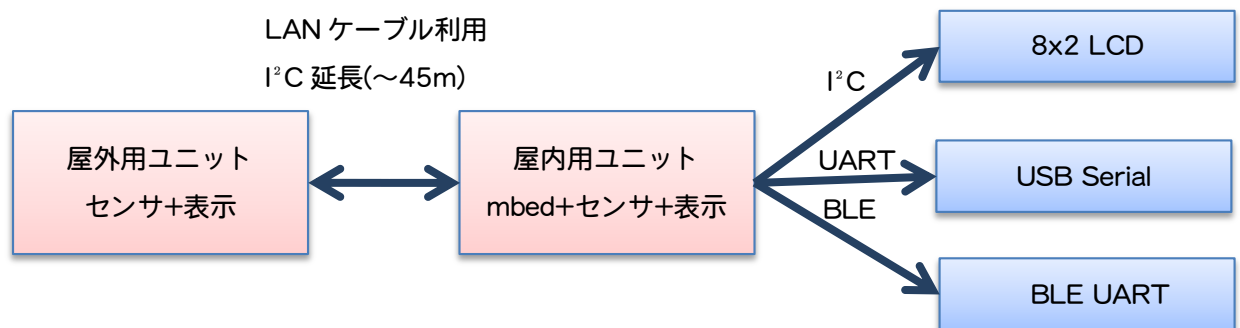


図 1 結露モニタ概要図

構成

屋内用モジュール主要部品

- ① mbed HRM1017 (NRF51822 base mbed module with BLE)(ssci.to/1755)
- ② BOSCH BME280 (I²C 接続温度/湿度/大気圧センサ)(ssci.to/2236)
- ③ I²C 接続の小型 LCD 搭載ボード(3.3V 版)(ssci.to/1405)
- ④ LAN コネクタ DIP 化キット(秋月電子通商)
- ⑤ その他、LED, 抵抗(電流制限、プルアップ、静電保護), パスコン, ダイオード(静電保護), プレッドボードなど

長距離接続時用オプション

- ⑥ NXP PCA9600D (I²C バッファ用 IC “シリアル拡張 IC サンプルブック” 添付サンプル利用 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201504.html>)
- ⑦ LAN コネクタ DIP 化キット(秋月電子通商)



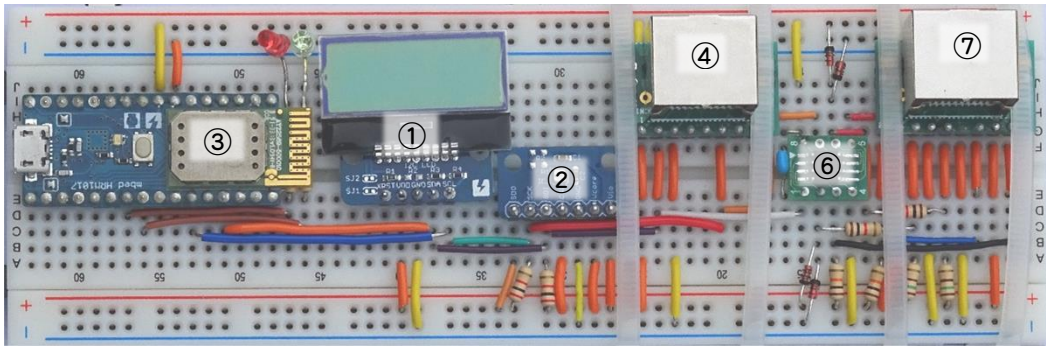


図 2 屋内用モジュール

屋外用モジュール 主要部品

- ⑧ BOSCH BME280 (I²C 接続温度/湿度/大気圧センサ)
- ⑨ I2C 接続の小型 LCD 搭載ボード(3.3V 版)
- ⑩ LAN コネクタ DIP 化キット
- ⑪ その他、LED, 抵抗(電流制限、プルアップ、静電保護), パスコン, ダイオード(静電保護), プレッドボードなど

長距離接続時用オプション

- ⑫ NXP PCA9600D
- ⑬ LAN コネクタ DIP 化キット

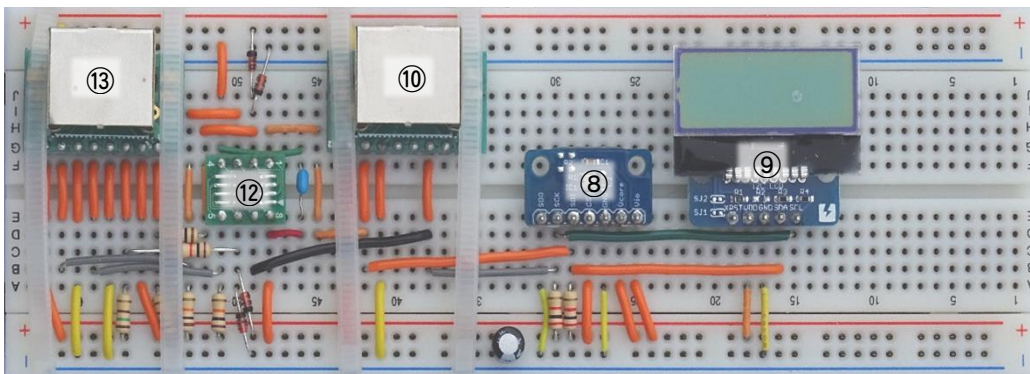


図 3 屋外用モジュール



使い方

LAN ケーブル配線

1. LAN ケーブルを用いて④と⑩ (バッファ用 IC 未使用) 又は⑦と⑬(バッファ使用)を接続する。
2. mbed HRM1017 の micro USB コネクタと PC を USB 端子を接続する。
(PC と USB シリアル通信をしない場合は、5V の USB AC アダプタ使用可能)
3. mbed 横の LED が 3 秒間点灯した後、動作が開始します。
(両方の液晶に何も表示されない場合は、USB ケーブルを抜いて要配線確認)

mbed 横 LED

起動直後、動作確認のため 3 秒間点灯します。

その後、屋内外それぞれの露点と気温の差(組み合わせは 4 通りあります)の最小値により、点灯が制御されます。

緑の LED: 結露に近いことを示す警告。差がソース上の warn_wid の値より小さくなると、点灯します。(デモ基板は現在は 20°C に設定されているため、常時点灯します。)

赤の LED: 結露が発生していることを示す警告。差がゼロ以下の場合に点灯します。

屋内外モジュール液晶表示

3 秒ごとに液晶表示が切り替わります。表示内容は別表を参照してください。

USB シリアル表示

3 秒ごとに最新の情報を表示します。mbed のシリアルドライバをインストール後、ターミナルソフトを接続して表示してください。

BLE UART 表示

BLE UART 受信可能なアプリを起動して、UART メニューから“BLE Condensation Monitor”という名前のデバイスに接続してから、受信メッセージを確認してください。



図 4 Nordic BLE Toolbox 接続例



表 1 表示項目説明

番号	表示項目	説明 [単位]	LCD 表示例	BLE UART 表示例	USB シリアル表示例
①	屋内外気温	屋内外気温[°C]	To 27.8C Ti 26.6C	Temp.In27.8 Out26.6	In: ①27.82 degC, ②68.73 %, ④1006.56 hPa Out: ①26.63 degC, ②63.99 %, ③1005.62 hPa Humidity Ratio [g/kg] : In ⑩15.89 ⑩Out 13.81 Due Point Temperature [degC] : In ⑤21.54 Out ⑤19.25 ⑥Condensation at Inside ⑥6.3 degC to Condensation at Inside ⑦Condensation at Outside ⑦7.4 degC to Condensation at Outside ⑧Condensation at Inside Window ⑧8.6 degC to Condensation at Inside Window ⑨Condensation at Outside Window ⑨5.1 degC to Condensation at Outside Window
②	屋内外湿度	屋内外相对湿度[%]	Ho 68.7% Hi 64.0%	Hum.In69% Out64%	
③	屋外気圧	屋外気圧[hPa]	Po1006.6 [hPa]	Prs.Out1006.6hPa	
④	屋内気圧	屋内気圧[hPa]	Pi1005.6 [hPa]	Prs.In 1005.6hPa	
⑤	屋内外露点	屋内外露点[°C]	Dpi19.3C Dpo21.5C	DP. In19.3 Out21.5	
⑥	屋内結露情報	結露発生時 (屋内気温 ≤ 屋内露点)	Condns!! In	Cond. at In	
		結露未発生時 (屋内気温 - 屋内露点)	Cto6.3C In	6.3toC.atIn	
⑦	屋外結露情報	結露発生時 (屋外気温 ≤ 屋外露点)	Condns!! Out	Cond. at Out	
		結露未発生時 (屋外気温 - 屋外露点)	Cto7.4C Out	7.4toC.atOut	
⑧	窓屋内側 結露情報	結露発生時 (屋外気温 ≤ 屋内露点)	Condns!! In@Win	Cond. at InWind.	
		結露未発生時 (屋外気温 - 屋内露点)	Cto8.6C In@Win	8.6toC.atInWind.	
⑨	窓屋外側 結露情報	結露発生時 (屋内気温 ≤ 屋外露点)	Condns!! Out@Win	Cond. at OutWind.	
		結露未発生時 (屋内気温 - 屋外露点)	Cto5.1C Out@Win	5.1toC.atOutWind.	
⑩	絶対湿度	屋内外絶対湿度[g/kg]	(なし)	(なし)	



I²C 延長実験

Naka

概要

結露モニタでは屋内外にセンサーモジュールを設置するため、I²C を通常以上（10m 程度）に延長する必要がありました。そこで、安価で低インピーダンスの長距離ケーブルとして、Cat6 の UTP ケーブルに着目し試したところ使えることが分かりました。調子によって調べたところ、手元の 15 m ケーブルを 3 本接続した 45m の状態でも動作しました。

しかし、ケーブル長 45m はバス容量が 2500pF 程度になっていると考えられ、I²C スタANDARD モード(100MHz)のバスの制限 400pF を大きく超えています。実際に簡易オシロスコープ(LabTool) を使い確認したところ、かなりシグナルの立ち上がりが悪くなっていることが分かりました。プルアップ抵抗もぎりぎりまで小さくしないと 45m 動作ではバスが 50kHz まで低下していることも分かりました。

次に、高電流ドライブタイプの I²C バスバッファ PCA9600D を使い、送受信を分離して伝送する回路を追加したところ、かなり波形が改善することが分かりました。PCA9600 は使用上容量 4000pF まで対応するので、70m 程度まで対応する筈です。

ただし、PCA9600 使用で波形はしゃきっとしましたが、Low 時のレベルが高い(0.66V)点が気になっています。もう少し勉強が必要の様です。

回路概要

- 実験用回路の全体像は別紙参照
- 結露モニタの概要については、別紙参照
- バッファ無しの回路の概要は図 1 参照
- バッファ付きの回路の概要は図 2 参照

補足情報

- CAT6 UTP ケーブルの静電容量はネット検索結果の大きめの値 5.6nF/100m から換算

参考資料

- “マイコンにプラス！シリアル拡張 IC サンプルブック(基板付き)”
<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201504.html>
https://developer.mbed.org/teams/CQ_I2C_book/wiki/welcome
- (UM10204) “I²C バス仕様およびユーザーマニュアル” (Rev.5.0J 2012/11/02)
http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204_JA.pdf
- “PCA9600 Dual bidirectional bus buffer” (Rev.5 2011/05/05)
http://www.jp.nxp.com/documents/data_sheet/PCA9600.pdf
- (AN10658) “Sending I2C-bus signals via long communications cables”
http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10658.pdf



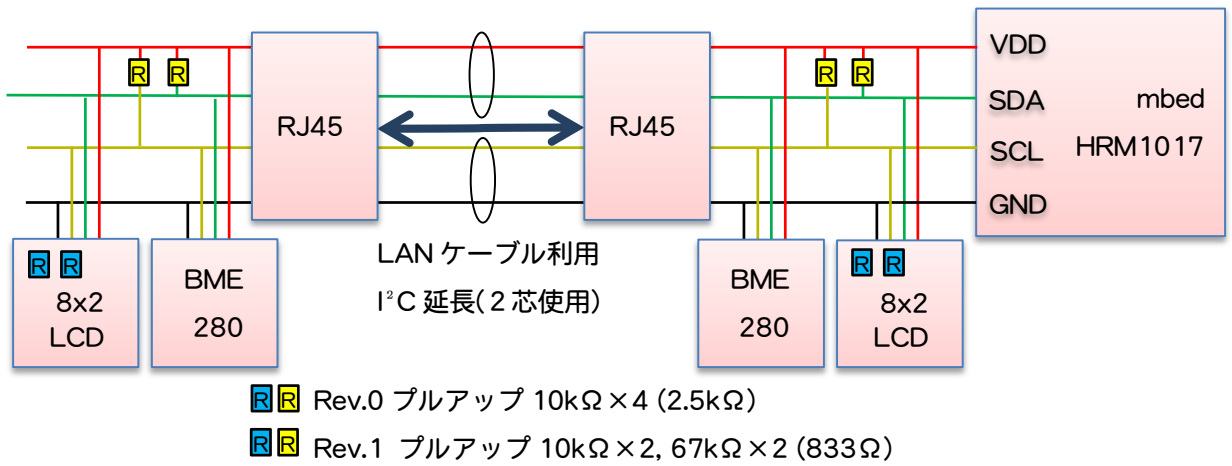


図 1 結露モニタI²Cバス概要図(バッファなし)

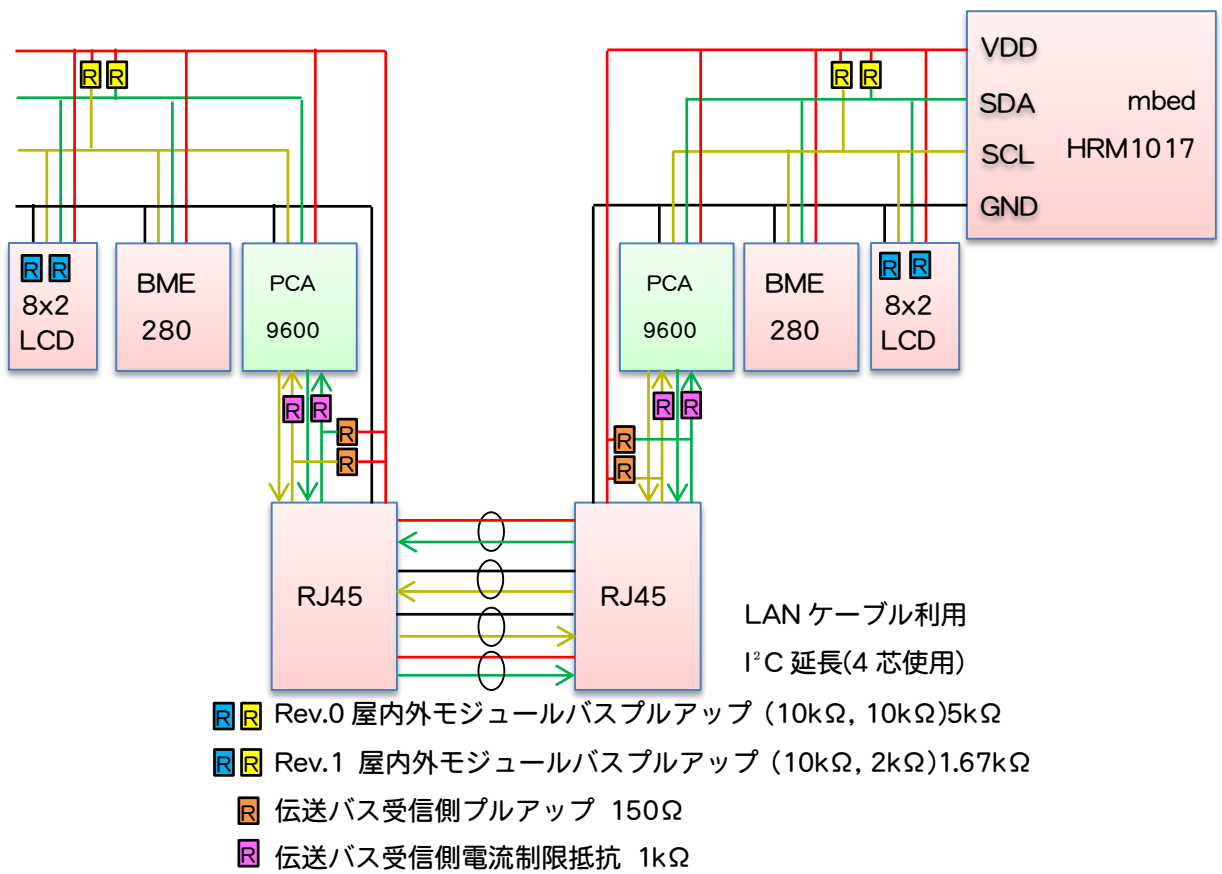


図 2 結露モニタI²Cバス概要図(バッファあり)

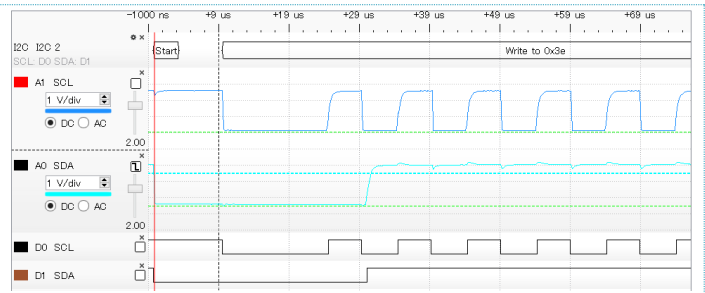


波形観察

バッファ無しプルアップ 2.5kΩ

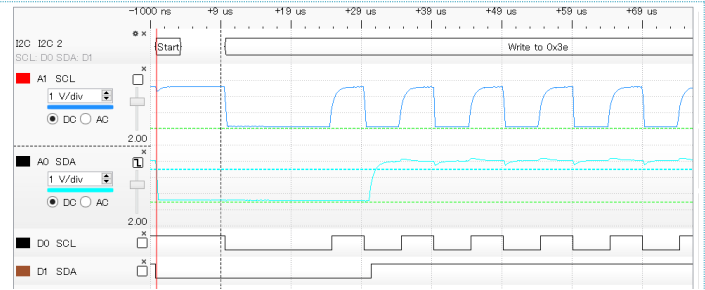
ジャンプワイヤ(≒30cm)

ケーブル容量(pF)	-
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.50
SCL min (V)	0.06



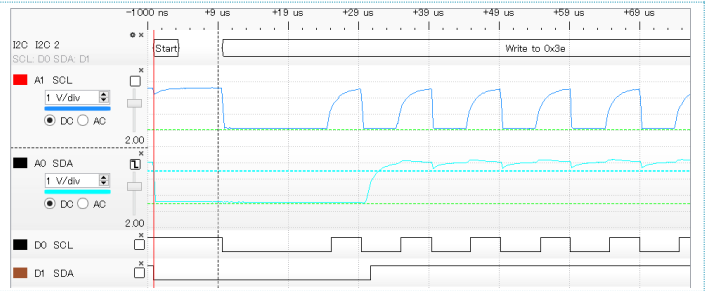
2m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	110
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.46
SCL min (V)	0.03



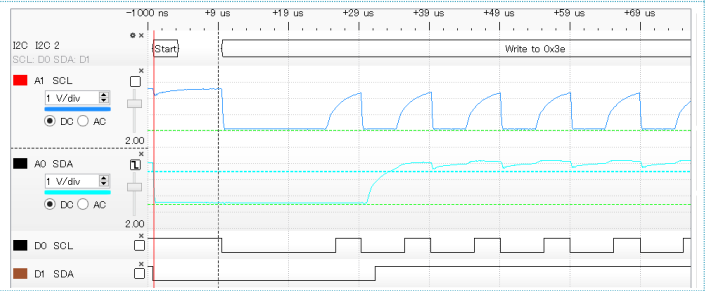
7m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	390
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.38
SCL min (V)	0.00



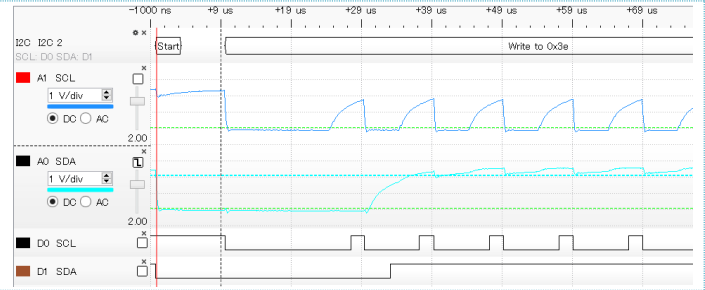
15m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	840
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.14
SCL min (V)	-0.10



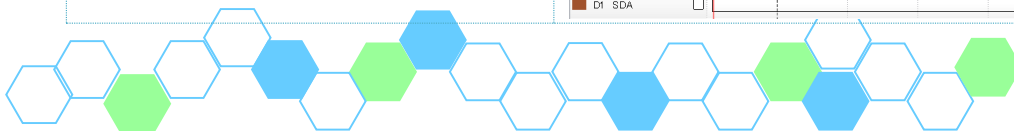
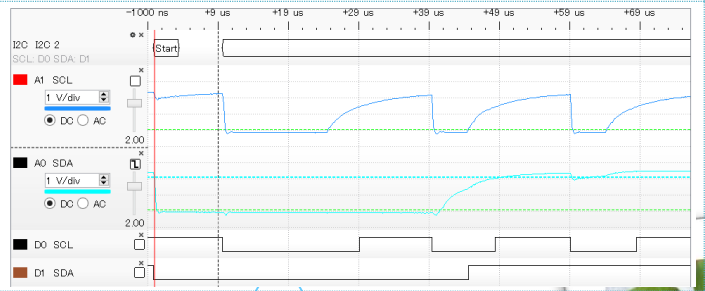
30m (15m CAT6 UTP × 2)

ケーブル容量(pF)	1700
speed(kHz)	101
SCL max (V)	1.76
SCL min (V)	-0.15



45m (15m CAT6 UTP × 3)

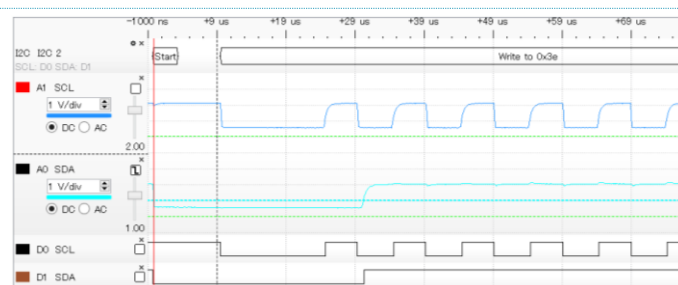
ケーブル容量(pF)	2500
speed(kHz)	52
SCL max (V)	2.2
SCL min (V)	-0.16



バッファありプルアップ5kΩ

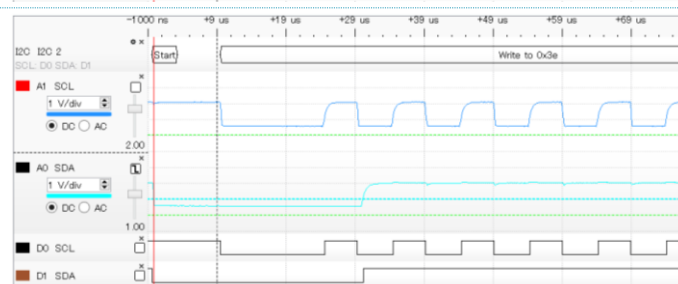
2m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	110
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.11
SCL min (V)	0.60



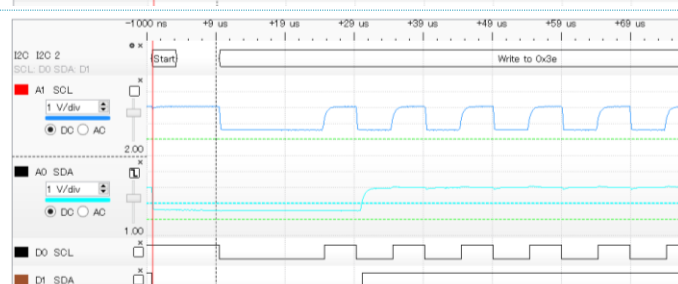
7m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	390
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.10
SCL min (V)	0.63



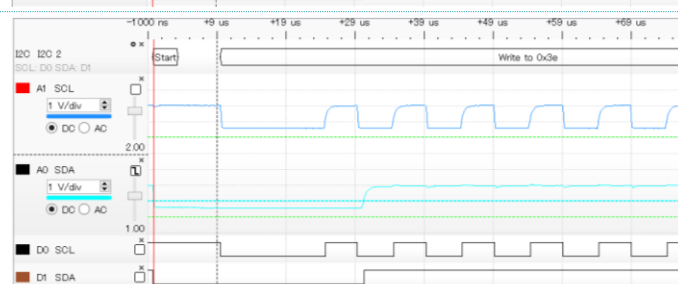
15m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	840
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.06
SCL min (V)	0.61



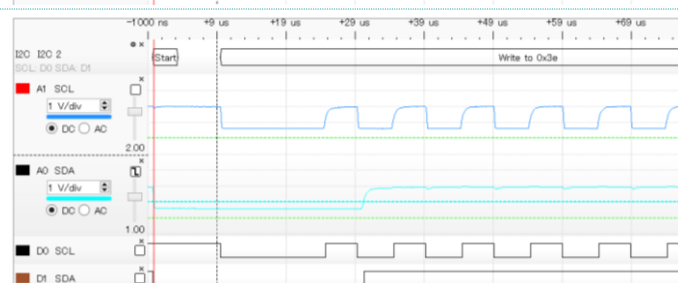
30m (15m CAT6 UTP × 2)

ケーブル容量(pF)	1700
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.03
SCL min (V)	0.62



45m (15m CAT6 UTP × 3)

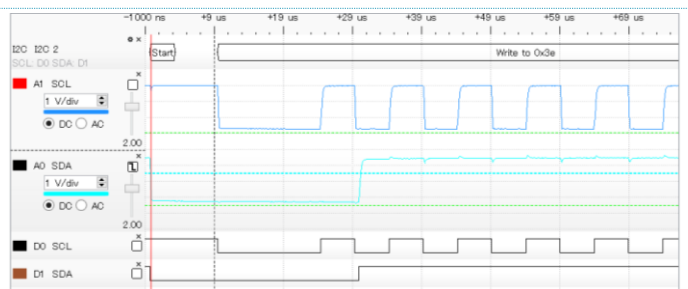
ケーブル容量(pF)	2500
speed(kHz)	101
SCL max (V)	1.99
SCL min (V)	0.60



バッファ無しプルアップ 833Ω

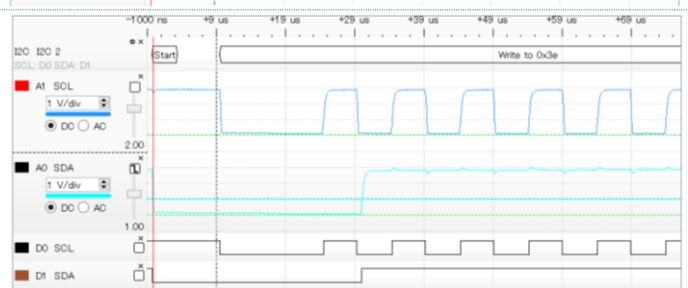
ジャンプワイヤ(≒30cm)

ケーブル容量(pF)	-
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.83
SCL min (V)	0.15



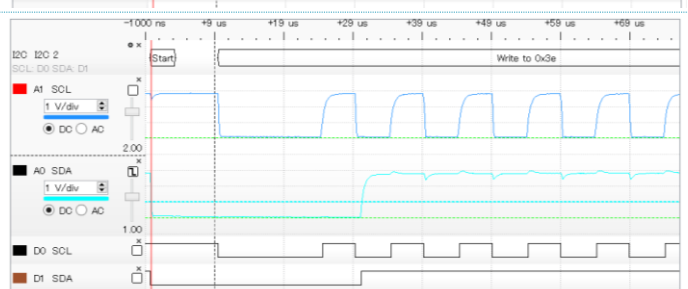
2m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	110
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.82
SCL min (V)	0.14



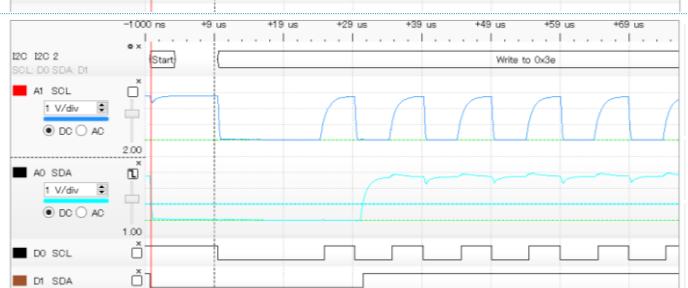
7m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	390
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.82
SCL min (V)	0.15



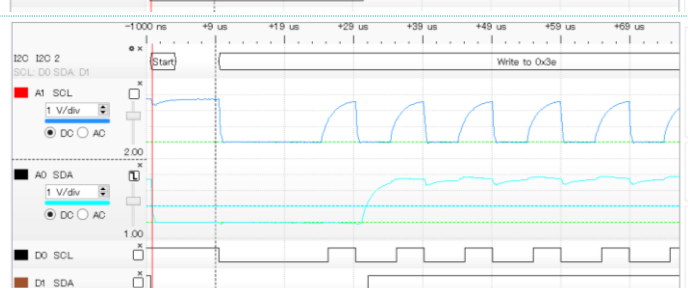
15m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	840
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.76
SCL min (V)	0.09



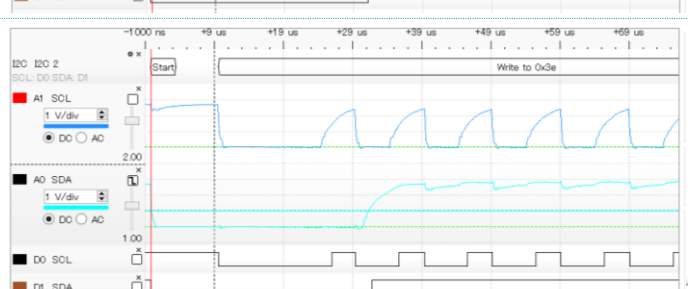
30m (15m CAT6 UTP × 2)

ケーブル容量(pF)	1700
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.58
SCL min (V)	0.01



45m (15m CAT6 UTP × 3)

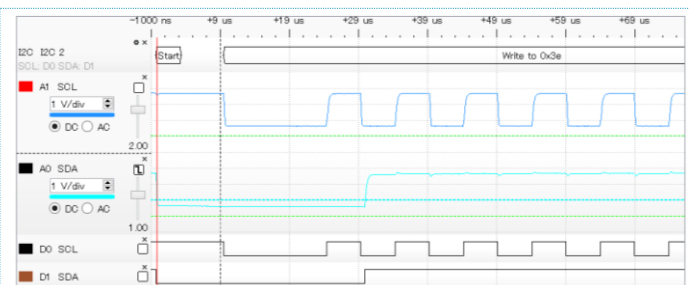
ケーブル容量(pF)	2500
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.40
SCL min (V)	-0.01



バッファありプルアップ 1.67kΩ

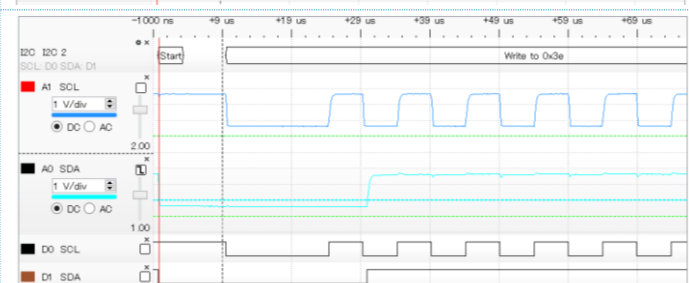
2m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	110
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.69
SCL min (V)	0.65



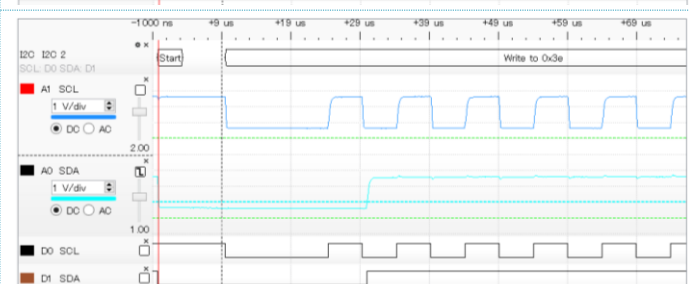
7m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	390
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.66
SCL min (V)	0.66



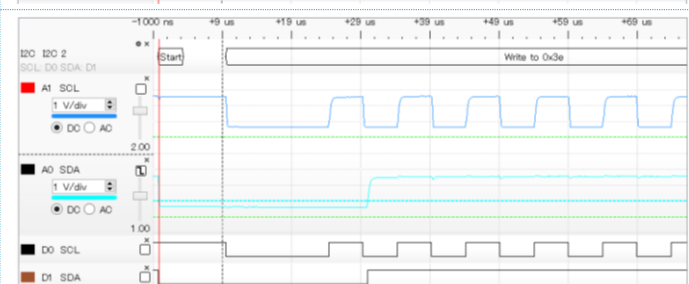
15m (CAT6 UTP)

ケーブル容量(pF)	840
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.62
SCL min (V)	0.66



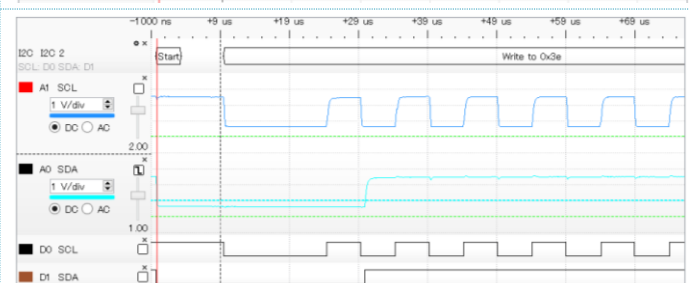
30m (15m CAT6 UTP × 2)

ケーブル容量(pF)	1700
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.58
SCL min (V)	0.67



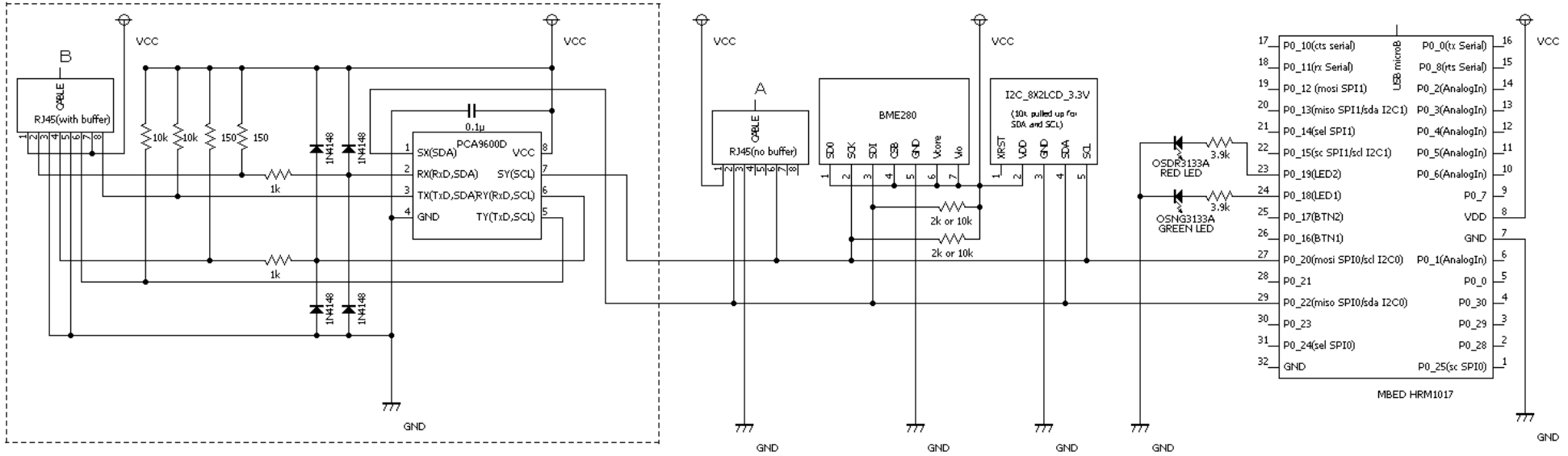
45m (15m CAT6 UTP × 3)

ケーブル容量(pF)	2500
speed(kHz)	101
SCL max (V)	2.52
SCL min (V)	0.66

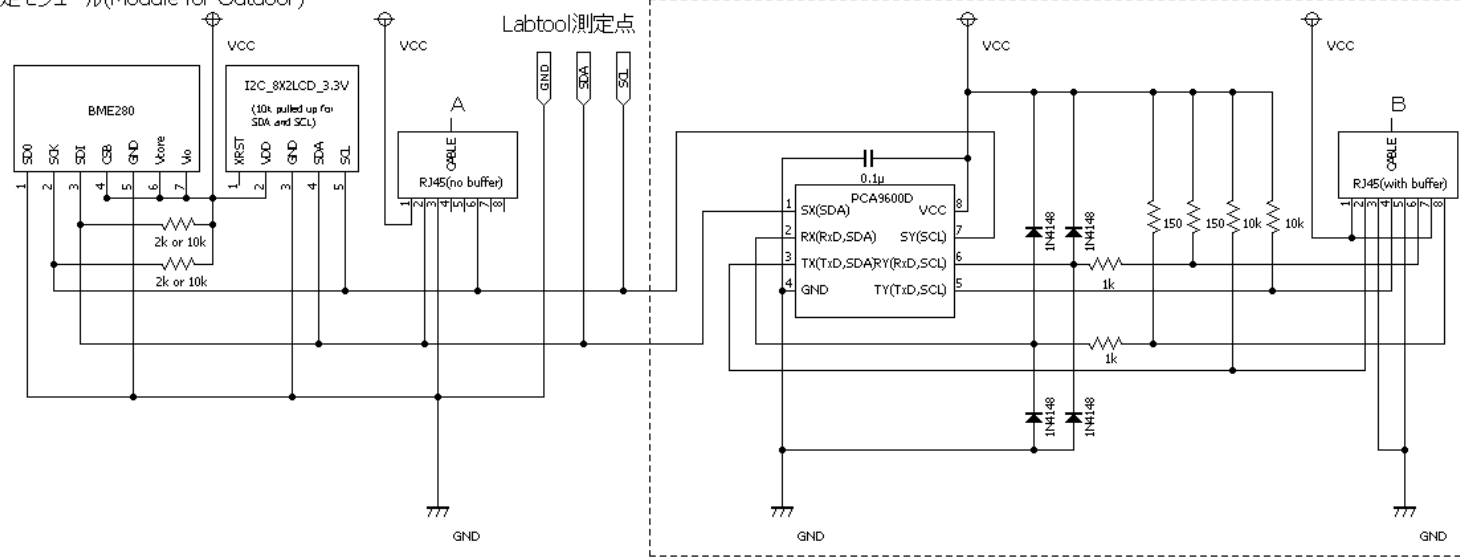


結露モニタ回路図 (Schematic of Condensation Monitor)

屋内設置想定モジュール(Module for Indoor)



屋外設置想定モジュール(Module for Outdoor)



「バッファなし接続」
 ・モジュール間距離 < 10m (目安)
 ・RJ45コネクタA間を接続
 ・バッファ回路(点線部)は不要

「バッファ利用接続」
 ・モジュール間距離 < 50m (目安)
 ・RJ45コネクタ同士を接続
 ・RJ45コネクタAは不要

注: 本回路図を利用あるいは参考にして何かを作成する場合は、自己責任においての実施をお願いします。

特に以下の点、妥当性の確認は十分ではありませんので、長時間の利用において故障が発生する可能性があります。
 「No Buffer側のプルアップ抵抗値」「静電気対策」「雷サージ対策」