

# plot

June 22, 2020

## 1 Readout mitigation from 1 qubit

Circuit 1 ry gate. Theoretically, it is

$$\cos(x/2)^2 - \sin(x/2)^2 = \cos(x)$$

```
[1]: import qiskit as qk
qc = qk.QuantumCircuit(1,1)
qc.ry(qk.circuit.Parameter(r'$\theta$'), 0)
qc.measure(0, 0)
qc.draw(output='mpl')
```

```
[1]: <Figure size 324.411x200.667 with 1 Axes>
```

```
[2]: import os

import compress_pickle
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

import exp.examine_gate_noise.exp04_with_diff_angle.finerGrid as _mod
os.chdir(_mod.__path__[0])
exp_data = compress_pickle.load('exp_data.pkl.gz')
```

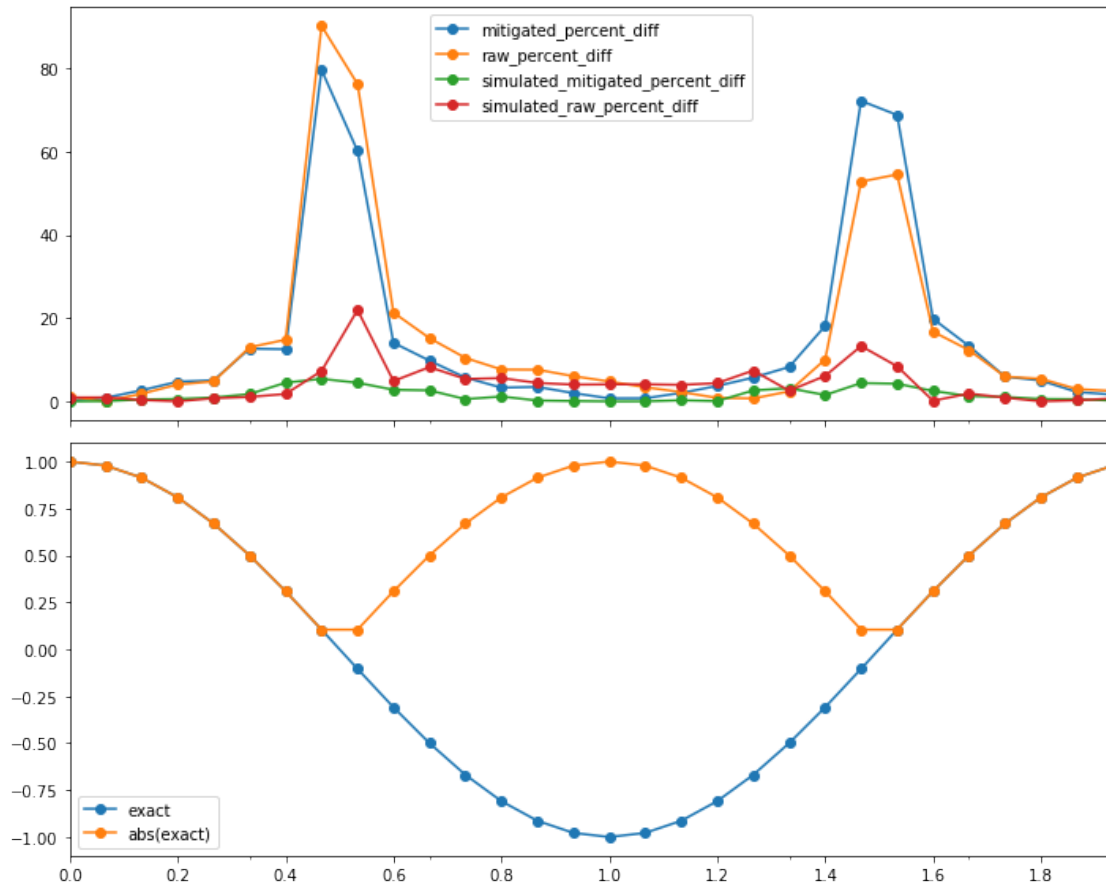
```
[3]: xticklabel = np.array(list(map(str, exp_data['angle_list'] / np.pi)))
xticks = np.arange(len(xticklabel), step=3)
xticklabel = xticklabel[xticks]
```

```
[4]: data = exp_data['summary_df']
fig, axs = plt.subplots(2, 1, figsize=(10, 8), sharex=True)
tmpdf1 = data[
    [
        "mitigated_percent_diff",
        "raw_percent_diff",
        "simulated_mitigated_percent_diff",
        "simulated_raw_percent_diff",
    ]
]
```

```

]
style = ['-o'] * 4
tmpdf1.plot(ax=axes[0], style=style)
axes[0].set_xticks(xticks)
axes[0].set_xticklabels(xtickslabel)
data['exact_value'].plot(ax=axes[1], label='exact', style=style)
abs(data['exact_value']).plot(ax=axes[1], label='abs(exact)', style=style)
[_.legend() for _ in axes]
fig.tight_layout()

```



```

[5]: keys = ['mitigated', 'raw', 'simulated_raw', 'simulated_mitigated']
      affix1 = 'expectation'
      affix2 = 'diff'
      for k in keys:
          data[f'{k}_{affix2}'] = abs(data[f'{k}_{affix1}'] - data['exact_value'])

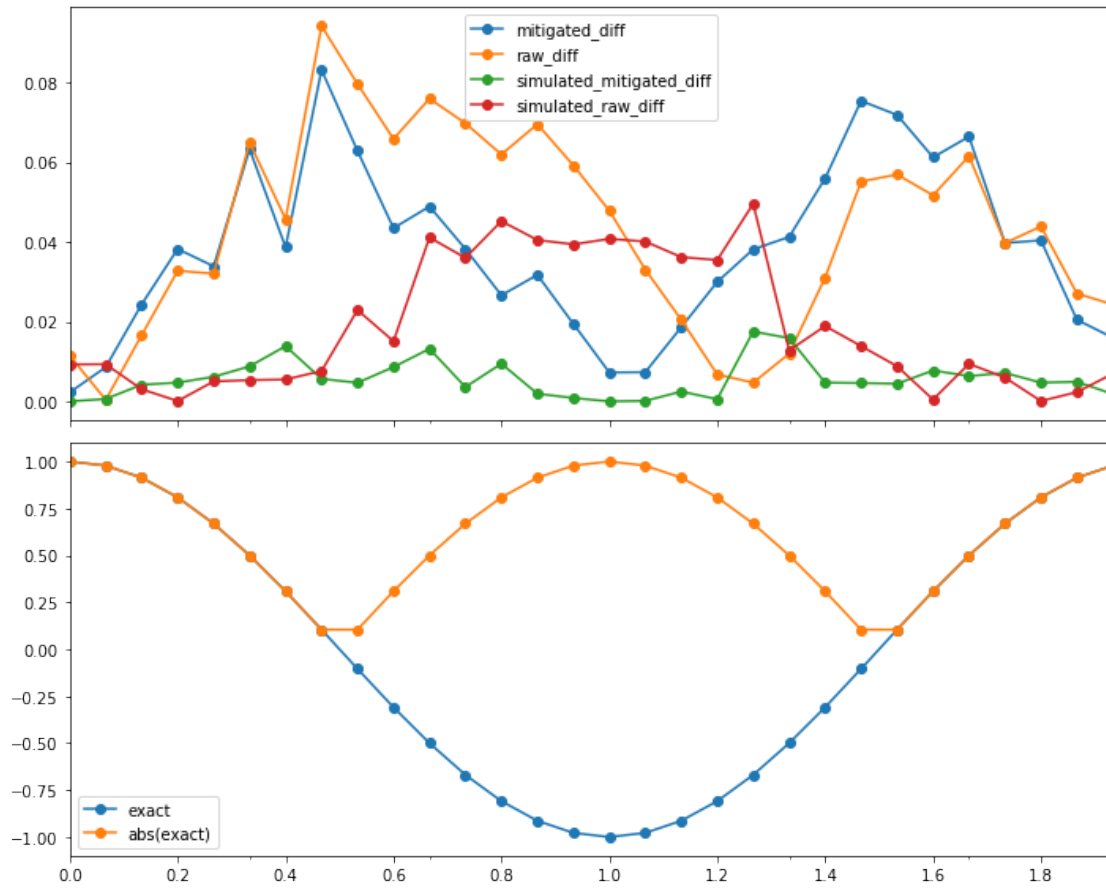
      fig, axes = plt.subplots(2, 1, figsize=(10, 8), sharex=True)
      tmpdf1 = data[

```

```

    "mitigated_diff",
    "raw_diff",
    "simulated_mitigated_diff",
    "simulated_raw_diff",
]
]
style = ['-o'] * 4
tmpdf1.plot(ax=axes[0], style=style)
axes[0].set_xticks(xticks)
axes[0].set_xticklabels(xticklabels)
data['exact_value'].plot(ax=axes[1], label='exact', style=style)
abs(data['exact_value']).plot(ax=axes[1], label='abs(exact)', style=style)
[_.legend() for _ in axes]
fig.tight_layout()

```



$$E = P(0) - P(1)$$

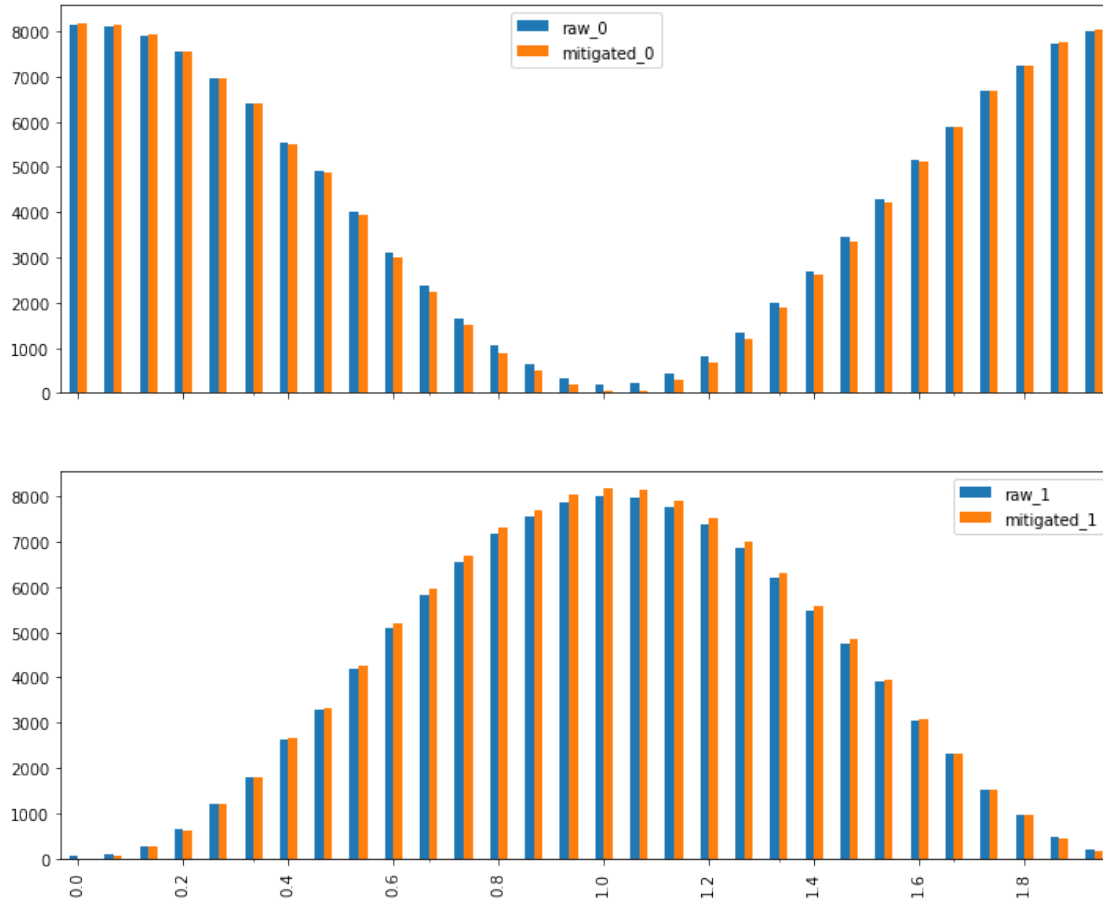
```
[6]: data.keys()
```

```
[6]: Index(['exact_value', 'mitigated_expectation', 'mitigated_percent_diff',
        'raw_expectation', 'raw_percent_diff',
        'simulated_mitigated_expectation', 'simulated_mitigated_percent_diff',
        'simulated_raw_expectation', 'simulated_raw_percent_diff',
        'mitigated_diff', 'raw_diff', 'simulated_raw_diff',
        'simulated_mitigated_diff'],
        dtype='object')
```

```
[8]: import pandas as pd

df = pd.DataFrame()
for idx, row in enumerate(exp_data['noisy_data']):
    row = {
        'raw_0': row['raw_counts']['0'],
        'raw_1': row['raw_counts']['1'],
        'mitigated_0': row['mitigated_counts']['0'],
        'mitigated_1': row['mitigated_counts']['1'],
    }
    df = df.append(row, ignore_index=True)
fig, axs = plt.subplots(2, 1, figsize=(12,10), sharex=True)
df[['raw_0', 'mitigated_0']].plot.bar(ax=axs[0])
df[['raw_1', 'mitigated_1']].plot.bar(ax=axs[1])
axs[0].set_xticks(xticks)
axs[0].set_xticklabels(xticklabel)
```

```
[8]: []
```



## 2 Quantum computer information

```
[9]: exp_data['ibmq_backend_props']['raw']
```

```
[9]: {'backend_version': '2.0.5',
      'backend_name': 'ibmqx2',
      'qubits': [[{'date': '2020-06-21T08:24:18+00:00',
                    'unit': 'µs',
                    'name': 'T1',
                    'value': 64.17996345375994},
                  {'date': '2020-06-21T08:24:43+00:00',
                    'unit': 'µs',
                    'name': 'T2',
                    'value': 76.91587163116478},
                  {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                    'unit': 'GHz',
                    'name': 'frequency',
                    'value': 5.286394551167838}],
      ]
```

```

{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'readout_error',
 'value': 0.007000000000000006},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas0_prep1',
 'value': 0.007},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas1_prep0',
 'value': 0.007000000000000006}],
[{'date': '2020-06-21T08:24:18+00:00',
 'unit': 'µs',
 'name': 'T1',
 'value': 65.02116424902857},
{'date': '2020-06-21T08:25:16+00:00',
 'unit': 'µs',
 'name': 'T2',
 'value': 76.35827765211036},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'GHz',
 'name': 'frequency',
 'value': 5.238262908221344},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'readout_error',
 'value': 0.016499999999999996},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas0_prep1',
 'value': 0.025000000000000002},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas1_prep0',
 'value': 0.008}],
[{'date': '2020-06-21T08:24:18+00:00',
 'unit': 'µs',
 'name': 'T1',
 'value': 55.771179603524956},
{'date': '2020-06-21T08:26:09+00:00',
 'unit': 'µs',
 'name': 'T2',
 'value': 57.62433108153631},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'GHz',
 'name': 'frequency',

```

```

    'value': 5.03051170931824},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'readout_error',
 'value': 0.025500000000000078},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas0_prep1',
 'value': 0.036000000000000003},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas1_prep0',
 'value': 0.015}],
[{'date': '2020-06-21T08:24:18+00:00',
 'unit': 'ps',
 'name': 'T1',
 'value': 66.31874259386824},
{'date': '2020-06-21T08:24:43+00:00',
 'unit': 'ps',
 'name': 'T2',
 'value': 43.919430629261186},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'GHz',
 'name': 'frequency',
 'value': 5.295603188029577},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'readout_error',
 'value': 0.026499999999999968},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas0_prep1',
 'value': 0.023000000000000002},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas1_prep0',
 'value': 0.03}],
[{'date': '2020-06-21T08:24:18+00:00',
 'unit': 'ps',
 'name': 'T1',
 'value': 61.18239150213552},
{'date': '2020-06-21T08:25:16+00:00',
 'unit': 'ps',
 'name': 'T2',
 'value': 71.21497443162411},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'GHz',

```

```

    'name': 'frequency',
    'value': 5.084377271682659},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'readout_error',
 'value': 0.0200000000000000018},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas0_prep1',
 'value': 0.0260000000000000023},
{'date': '2020-06-21T08:24:00+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'prob_meas1_prep0',
 'value': 0.014}]],
'gates': [{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:27:18+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.0005325403232783867},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 35.55555555555556}]],
'qubits': [0],
'gate': 'id',
'name': 'id_0'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:27:18+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.0},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 0.0}]],
'qubits': [0],
'gate': 'u1',
'name': 'u1_0'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:27:18+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.0005325403232783867},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 35.55555555555556}]],
'qubits': [0],
'gate': 'u2',
'name': 'u2_0'},

```



```

{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:27:18+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0010647970473609547},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 71.11111111111111}],
'qubits': [0],
'gate': 'u3',
'name': 'u3_0'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:28:35+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0006295593802735281},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [1],
'gate': 'id',
'name': 'id_1'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:28:35+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 0.0}],
'qubits': [1],
'gate': 'u1',
'name': 'u1_1'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:28:35+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0006295593802735281},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [1],
'gate': 'u2',
'name': 'u2_1'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:28:35+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',

```

```

    'value': 0.0012587224155338195},
    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
     'unit': 'ns',
     'name': 'gate_length',
     'value': 71.11111111111111}],
    'qubits': [1],
    'gate': 'u3',
    'name': 'u3_1'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:30:02+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.0010177552298872951},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 35.55555555555556}],
     'qubits': [2],
     'gate': 'id',
     'name': 'id_2'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:30:02+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.0},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 0.0}],
     'qubits': [2],
     'gate': 'u1',
     'name': 'u1_2'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:30:02+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.0010177552298872951},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 35.55555555555556}],
     'qubits': [2],
     'gate': 'u2',
     'name': 'u2_2'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:30:02+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.0020344746340666964},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',

```

```

    'name': 'gate_length',
    'value': 71.11111111111111}],
'qubits': [2],
'gate': 'u3',
'name': 'u3_2'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:31:20+00:00',
    'unit': '',
    'name': 'gate_error',
    'value': 0.0008109997445201886},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
    'unit': 'ns',
    'name': 'gate_length',
    'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [3],
'gate': 'id',
'name': 'id_3'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:31:20+00:00',
    'unit': '',
    'name': 'gate_error',
    'value': 0.0},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
    'unit': 'ns',
    'name': 'gate_length',
    'value': 0.0}],
'qubits': [3],
'gate': 'u1',
'name': 'u1_3'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:31:20+00:00',
    'unit': '',
    'name': 'gate_error',
    'value': 0.0008109997445201886},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
    'unit': 'ns',
    'name': 'gate_length',
    'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [3],
'gate': 'u2',
'name': 'u2_3'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:31:20+00:00',
    'unit': '',
    'name': 'gate_error',
    'value': 0.0016213417684546316},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
    'unit': 'ns',
    'name': 'gate_length',
    'value': 71.11111111111111}],
'qubits': [3],

```

```

'gate': 'u3',
'name': 'u3_3'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:32:57+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0004495843118594761},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [4],
'gate': 'id',
'name': 'id_4'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:32:57+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 0.0}],
'qubits': [4],
'gate': 'u1',
'name': 'u1_4'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:32:57+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.0004495843118594761},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 35.55555555555556}],
'qubits': [4],
'gate': 'u2',
'name': 'u2_4'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:32:57+00:00',
  'unit': '',
  'name': 'gate_error',
  'value': 0.000898966497665521},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
  'unit': 'ns',
  'name': 'gate_length',
  'value': 71.11111111111111}],
'qubits': [4],
'gate': 'u3',
'name': 'u3_4'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:37:02+00:00',

```

```

    'unit': '',
    'name': 'gate_error',
    'value': 0.012551830733479097},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 369.7777777777777}],
'qubits': [0, 1],
'gate': 'cx',
'name': 'cx0_1'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:42:07+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.017327484885055477},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 448.0}],
'qubits': [0, 2],
'gate': 'cx',
'name': 'cx0_2'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:37:02+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.012551830733479097},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 405.3333333333333}],
'qubits': [1, 0],
'gate': 'cx',
'name': 'cx1_0'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:47:13+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.01989495925040141},
{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
 'unit': 'ns',
 'name': 'gate_length',
 'value': 512.0}],
'qubits': [1, 2],
'gate': 'cx',
'name': 'cx1_2'},
{'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:42:07+00:00',
 'unit': '',
 'name': 'gate_error',
 'value': 0.017327484885055477},

```

```

    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
     'unit': 'ns',
     'name': 'gate_length',
     'value': 483.55555555555554}],
    'qubits': [2, 0],
    'gate': 'cx',
    'name': 'cx2_0'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:47:13+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.01989495925040141},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 547.5555555555555}],
     'qubits': [2, 1],
     'gate': 'cx',
     'name': 'cx2_1'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:52:27+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.01574962939151306},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 462.2222222222222}],
     'qubits': [2, 3],
     'gate': 'cx',
     'name': 'cx2_3'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.016722348183153435},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',
                      'value': 391.1111111111111}],
     'qubits': [2, 4],
     'gate': 'cx',
     'name': 'cx2_4'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:52:27+00:00',
                      'unit': '',
                      'name': 'gate_error',
                      'value': 0.01574962939151306},
                    {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
                      'unit': 'ns',
                      'name': 'gate_length',

```

```

    'value': 426.66666666666663]],
    'qubits': [3, 2],
    'gate': 'cx',
    'name': 'cx3_2'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:57:07+00:00',
        'unit': '',
        'name': 'gate_error',
        'value': 0.010695508672074694},
        {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
        'unit': 'ns',
        'name': 'gate_length',
        'value': 412.44444444444444}],
    'qubits': [3, 4],
    'gate': 'cx',
    'name': 'cx3_4'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
        'unit': '',
        'name': 'gate_error',
        'value': 0.016722348183153435},
        {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
        'unit': 'ns',
        'name': 'gate_length',
        'value': 355.55555555555554}],
    'qubits': [4, 2],
    'gate': 'cx',
    'name': 'cx4_2'},
    {'parameters': [{'date': '2020-06-21T08:57:07+00:00',
        'unit': '',
        'name': 'gate_error',
        'value': 0.010695508672074694},
        {'date': '2020-06-21T09:01:47+00:00',
        'unit': 'ns',
        'name': 'gate_length',
        'value': 448.0}],
    'qubits': [4, 3],
    'gate': 'cx',
    'name': 'cx4_3'}],
    'general': [],
    'last_update_date': '2020-06-21T09:01:47+00:00'}

```

[ ]: